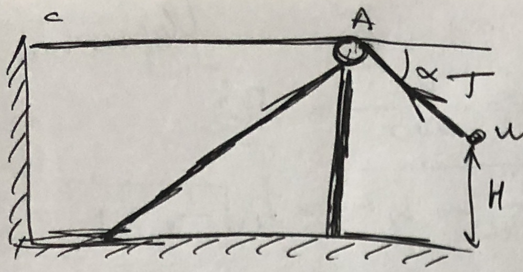
Часть 1

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

Шифр: **21203777**

ID профиля: **321294**

Вариант 3

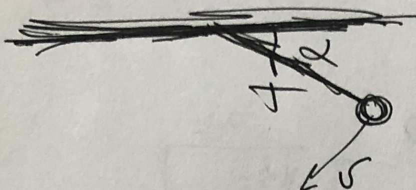


$\cos\alpha = \frac{5}{13}$ (Нерновим)

$E_0 = mgH$

$\cancel{E_к = \frac{mgv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2}}$

$E_к = E_0$



$E_к = \frac{Mv_м^2}{2} + \frac{Mv_m^2}{2}$

$A = \nu\left(\frac{3R\frac{T_0}{T_0} - 3R\frac{T_x}{T_0}}{2}\right)\left(1 - \frac{i}{2}(T_0 - T_x)\right) = 3R\nu\left(\frac{1-\frac{T_x}{T_0}}{2}\right)\left(1 - \frac{i}{2}(T_0-T_x)\right)$

$= \frac{3R\nu}{T_0}\left(\frac{T_0 - T_x}{2}\right)\left(1 - \frac{i}{2}T_0 + \frac{i}{2}T_x\right)$

$= \frac{3R\nu}{2T_0}\left(T_0 - \frac{i}{2}T_0^2 + \frac{i}{2}T_xT_0 - T_x + \frac{i}{2}T_0T_x - \frac{i}{2}T_x^2\right) = \frac{3R\nu}{2T_0}\left(T_0 - \frac{i}{2}T_0^2\right.$

$\boxed{C = 3R\frac{T}{T_0}}$

$Q = \nu C$

$Q = 3\nu R\frac{T}{T_0}$

$Q_1 = \nu C_1 - \nu C_2 = \nu\left(3R\frac{\cancel{T_0}}{\cancel{T_0}} - 3R\frac{\frac{3}{5}\cancel{T_0}}{\cancel{T_0}}\right) =$

$= 3\nu R\left(1 - \frac{3}{5}\right) = 3\nu R\frac{2}{5} = \frac{6}{5}\nu R$

$A = Q - \Delta U = \nu C - \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \nu C\left(1 - \frac{i}{2}\Delta T\right) = \nu C\left(1 - \frac{i}{2}(T_0 - T_x)\right) =$

$= \nu\left(\frac{3R\frac{T_0}{T_0} + 3R\frac{T_x}{T_0}}{2}\right)\left(1 - \frac{i}{2}(T_0 - T_x)\right) = \nu\left(3R\frac{1 + \frac{T_x}{T_0}}{2}\right)\left(1 - \frac{i}{2}(T_0 - T_x)\right) =$

$= \frac{3\nu R}{2}\left(1 - \frac{i}{2}T_0 + \frac{i}{2}T_x + \frac{T_x}{T_0} - \frac{i}{2}T_x + \frac{i}{2}\frac{T_x^2}{T_0}\right) =$

$= \frac{3\nu R}{2T_0}\left(T_0 - \frac{i}{2}T_0^2 + \cancel{\frac{i}{2}T_0T_x} + T_x - \cancel{\frac{i}{2}T_xT_0} + \frac{i}{2}T_x^2\right) =$

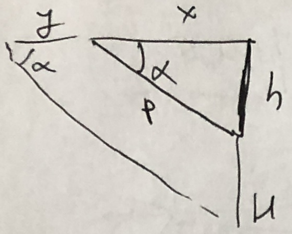
$= \frac{3\nu R}{2T_0}\left(T_0 - \frac{i}{2}T_0^2 + T_x + \frac{i}{2}T_x^2\right)$

