Часть 1

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

Шифр: **21202047**

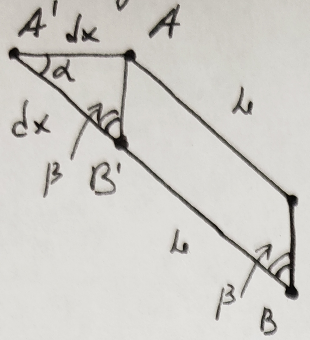
ID профиля: **182321**

Вариант 2

Вар. 11-02 Чистовик

№ 1.

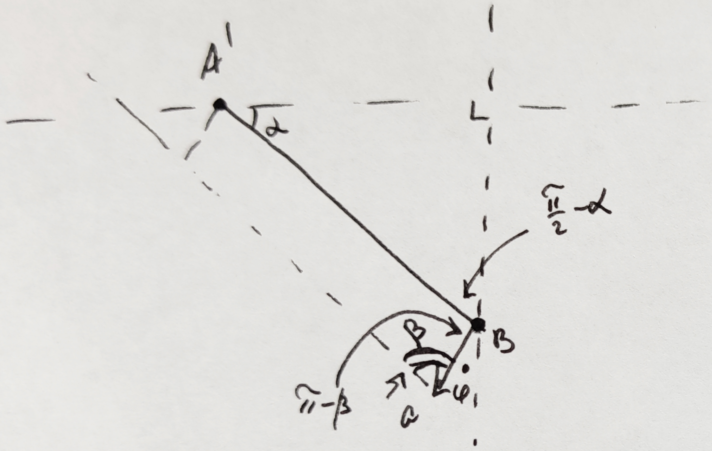
1) Рассмотрим смещение блока (малое): ~~[illegible]~~



Часть нити от блока до шарика удлинилась на величину перемещения блока.

Проецируем L начальную длину нити на конечную длину, получаем отрезок BB'.

$\triangle B'A'A$ – р/б $\Rightarrow \beta = \frac{\pi-\alpha}{2}$.



Пусть φ – угол с вертикалью

$$\varphi = \pi - \left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) - (\pi-\beta)$$

$$= \alpha+\beta-\frac{\pi}{2} = \alpha + \frac{\pi-\alpha}{2} - \frac{\pi}{2} = \frac{\alpha}{2}$$

Причём шарик не имел начальной скорости, поэтому φ и является углом между вертикалью и ускорением.

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

$$\cos^2\varphi = \frac{\cos\alpha + 1}{2} = \frac{\frac{9}{5}}{2} = \frac{9}{10}$$

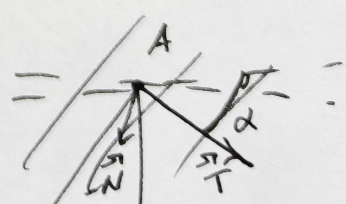
$$\varphi \in \left(0; \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \cos\varphi = \frac{3\sqrt{10}}{10}$$

2) Пусть a – ускорение шара; A – ускорение клина:

Нить нерастяжима: $A\cos\alpha = a\cos\beta = a\sin\varphi \Rightarrow$

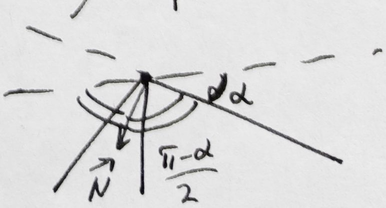
$$a = A\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = A\frac{\cos\alpha}{\sin\varphi}$$

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



$$MA = N\cos\left(\frac{\pi-\alpha}{2}\right) = T\cos^2\left(\frac{\pi-\alpha}{2}\right) =$$

$$= \cancel{T\cos} \, T\sin^2\frac{\alpha}{2} = T\sin^2\varphi$$



$$ma\sin\varphi = mg\sin\varphi\cos\varphi - T\sin^2\varphi$$

$$ma\sin\varphi + MA = mg\sin\varphi\cos\varphi$$

$$mA + MA = mg\sin\varphi\cos\varphi$$

$$A = g\sin\varphi\cos\varphi\frac{m}{m+M}$$

Вар 11-02

Чистовик

Страница 2

Ответ: 1) $\cos\varphi = \frac{3\sqrt{10}}{10}$.

