Часть 1

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

Шифр: **21200638**

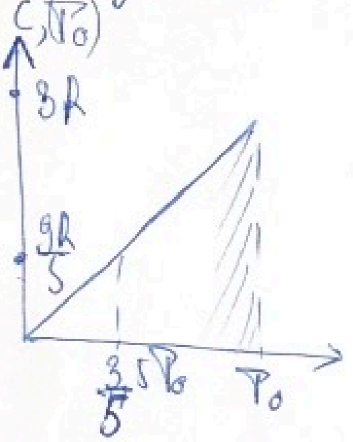
ID профиля: **343356**

Вариант 3

ϑ не T. $C(T)=3R\frac{T}{T_0}=\frac{3R}{T_0}T$ $C(T_0)=3R$

Черновик

T_0 до $\frac{3}{5}T_0$



$$Q=mC(T)\Delta T=M\vartheta(C(T))\Delta T$$

$$Q=\frac{24R}{25}M\vartheta$$

$$\frac{3R}{\cancel{T_0}}\cdot\frac{3}{5}\cancel{T_0}=\frac{9R}{5}$$

$$\frac{\frac{9R}{5}+3R}{2}\left(T_0-\frac{3}{5}T_0\right)=$$

$$\frac{(9+15)R}{10}\cdot\frac{2}{5}T_0=\frac{24R}{\cancel{10}_5}\cdot\frac{\cancel{2}}{5}=\frac{24R}{25}$$

Газ совершит минимальную роботу при $\Delta U=$конст

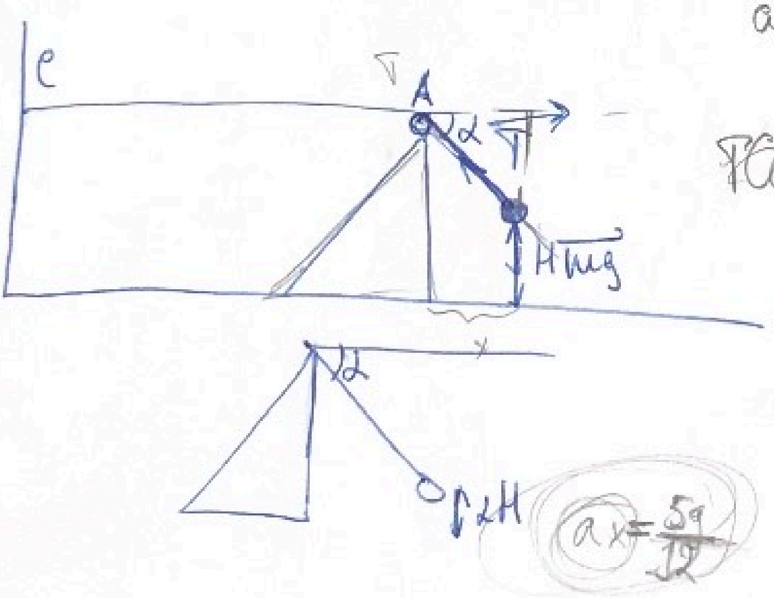
№1.

ан.

$$a=\sqrt{g^2+g^2 ctg\alpha^2}=\sqrt{\frac{169g^2}{144}}=\frac{13g}{12}$$

~~$T\cos\alpha=\frac{25}{144}$~~

$\Delta t=x=$



$Mg+T\sin\alpha=N$

$Mg+mg=N$

$S=$

$T\cos\alpha=$

~~Черновик №1~~

Черновик

№2

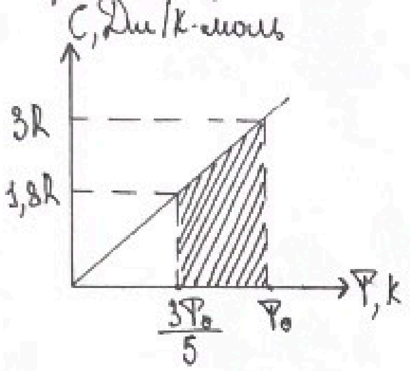
He

ν; T_0

$C(T) = \frac{3R}{T_0} T$

$\frac{3}{5} T_0$

1) Нарисуем график зависимости $C(T) = \frac{3R}{T_0} T$



$C(T_0) = \frac{3R}{T_0} \cdot T_0 = 3R$

$C(\frac{3}{5} T_0) = \frac{3R}{T_0} \cdot \frac{3}{5} T_0 = \frac{9R}{5} = 1{,}8R$