$A' = \frac{3\nu R}{2T_0}(1 + iT_x) = 0 \qquad T_x = -\frac{1}{i}$

1

Черновик

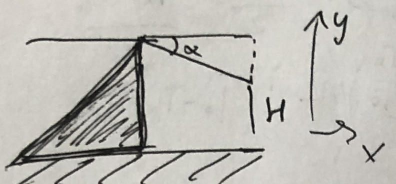
$\cos\alpha = \frac{5}{13}$



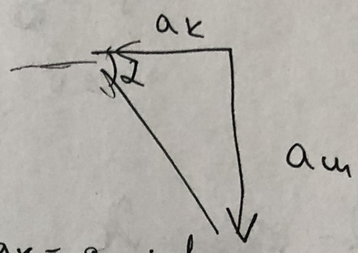
$\frac{h}{H+h} = \frac{x}{x+y}$ $\quad p = \frac{h}{\cos\alpha} = \frac{13h}{5}$

$x = \sqrt{\frac{h^2}{\cos^2\alpha} - h^2} = h\sqrt{\frac{1}{\cos^2\alpha} - 1} =$

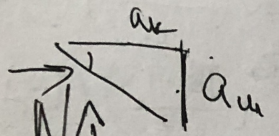
$= h\sqrt{\frac{169}{25} - 1} = \sqrt{\frac{144}{25}}\, h = \frac{12}{5} h$



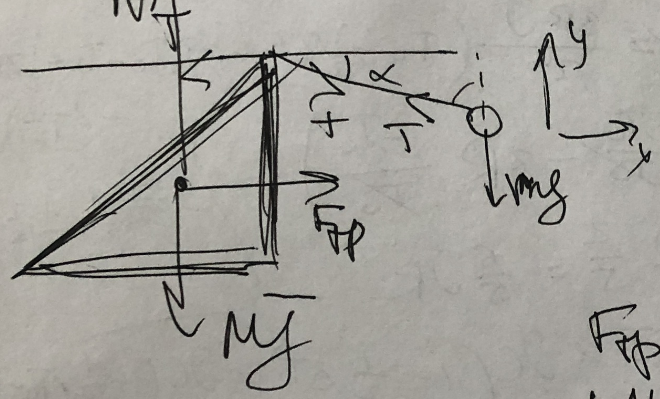
$\downarrow \vec{a}$



$a_k = a_m \cdot \operatorname{ctg}\alpha$



$\boxed{a_k = a_m \operatorname{tg}\alpha}$



$-mg + T\sin\alpha = m\cdot 0$

$T\sin\alpha = mg$

$\cancel{N = Mg + T\sin\alpha}$

$F_{тр} - T + T\cos\alpha = -Ma_k$

$\mu Mg - T(1-\cos\alpha) = -Mg\operatorname{tg}\alpha$

$-Mg - T\sin\alpha + N = 0 \quad N = Mg + T\sin\alpha$ $\quad \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{5/13}{}$

$\mu(Mg + T\sin\alpha) - T(1-\cos\alpha) = -Mg\operatorname{tg}\alpha$ $\quad \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} =$

$= \sqrt{1 - \frac{25}{169}} = \frac{12}{13}$

$\mu(Mg + mg) - \frac{mg}{\sin\alpha}(1-\cos\alpha) = -Mg\operatorname{tg}\alpha$

$\mu Mg + \mu mg - mg\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \operatorname{ctg}\alpha\right) = -Mg\operatorname{tg}\alpha$

2

Чистовик

② 1 cт газ He

$T_0 \to c_0 = 3R\frac{T}{T_0}$ $C = 3\nu R\frac{T}{T_0}$ до $\frac{3}{5}T_0$

1) $dQ = CdT = 3\nu R\frac{T}{T_0}dT$

$Q = \int dQ = \frac{3\nu R}{T_0}\int_{T_0}^{3/5T_0} TdT = \frac{3\nu R}{T_0}\cdot\frac{1}{2}T^2\Big|_{T_0}^{3/5T_0} = \frac{3\nu R}{2T_0}\left(\left(\frac{3}{5}T_0\right)^2 - T_0^2\right) =$

$= \frac{3\nu R}{2T_0}T_0^2\left(\frac{9}{25}-1\right) = \frac{3\nu RT_0}{2}\cdot\left(-\frac{16}{25}\right) = -\frac{24}{25}\nu RT_0$

полученное газом тепло $\Rightarrow$ $\underline{Q_1 = -Q = \frac{24}{25}\nu RT_0}$