Вар 11-02 Чистовик №2. Страница 3

1) Запишем энергию, отданную при малом изменении температуры:

$$dQ = \nu C(T)dT < 0 \Rightarrow dQ_1 = -\nu C(T)dT$$

Тогда:

$$Q_1 = -\nu \int_{T_0}^{T_0/2} C(T)dT = -\nu \int_{T_0}^{T_0/2} \left(\frac{5}{2}\cdot\frac{R}{T_0}\right) T dT = \frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\int_{T_0/2}^{T_0} T dT =$$

$$= \frac{5}{2}\cdot\frac{\nu R}{T_0}\left(\frac{T_0^2}{2} - \frac{T_0^2}{8}\right) = \frac{5}{2}\cdot\frac{\nu R}{T_0}\cdot\frac{3T_0^2}{8} = \frac{15\nu R T_0}{16}.$$

2) Найдём в явном виде функцию работы:

$$dQ = dU + dA \Rightarrow dA = dQ - dU =$$

$$= \nu C(T)dT - \frac{i}{2}\nu R dT =$$

$$= \nu C(T)dT - \frac{i}{2}\nu R dT$$

~~Пусть T_1 - искомая температура~~

$$A = \int_{T_0}^{T} \nu C(T)dT - \int_{T_0}^{T} \frac{i}{2}\nu R dT = \frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\int_{T_0}^{T} T dT - \frac{i}{2}\nu R\int_{T_0}^{T} dT =$$

$$= \frac{5\nu R}{2T_0}\left(\frac{T^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{i}{2}\nu R(T - T_0)$$

Гелий одноатомный $\Rightarrow i = 3$

$$A(T) = \frac{5\nu R}{2T_0}\left(\frac{T^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0) = T^2\left(\frac{5\nu R}{4T_0}\right) - \frac{5}{4}\nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T + \frac{3}{2}\nu R T_0 =$$

$$= T^2\left(\frac{5\nu R}{4T_0}\right) - \frac{3}{2}\nu R T + \frac{1}{4}\nu R T_0$$

$A(T)$ - парабола с ветвями вверх, тогда минимум достигается в вершине.

Пусть A_{min} - минимальная работа; T_1 - искомая температура:

$$T_1 = \frac{\frac{3}{2}\nu R}{\frac{5}{2}\cdot\frac{\nu R}{T_0}} = \frac{3T_0}{5} \quad ; \quad D = \frac{9}{4}\nu^2R^2 - \frac{5}{4}\nu^2R^2 = \nu^2R^2$$

3) $$A_{min} = \frac{-\nu^2R^2}{\frac{5\nu R}{T_0}} = -\frac{\nu R T_0}{5}$$

Ответ: 1) $\frac{15\nu R T_0}{16}$; 2) $\frac{3T_0}{5}$; 3) $-\frac{\nu R T_0}{5}$.

21202047 (U182321 M1265953)

$C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$ Черновик $\int T\,dT = \frac{T^2}{2} + C$

$\cancel{dQ = C(T)}$ $dQ = C(T)\,dT = \left(\frac{5}{2}\frac{R}{T_0}\right) T\,dT$

1) $Q = \left| \int_{T_0}^{T_0/2} \left(\frac{5}{2}\cdot\frac{R}{T_0}\right) T\,dT \right| = \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{T_0}\cdot\int_{T_0/2}^{T_0} T\,dT = \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{T_0}\left(\frac{T_0^2}{2} - \frac{T_0^2}{8}\right) =$

$= \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{\cancel{T_0}}\cdot\frac{3T_0^{\cancel{2}}}{8} = \frac{15RT_0}{16}.$

$Q = \Delta U + A.$

$A = Q - \Delta U$

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T < 0.$

$dA = dQ - dU$

$dA = C(T)dT - \frac{i}{2}\nu R\,dT$

$= \left(\frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\right) T\,dT - \frac{i}{2}\nu R\,dT =$

$= \frac{\nu R}{2}\left(\frac{5}{2T_0} T\,dT - \frac{i}{2}\nu R\,dT\right)$

$A(T) = \cancel{\int} \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{T_0}\int_{T_0}^{T} T\,dT - \frac{i}{2}\nu R\int_{T_0}^{T} dT$