$Q = \nu C(T) \Delta T = \nu \int_{\frac{3T_0}{5}}^{T_0} (\frac{3R}{T_0} T) dT = \cancel{3RT}$

$= \frac{3R\nu}{T_0} \int_{\frac{3T_0}{5}}^{T_0} (T) dT = \frac{3R\nu}{T_0} (\frac{T^2}{2}) \Big|_{\frac{3T_0}{5}}^{T_0}$

21200638 (U343356 M1267864)

Чистовик №3:

№1 2) Продолжение:

$a_x = g\,ctg\,\alpha$

$W = g\,tg\,\alpha + g\,ctg\,\alpha + \frac{g\,ctg\,\alpha \cdot \sin^2\alpha}{\cos^2\alpha} = g(tg\,\alpha + ctg\,\alpha) + \frac{g\cancel{\cos\alpha}\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha\,\sin\alpha} = g\,tg\,\alpha + g\,ctg\,\alpha +$

$+ g\,tg\,\alpha = 2g\,tg\,\alpha + g\,ctg\,\alpha = 2g\cdot\frac{12}{5} + g\cdot\frac{5}{12} = \frac{24g}{5} + \frac{5g}{12} = \frac{288g + 25g}{60} = \frac{313g}{60}$

№1 3) Из пункта 2):

$MU = -m\upsilon_x$

$MW = -ma_x$

$\frac{m}{M} = \frac{W}{a_x} = \frac{313g}{60g\,ctg\,\alpha} = \frac{313}{60}\,tg\,\alpha = \frac{313}{\cancel{60}}\cdot\frac{\cancel{12}}{5} = \frac{313}{25}$

Ответ: $\frac{m}{M} = \frac{313}{25}$

№1 4)

$H = \Delta x \sin\alpha$, $\Delta x = \frac{W\Delta t^2}{2}$ $\Rightarrow H = \frac{W\Delta t^2}{2}\sin\alpha$, $\Delta t = \sqrt{\frac{2H}{W\sin\alpha}}$

Δx – расстояние нити, которое пройдёт шар

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{25}{169}} = \frac{12}{13}$

$\Delta t = \sqrt{\frac{2H\cdot \cancel{60}^{5}\cdot 13}{313g\cdot \cancel{12}}} = \sqrt{\frac{130H}{313g}}$

Ответ 4) $\sqrt{\frac{130H}{313g}}$

Чистовик №1

№2

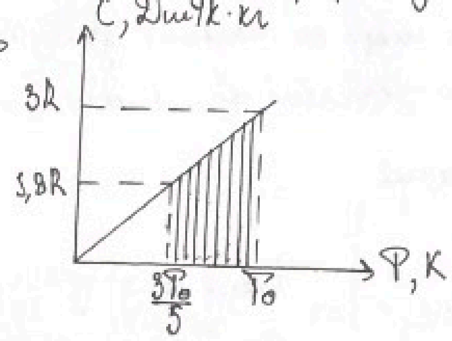
He

ν, T_0

$C(T)=\frac{3R}{T_0}T$

$\frac{3}{5}T_0$

1) Нарисуем график зависимости $C(T)=\frac{3R}{T_0}T$



$C(T_0)=\frac{3R}{T_0}\cdot T_0=3R$

$C(\frac{3}{5}T_0)=\frac{3R}{T_0}\cdot\frac{3}{5}T_0=\frac{9R}{5}=1,8R$

Разделим участок от $\frac{3T_0}{5}$ до T_0 на $N\to\infty$

Тогда можно считать, что на маленьком участке ΔT удельная теплоёмкость практически не изменяется.