2) $A = pdV$

$pV = \nu RT$

$dQ = dA + dU$

$C_0\nu dT = pdV + \frac{3}{2}\nu RdT$

$dA = pdV = dT\left(C_0\cdot\nu - \frac{3}{2}\nu R\right) = dT\left(3R\frac{T}{T_0}\nu - \frac{3}{2}\nu R\right) = 3R\nu\left(\frac{T}{T_0}-\frac{1}{2}\right)dT.$

$A = \int_{T_0}^{T_*} 3\nu R\left(\frac{T}{T_0}-\frac{1}{2}\right)dT = 3\nu R\left(\frac{1}{T_0}\cdot\frac{1}{2}T^2 - \frac{1}{2}T\right)\Big|_{T_0}^{T_*} = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_*^2}{T_0} - T_* - \cancel{\frac{T_0^2}{T_0}} + \cancel{T_0}\right)$

Работа минимальна $\Rightarrow \frac{dA}{dT_*} = 0$

$\frac{dA}{dT_*} = \frac{3}{2}\nu R\left(2\frac{T_*}{T_0} - 1\right) = 0 \Rightarrow \underline{T_* = \frac{T_0}{2}}$

$-\quad\frac{T_0}{2}\quad+ \to T_*$

A min.

3) $A = \frac{3}{2}\nu R\left(\left(\frac{T_0}{2}\right)^2\cdot\frac{1}{T_0} - \frac{T_0}{2} - T_0 + T_0\right) = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_0^2}{4T_0} - \frac{T_0}{2}\right) = \frac{3}{2}\nu R\left(-\frac{T_0}{4}\right) =$

$= -\frac{3}{8}\nu RT_0$

Здесь работа минимальна по модулю. Она отрицательна, т. к. температура убывает, т. е. над газом совершена работа.

Ответ: $Q_1 = \frac{24}{25}\nu RT_0$

$T_* = \frac{T_0}{2}$

$A = -\frac{3}{8}\nu RT_0$

21

чистовик

① $\begin{cases} T(1-\cos\alpha) = Ma_к \\ T\cos\alpha = m(a_к + a_{кл x}) \end{cases}$

②

$$\frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha} = \frac{M}{m}\cdot\frac{a_к}{a_к + a_{кл x}}$$

1)

$$\frac{M}{m} = \frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha}\cdot\frac{(a_к + a_{кл x})}{a_к} \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{5\cdot 13}{144} = \frac{65}{144}$$

$$a_y = a\sin\alpha$$

$$H = \frac{a_y t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{a\sin\alpha}}$$

здесь a – ускорение клина из №2

$$a = g\cdot\operatorname{ctg}\alpha = \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha} = g\cdot\frac{5}{12}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H\cdot 12}{g\cdot 5}}$$

Ответ:

$$a_к = \frac{120}{13}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{65}{144}$$

$$t = \sqrt{\frac{2\cdot H\cdot 12}{50}}$$

3

21203777 (U321294 M1267168)

① $\begin{cases} T\cos\alpha = ma(1+\cos\alpha) \\ T\sin\alpha = m(g + a\sin\alpha) \end{cases}$

|Чистовик|

$$\frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{m(g+a\sin\alpha)}{ma(1+\cos\alpha)} \Rightarrow tg\alpha = \frac{g+a\sin\alpha}{a(1+\cos\alpha)}$$

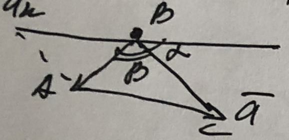
$$a(1+\cos\alpha)\,tg\alpha = g + a\sin\alpha$$

$$a(tg\alpha + \sin\alpha) = g + a\sin\alpha \Rightarrow \boxed{a = g\cdot ctg\alpha}$$ – ускорение клина

$$\cos\alpha = \frac{5}{13} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{12}{13}$$

$$tg\alpha = 12/5$$

1. Ускорение шара складывается из ускорения шара относительно клина и ускорения клина относительно земли



$$\bar{a}_{шз} = \bar{a}_{шк} + \bar{a}_{кз}$$

по теор. синусов из ΔABC

$$\frac{a}{\sin\beta} = \frac{a_ш}{\sin\alpha} \Rightarrow a_ш = 2a\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$\sin\beta = \frac{a\sin\alpha}{a_ш} = \frac{a\sin\alpha}{2a\sin\frac{\alpha}{2}} = \cos\frac{\alpha}{2}$$