$\frac{6}{4} - \frac{5}{4}$

$= \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{T_0}\left(\frac{T^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{i}{2}\nu R(T - T_0) =$

$\cancel{= \frac{5}{4}\frac{R}{T_0}(T - T_0)(T + T_0) - \frac{i}{2}\nu R(T - T_0)}$

$\frac{3}{2}\nu RT_0 - \frac{5}{4}\nu RT_0$

$= \frac{\nu RT_0}{4}$

$= (\cancel{T - T_0})\left(\frac{5}{4}\frac{R}{T_0}\right.$

$\cancel{= \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{2T_0}}$

$= \frac{\nu 5}{4} R\cdot\frac{T^2}{T_0} - \frac{\nu 5}{4}RT_0 - \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT_0$

$A(T) = T^2\left(\frac{5}{4}\cdot\frac{\nu R}{T_0}\right) - T\left(\frac{3}{2}\nu R\right) + \frac{1}{4}\nu RT_0$ $\boxed{\text{минимум в вершине}}$

$\cancel{x} T_в = \frac{\frac{3}{\cancel{2}}\nu R}{\frac{5}{\cancel{2}}\frac{\nu R}{T_0}} = \frac{3T_0}{5}.$

$D = \frac{9}{4}\nu^2R^2 - \nu R\cancel{T_0}\cdot\frac{5}{4}\frac{\nu R}{\cancel{T_0}} =$

$= \frac{9}{4}\nu^2R^2 - \frac{5}{4}\nu^2R^2 = \nu^2R^2$

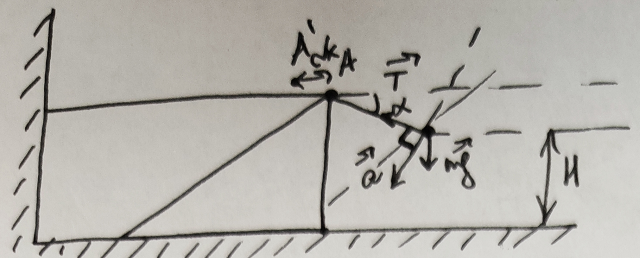
$\cancel{A_в = -\left(\frac{9}{4}\nu^2R^2 - \right.}$

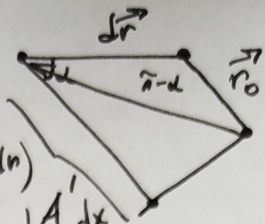
$A_{min}\left\{ = \frac{-\nu^2R^2}{5\cdot\frac{\nu R}{T_0}} = -\frac{\nu RT_0}{5}\right.$

$\cancel{A_{min} = \frac{3}{2}}$

21202047 (U182321 M1265953)

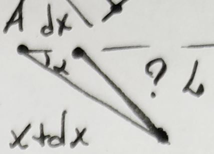
Черновик

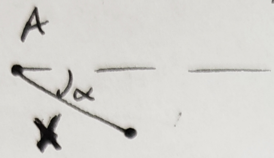


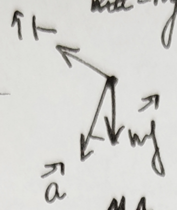


(r_0+dr)

$m\vec a = mg\cos\varphi - T\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$





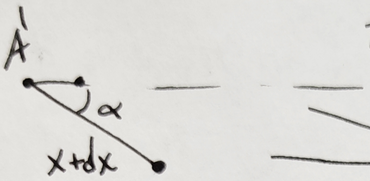


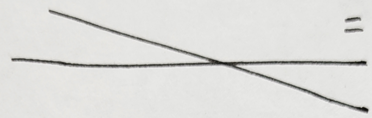
$\frac{MA}{\sin\varphi} = T\sin\varphi$

$L^2 = x^2 + 2x\,dx + \cancel{dx^2} + \cancel{dx^2}$

$- 2\left(x\,dx + \cancel{dx^2}\right)\cos\alpha$

$= x^2 + \underbrace{2x\,dx - 2x\,dx\cos\alpha}_{\text{малая}} \approx x^2$



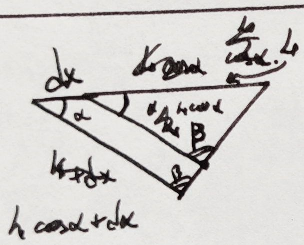


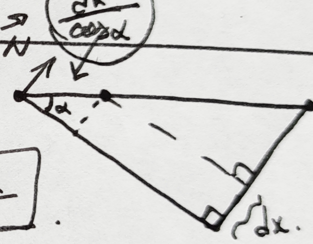
$\boxed{\Delta X_B = (X+dX)\sin\alpha - X\sin\alpha = \Delta X\sin\alpha}$

$\boxed{\Delta X_\Gamma = \cancel{x\cos\alpha}\,(x+dx)\cos\alpha - x\cos\alpha = dx\cos\alpha}$

$dx = \frac{a_{кл}\,dt^2}{2}$

$\frac{dx}{\cos\alpha}$

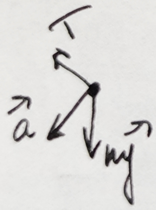


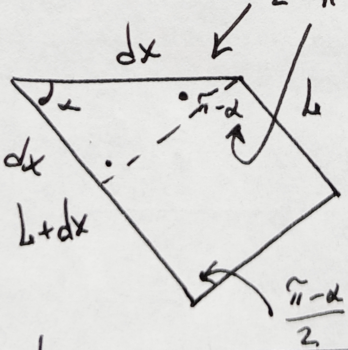


$\boxed{\frac{\pi-\alpha}{2}}$

$\frac{\pi-\alpha}{2}$ $\quad \pi-\alpha-\left(\frac{\pi-\alpha}{2}\right)$

$dx_1 = \frac{a_{кл}\,dt^2}{2} = \frac{dx}{\cos\alpha}$





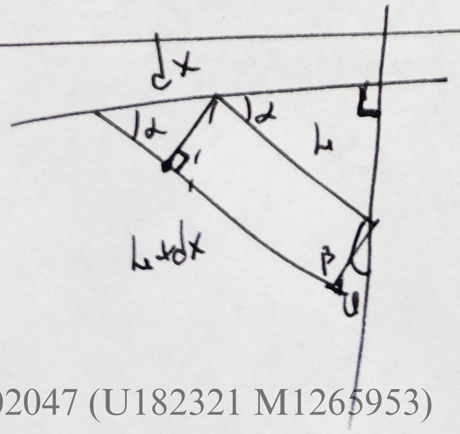
$\frac{a_{кл}\,\cancel{dt^2}}{\cancel{2}}\cos\alpha = a_{кл}\frac{\cancel{dt^2}}{\cancel{2}}$

$\boxed{a_{кл}\cos\alpha = a_{кл}}$

$T\sin\varphi$

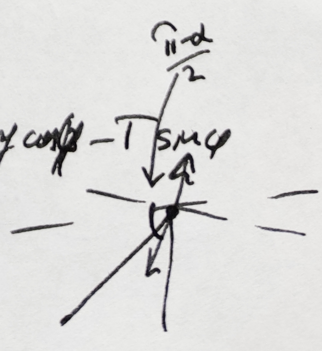
$N = T\cos\alpha$

$N = T\sin\frac{\alpha}{2}$



$ma = mg\cos\varphi - T\cos\beta$

$= mg\cos\varphi - T\sin\frac{\alpha}{2} = mg\cos\varphi - T\sin\varphi$



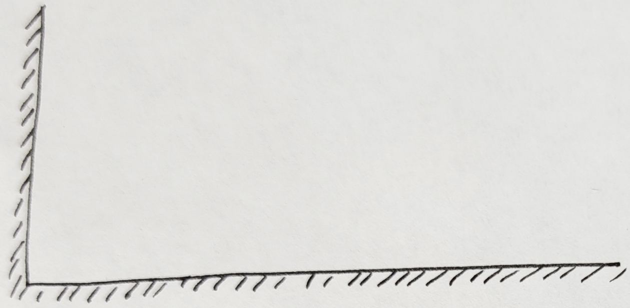
~~Чистовик~~

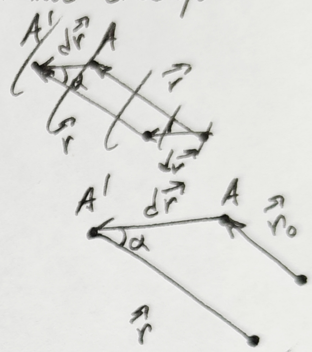
Черновик.
№1.