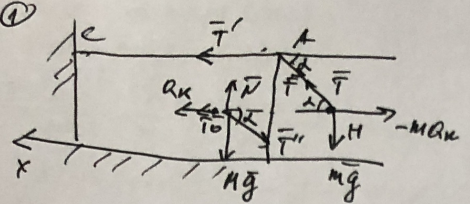
$$\cos\alpha = \cos^2\frac{\alpha}{2} = 2\cos^2\frac{\alpha}{2} - 1$$

$$\cos^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}(1+\cos\alpha) = \frac{1}{2}\left(1+\frac{5}{13}\right) = \frac{9}{13} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{3}{\sqrt{13}}$$

угол с горизонтом – $\alpha+\beta$. $\sin\beta = \frac{3}{\sqrt{13}}$ $\cos\beta = \frac{2}{\sqrt{13}}$

$$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta = \frac{5}{13}\cdot\frac{2}{\sqrt{13}} - \frac{12}{13}\cdot\frac{3}{\sqrt{13}} = -\frac{26}{13\sqrt{13}} = -\frac{2}{\sqrt{13}}$$

1



чистовик

M - масса клина
m - масса шара

Перейдем в систему отсчета, связанную с клином. Она не инерциальна, $\Rightarrow$ для использования в ней 2 закона Ньютона введем систему инерции $\bar{F}_{ин} = -m\bar{a}_к$, где m - масса шара, $\bar{a}_к$ - ускорение клина.

для шара: $\vec{T} + m\vec{g} + (-m\vec{a}_к) = m\vec{a}$ (a - ускорение шара в СО, связанной с клином)

для клина: $\vec{T}' + \vec{T}'' + M\vec{g} + \vec{N} - M\vec{a}_к = 0$

x: $T' - T'' \cdot \cos\alpha + 0 + 0 - Ma_к$

$T' = T'' = T$, т.к нить невесома и нерастяжима

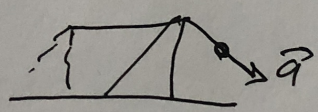
$T(1-\cos\alpha) = Ma_к$

для шара: x = $T\cos\alpha - ma_к = ma_{шx}$ - проекция ускорения шара на ось X

y = $T\sin\alpha - mg = ma_{шy}$ - проекция ускорения шара на ось Y

$$\begin{cases} T(1-\cos\alpha) = Ma_к \\ T\cos\alpha - ma_к = ma_{шx} \\ T\sin\alpha - mg = ma_{шy} \end{cases}$$

Т.к. в СО, связанной с клином, клин неподвижен и $\angle\alpha$ - const то шар удаляется вдоль нити

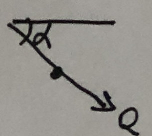


за время Δt шар удалится на расстояние $\Delta S = \frac{a\Delta t^2}{2}$, а клин за это время в обычной СО пройдет путь $\Delta S_к = \frac{a_к \Delta t^2}{2}$

Нить нерастяжима $\Rightarrow \Delta S_к = \Delta S \Rightarrow a_к = a$

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

$a_x = a\cos\alpha$
$a_y = a\sin\alpha$



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

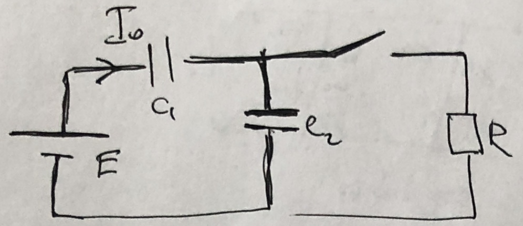
Часть 2

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

Шифр: **21203777**

ID профиля: **321294**

Вариант 3

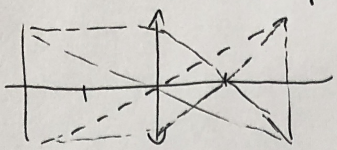


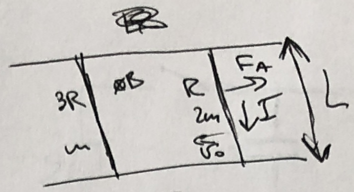
U-?