~~Страница~~ 1

1) Заметим, что угол будет оставаться постоянным только в том случае, если часть нити между шаром и блоком всё время движется ~~так~~ перпендикулярно начальному положению. Таким образом ускорение шарика направлено влево вниз перпендикулярно начальному положению нити, иначе, при отклонении от этого направления, нить начнет поворачивать.

Для проверки рассмотрим малое смещение блока:





$$ma = mg\cos\varphi - \frac{MA}{\sin\varphi}$$

Часть 2

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

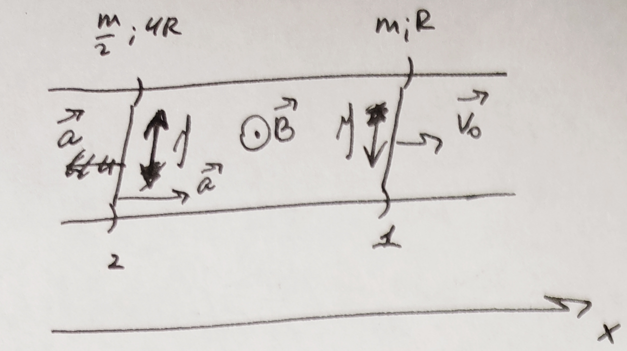
Шифр: **21202047**

ID профиля: **182321**

Вариант 2

Вар 11-02 Чистовик Страница 1

№ 4.



1) $\cancel{\mathcal{E} = BV_0}$ $\mathcal{E} = BV_0L$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{BV_0L}{5R}$$

$$F_A = IBL = \frac{B^2L^2V_0}{5R}$$

$$a = \frac{F_A}{m/2} = \frac{2F_A}{m} = \frac{2B^2L^2V_0}{5mR}$$

2) Заметим, что через продолжительный промежуток времени перемычки приобретут одинаковую скорость, т.к. правую будет затормаживать сила Ампера, а левую она же будет разгонять. В конце тока не будет, т.к. ЭДС сравняются.

Пусть течёт ток $I(t)$: (В проекциях)

$$F_1 = -I(t)BL \Rightarrow a_1 = -\frac{I(t)BL}{m}$$

$$F_2 = I(t)BL \Rightarrow a_2 = \frac{2I(t)BL}{m}$$

$$d\mathcal{E}_1 = BL\,dV_1 = BLa_1\,dt = -\frac{I(t)B^2L^2}{m}dt$$

$$d\mathcal{E}_2 = BL\,dV_2 = BLa_2\,dt = \frac{2I(t)B^2L^2}{m}dt$$

$$d\mathcal{E} = d\mathcal{E}_1 - d\mathcal{E}_2 = -\frac{3I(t)B^2L^2}{m}dt \Rightarrow \frac{dI}{dt} = I(t)\cdot\left(-\frac{3B^2L^2}{5Rm}\right)$$

Тогда $I(t)$ – экспоненциальная, $I(t) = I_0\cdot e^{-kt}$:

$$\frac{dI}{dt} = I_0\cdot e^{-kt}(-k) = I_0\cdot e^{-kt}\cdot\left(-\frac{3B^2L^2}{5Rm}\right) \Rightarrow k = -\frac{3B^2L^2}{5Rm}$$

$$I(t) = I_0\cdot e^{-\frac{3B^2L^2}{5Rm}t} = \frac{BV_0L}{5R}\cdot e^{-\frac{3B^2L^2}{5Rm}t}$$

Поскольку скорости будут равны, найдём скорость левой:

$$dV_2 = a_2\,dt = \frac{2I(t)BL}{m}dt$$

$$V_{2к} = \frac{2BL}{m}\int_0^\infty I(t)dt = \frac{2BL}{m}\cdot\frac{BV_0L}{5R}\int_0^\infty e^{-\frac{3B^2L^2}{5Rm}t}dt = \frac{2B^2L^2V_0}{5mR}\left(0+\cancel{0}\right) = \cancel{\frac{3B^2L^2V_0}{5mR}}$$

$$\cancel{= \frac{3B^2L^2V_0}{5mR}\left(0+\frac{3B^2L^2}{5Rm}\frac{0^2}{2}\right) \pm 0} = \frac{2B^2L^2V_0}{5mR}\left(0+\frac{5Rm}{3B^2L^2}\right) = \frac{2V_0}{15}$$

3) $V_2(t) = 0 + \int_0^t a_2(t)dt = \frac{2Bl}{m}\int_0^t I(t)dt$

$V_1(t) = V_0 + \int_0^t a_1(t)dt = \cancel{V_0 - \int_0^t} = V_0 - \frac{Bl}{m}\int_0^t I(t)dt$

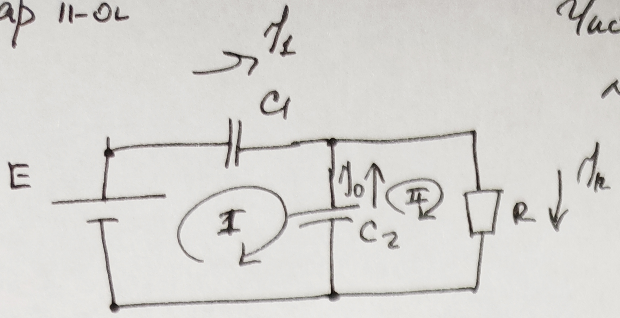
~~Vотносит (t) = V0~~

$V_{относит}(t) = V_2 - V_1 = \frac{3Bl}{m}\int_0^t I(t)dt - V_0 = \frac{3Bl}{m}\cdot\frac{BV_0 l}{5R}\left(\frac{5Rm}{3B^2l^2}\right)\left(-e^{-\frac{3B^2l^2}{5Rm}t}+1\right) - V_0$

$= \frac{3V_0}{3}\left(1 - e^{-\frac{3B^2l^2}{5Rm}t}\right) - V_0 = -V_0 \cdot e^{-\frac{3B^2l^2}{5Rm}t}$

$dx = -\int_0^\infty V_{относит}(t)\,dt = V_0\int_0^\infty e^{-\frac{3B^2l^2}{5Rm}t}dt = V_0\left(\frac{5Rm}{3B^2l^2}\right) = \frac{5RmV_0}{3B^2l^2}$

Ответ: 1) $\frac{2B^2l^2}{5mR}$; 2) $\frac{2V_0}{15}$; 3) $\frac{5Rm\,V_0}{3B^2l^2}$



№3.

1) Обойдем контур большой с рез-ром:

$$E - \underbrace{U_{10}}_{=0,\ \text{т.к. к-р не зар-н}} = I_R R$$

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

2) Сделаем обходы I и II:

I: $E = U_1 + U_2$; II: $-U_2 = \underbrace{I_R R}_{=0 \text{ из продолжительное время}}$

$\Rightarrow U_2 = 0$.

Поскольку конденсатор C_2 стянут резистором, в конце на нём не будет заряда.

$q = C_1 E = 3CE$ — на C_1 в конце.

ЗСЭ:

$$Eq = \frac{C_1E^2}{2} + Q \Rightarrow Q = 3CE^2 - \frac{3CE^2}{2} = \frac{3CE^2}{2}$$

3) Из первого обхода:

$$dE = d(U_1+U_2) = dU_1 + dU_2 = 0 \Leftrightarrow dU_1 = -dU_2$$

Конденсатор 1 заряжается дальше, а конденсатор 2 разряжается.

$$dU_1 = \frac{dq_1}{C_1} = \frac{I_1 dt}{3C} ; \quad dU_2 = \frac{dq_2}{C_2} = -\frac{I_0 dt}{C}$$

$$\frac{I_1 dt}{3C} = \frac{I_0 dt}{C} \Rightarrow I_1 = 3I_0$$

$$I_R = I_1 + I_0 = 4I_0$$

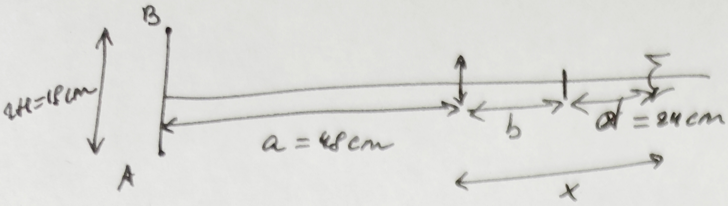
Ответ: 1) $\frac{E}{R}$; 2) $\frac{3CE^2}{2}$; 3) $4I_0$.