2

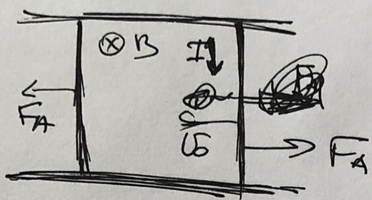
21203777 (U321294 M1267169)

Черновик



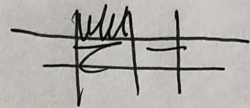


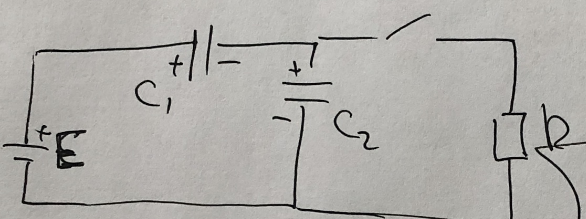
$\varepsilon = B\upsilon L$



$F_A = 2m a_1$ $\quad I = \frac{\varepsilon}{4R} = \frac{B\upsilon_0 L}{4R}$

$$\boxed{a_1 = \frac{BIL}{2m} = \frac{B^2\upsilon_0 L^2}{4R\cdot 2m} = \frac{B^2L^2\upsilon_0}{8mR}}$$





$C_2 = C$

$C_1 = 4C$

$q = CU$

$\cancel{I = \frac{E}{R}}$

$W_0 = 0$

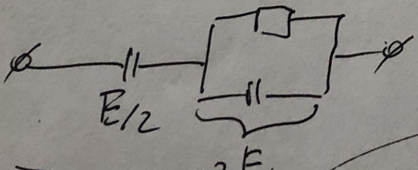
$\cancel{W_k = \frac{C_1U_1^2}{2} + \frac{C_2U_2^2}{2}}$

$\cancel{A_E = E\Delta q = E\cdot C_2U_2}$

$\cancel{W_0 + A_E = W_k + Q}$

$\Delta q = C_1E$

$U_2 = \frac{\Delta q}{C_2} = \frac{C_1E}{C_2}$

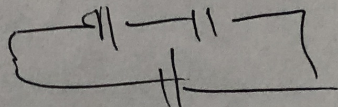


$\cancel{W_k = \frac{C_1 E^2}{2}}$

$Q = A_E - W_k =$

$\cancel{W_0 = \frac{C_1E^2}{2} + \frac{C_2E^2}{2}}$

$W_k =$



$\frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

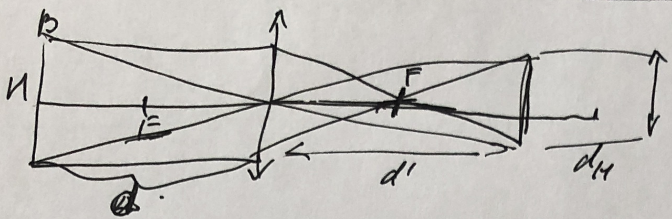
$C_{общ} = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \frac{4C^2}{2C} = 2C$

$\Delta q =$

(1)

⑤

чистовик



$F<d$

1) $\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}$ формула тонкой линзы

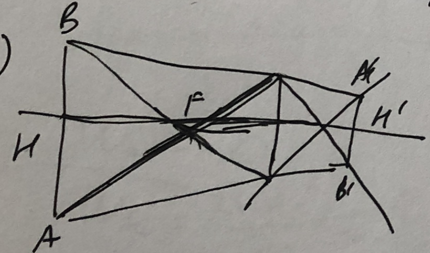
$d'=\frac{Fd}{d-F}$ $S_Г=d'+d_H=\frac{Fd}{d-F}+d_H=\frac{0{,}18\cdot 0{,}72}{0{,}72-0{,}18}+0{,}24=0{,}48м$

2) поперечное увеличение $\frac{H'}{H}=\frac{d'}{d}\Rightarrow H'=H\frac{d'}{d}$.

$H'=H\frac{F\cancel{d}}{(d-F)\cancel{d}}=\frac{HF}{(d-F)}=\frac{0{,}09\cdot 0{,}18}{0{,}72-0{,}18}=0{,}03м$

3) Т.к. все лучи, идущие от источника (картинки) на линзу таутохронны, то от размера линзы зависит яркость изображения, но не возможность его увидеть при любом

3)



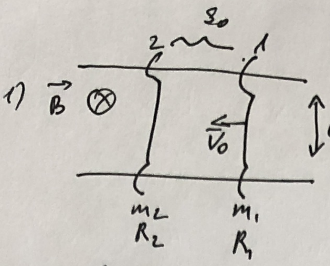
Надо перекрыть все лучи, поэтому, исходя из чертежа, как можно ближе к расположению изображения, т.е. на расстоянии d' от линзы.