Вар 11-02

Чистовик

№ 5.

Страница 4



1) $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{a \cdot F}$

$b = \frac{aF}{a-F} = \frac{(48 \cdot 12)cm^2}{(48-12)cm} = 16\,cm$

$x = b + d = (24+16)cm = 40\,cm$

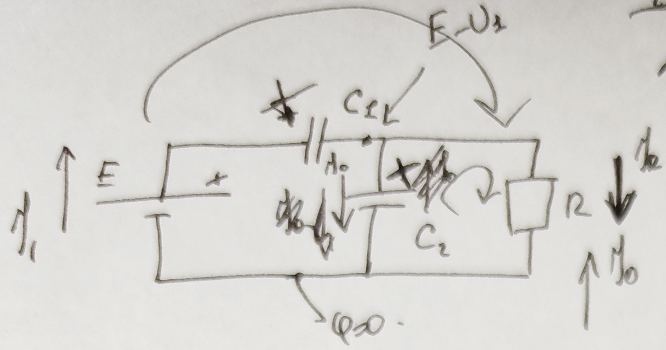
2)

Ответ: 1) 40 cm.

21202047 (U182321 M1265954)

~~Чистовик~~ Черновик. ~~Страница~~ 3

№3.



1) Обойдем контур с резистором:

$E-U_{10}=I_R R$

$=0$, т.к. к-р не заряжен

$\Rightarrow I_R=\frac{E}{R}$.

$\boxed{D=\frac{1}{F}}$.

$I_1=I_0+I_R$.

2) Ёмкость системы конденсаторов:

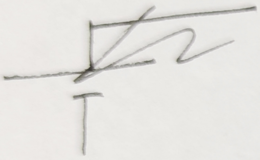
$C_{12}=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{3C^2}{4C}=\frac{3C}{4}\Rightarrow q_{12}=C_{12}E=\frac{3CE}{4}$.

Тогда:

$U_1=\frac{q_{12}}{C_1}=\frac{3CE}{4}\cdot\frac{1}{3C}=\frac{E}{4}\Rightarrow U_2=\frac{3E}{4}$.

ЗСЭ:

$3CE^2=\frac{CE^2}{2}+Q$



$I_1=I_0+I_R$

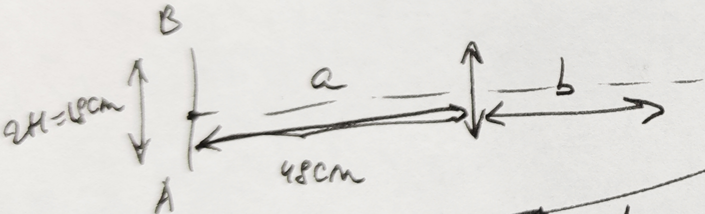
$E=U_1+U_2$.

$E-U_1=I_R R$

$\boxed{U_2=I_R R}$

$-U_2=I_R R$

$F=12cm$



1) $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}$

$\frac{1}{b}=\frac{1}{F}-\frac{1}{a}=\frac{a-F}{aF}$

$\boxed{b=\frac{aF}{a-F}}=\frac{48\cdot12}{48-12}=$

$=\frac{48\cdot12}{36}=16cm$

$x=30cm$

$\boxed{I_0}$ I_0, E, C_1, C_2, R

$\boxed{\frac{E}{R}}$

$I_R=\frac{E-U_1}{R}$.

$U=q=CU$ $I_R R=E-U_1$.

$dU=$

$U=\frac{q}{C}$

$dU_1=I_1dt$

$dU_2=I\,dt$

$I_1dt=-Idt$

$\boxed{I=-I_1}$

$I_R=I_1-I_2$

$dE=0$.

$d(U_1+U_2)=0$.

$\boxed{E=U_1+U_2}$

$dE=0$

$dU_1=-dU_2$

$I_1+I_0=I_R\cdot R$

21202047 (U182321 M1265954)

$\frac{m}{2}; 4R$ m, R

Черновик

$\vec{B}$ $\vec{V_0}$ L $\vec{F_A}$

$\mathcal{E}_0 = BV_0L$

$I_0 = \frac{BV_0L}{5R}$

$F_A = I_0 BL = \frac{V_0 B^2 L^2}{5R}$ $\boxed{a = \frac{2V_0B^2L^2}{5Rm}}$.

dt $F = I(t)BL$. $dV_n = I(t)BL\,dt$ a

$dV_\Lambda = a(t)dt$ $a_{лев}(t)$ $a_{прав}(t)$

$dV_\Lambda = a_\Lambda(t)dt$ $dV_n = \underbrace{a_n(t)}_{<0}dt$

$d\mathcal{E}_\Lambda = BL\,dV_\Lambda = BL\,a_\Lambda(t)dt$

$d\mathcal{E}_n = BL\,dV_n = BL\,a_n(t)\,dt$

$d\mathcal{E} = BL(a_\Lambda + a_n)(t)\,dt$

$dI = \frac{BL(a_\Lambda+a_n)(t)\,dt}{5R}$ $\frac{1}{c}$

$I(t)$

$a_{np}(t) = -\frac{I(t)BL}{}$

$dI \neq 0$. <0

$dI = \frac{BL \cdot \frac{I(t)BL\,dt}{m}}{5R} =$

$a_\Lambda(t) = I(t)BL$.

$a_{np}(t) = -\frac{I(t)BL}{m}$

$= \frac{B^2L^2 I(t)\,dt}{m}$ a $''$

$a_\Lambda(t) = \frac{2m\,(I_2\, I(t)BL}{m}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{B^2L^2 I(t)}{m}$ $\frac{B^2L^2V_0}{5mR}$

$\int_0^\infty e^{-\frac{3B^2L^2}{5Rm}t}\,dt$ $(0+1)$ $\frac{m}{c^2}$ $\frac{m}{c^3}$? a $F_{np} = -I(t)BL$.

$\frac{4}{\frac{3B^2L^2}{5Rm}} = \frac{c^{-1}}{}$

$I(t) = I_0 \cdot e^{kt}$.

$I_0 \cdot e^{kt} = I_0 \cdot e^{kt} \cdot k$

$\left(\frac{-B^2L^2t}{5Rm}\right)$ $-\frac{B^2L^2}{5Rm}\frac{t^2}{2}$

Черновик:

$\frac{m}{c} \cdot m \cdot \frac{H}{m \cdot A} = \frac{m \cdot H}{A \cdot c}$

$A \cdot [B] \cdot m = H$

$[B] = \frac{H}{m \cdot A}$

$H = \frac{kг \cdot m^2}{}$

$IBL = F$ $m = \frac{H \cdot m}{}$ $A = \frac{kл}{c}$

$BVL = \mathcal{E}$ $\frac{m \cdot H}{kл}$

$V_{common} = (-V_0 + dV_1 + dV_2)$

$\cancel{V_{common} = (-V_0 + dV_1 + dV_2)}$

$V_{common}(0) = -V_0$

$dV_{common} = dV_1 + dV_2$

$dV_{common} = (a_1 + a_2)dt =$

$dV_{common} = dV_2 - dV_1$

$(a_2 - a_1)dt = \frac{3I(t)Bl}{m} dt$

$V_{common}(t)$

$dx = V_{common}\,dt = (-V_0$

$V_{common}(t) = V_2 - V_1 =$

$V(t) = V_0 + \int_0^t a(t)dt.$

(t)

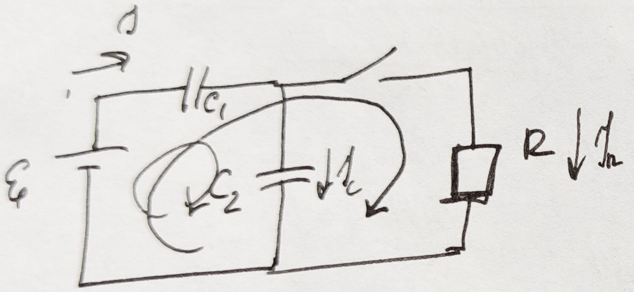
dV_{common}

$V_2(t) = \int_0^t a_2(t)dt.$

$q = CV$

$\Downarrow$

$U = \frac{q}{C}$



$=$

$\varepsilon - U_1 - U_2 = 0..$

$\varepsilon - \underbrace{U_1}_{0} = I_R R \to \boxed{I_R = \frac{\varepsilon}{R}}$