Ответ: $S_Г=0{,}48м$; $H'=0{,}03м$; $d'=0{,}24м$

③

чистовик

(4) 1)



1) a_1 в $t=0$
2) установив v
3) установив S

при движении перемычки в ней возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{i0} = l v_0 B \Rightarrow$ в контуре из 2 перемычек появляется индукционный ток $I_{i0} = \frac{\mathcal{E}_i}{(R_1+R_2)} = \frac{l v_0 B}{(R_1+R_2)}$

на перемычку 1 действует сила Ампера $F_{10} = l I_{i0} B = lB \cdot \frac{l v_0 B}{(R_1+R_2)} = \frac{l^2 B^2 v_0}{(R_1+R_2)} = m_1 a_{10}$

$a_{10} = \frac{l^2 B^2 v_0}{m_1(R_1+R_2)}$ если $R_1 = R$, $R_2 = 3R$, $m_1 = 2m$ $\Rightarrow \left[a_{10} = \frac{l^2 B^2 v_0}{2m \cdot 4R} = \frac{l^2 B^2 v_0}{8mR} \right]$

Направление против скорости по правилу Ленца

2) Вторая перемычка придет в движение. Если ее скорость v_2, то $\mathcal{E}_{i2} = l v_2 B$

суммарная ЭДС в этом контуре $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_C = lB(v_1 - v_2)$, т.к. $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ направлены в разные стороны

на перемычку 2 действует сила $F_2 = l I_i B = lB \cdot \frac{lB(v_1 - v_2)}{(R_1+R_2)} = a_2 m_2$

$a_2 = \frac{l^2 B^2 (v_1 - v_2)}{m_2(R_1+R_2)}$

Установившееся движение при $v_1 = v_2$ – пропадает ускорение и ЭДС $\to$ из закона сохранения импульса

$(m_1 + m_2) V_y = m_1 V_0 \Rightarrow V_y = \frac{m_1 V_0}{(m_1+m_2)}$ если $m_1 = 2m$, $m_2 = m$

$V_y = \frac{2m V_0}{3m} = \frac{2}{3} V_0$

3) т.к. ~~ЭДС~~ не будет $\Rightarrow$ площадь контура меняться не будет $\Rightarrow S_0$

$a_1 = \frac{l^2 B^2 (v_1 - v_2)}{m_1(R_1+R_2)}$ $\quad a_2 = \frac{l^2 B^2 (v_1 - v_2)}{m_2(R_1+R_2)}$

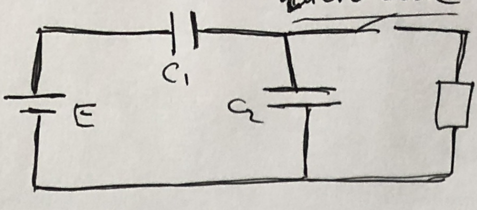
направления противоположны

(2)

Ответ: $a_{10} = \frac{l^2 B^2 v_0}{8mR}$; $v = \frac{2}{3} v_0$; S_0

Чистовик

3



1). $\frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

$C_{общ} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 2C$

$\Delta q = 2CE$

$U_1 = \frac{2CE}{4C} = \frac{E}{2} \Rightarrow U_2 = \frac{E}{2}$

$\boxed{I_R = \frac{E}{2R}}$

2). $W_0 = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2}$ $\quad A_E = E\Delta q = E(C_1 E - C_1 U_1) = EC_1(E - U_1)$

$W_к = \frac{C_1 E^2}{2}$

$W_0 + A_E = W_к + Q$

$\frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} + EC_1(E - U_1) = \frac{C_1 E^2}{2} + Q$

$Q = \frac{4C\frac{E^2}{4}}{2} + \frac{C\cdot\frac{E^2}{4}}{2} + E\cdot 4C\left(E - \frac{E}{2}\right) - \frac{4C\cdot E^2}{2} =$

$= \frac{CE^2}{2} + \frac{CE^2}{8} + \frac{4CE^2}{2} - \frac{4CE^2}{2} = \frac{5CE^2}{8}$

Ответ: $\frac{E}{2R}$; $\frac{5CE^2}{8}$

1