Таким образом, $C(T)\Delta T=$ площади заштрихованной трапеции

$C(T)\Delta T=\frac{(1,8R+3R)}{2}(T_0-\frac{3T_0}{5})=\frac{4,8R}{2}\cdot\frac{2T_0}{5}=0,96RT_0$

$Q=mC(T)\Delta T=M_{He}\,\nu\, C(T)\Delta T$

$Q=0,004$ кг/моль $\nu\, 0,96RT_0=0,00384\nu RT_0$

Ответ: $0,00384\nu RT_0$

№2.2)

$Q=\nu C(T)\Delta T=0,96\nu RT_0$

Ответ: $0,96\nu RT_0$

№2 2) По I закону термодинамики:

$Q(T)=\Delta U(T)+A(T)\Rightarrow A(T)=Q(T)-\Delta U(T)=\nu\int_{T_0}^{T}C(T)dT-\frac{3}{2}\nu R(T-T_0)=$

$=\frac{3\nu R}{T_0}\cdot\frac{T^2}{2}\Big|_{T_0}^{T}-\frac{3}{2}\nu R(T-T_0)=\frac{3\nu R}{2T_0}(T^2-T_0^2)-\frac{3}{2}\nu R(T-T_0)=\frac{3\nu RT^2}{2T_0}-\frac{3\nu RT_0^2}{2T_0}-$

$-\frac{3\nu RT}{2}+\frac{3\nu RT_0}{2}$

$A(T)'=\frac{6\nu RT}{2T_0}-\frac{3\nu R}{2}=\frac{3\nu RT}{T_0}-\frac{3}{2}\nu R=0$

Найдём T, при котором работа газа будет минимальной:

$\frac{3\nu RT}{T_0}=\frac{3\nu R}{2}\Rightarrow\frac{3T}{T_0}=\frac{3}{2}\Rightarrow T=\frac{T_0}{2}$

$\xrightarrow[\quad -\quad \frac{T_0}{2}\quad +\quad]{} T\Rightarrow$ точка минимума функции $A(T)$

Ответ 2) $T=\frac{T_0}{2}$

№2.3)

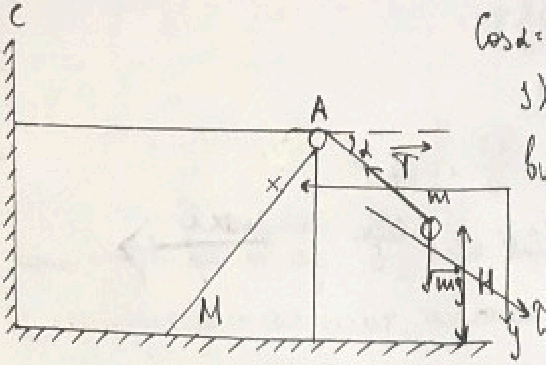
$A_{min}=A(\frac{T_0}{2})=\frac{3\nu R}{2T_0}\cdot\frac{T_0^2}{4}-\frac{3\nu RT_0}{2}-\frac{3\nu RT_0}{4}+\frac{3\nu RT_0}{2}=\frac{3\nu RT_0}{8}-\cancel{\frac{3\nu RT_0}{2}}-\frac{3\nu RT_0}{4}+$

$+\cancel{\frac{3\nu RT_0}{2}}=-\frac{3}{8}\nu RT_0$

Ответ: $-\frac{3}{8}\nu RT_0$

Чистовик №2.

№1.



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

1) После отпускания шара он начнёт двигаться вправо вниз, а клин начнёт двигаться влево

По II закону Ньютона:

$OX: \ T\cos\alpha = ma_x$

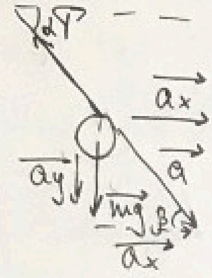
$OY: \ T\sin\alpha = mg = ma_y$

$T = \frac{mg}{\sin\alpha}$

$\Rightarrow T\cos\alpha = mg\,ctg\,\alpha = ma_x$

$a_x = \frac{mg\,ctg\,\alpha}{m} = g\,ctg\,\alpha$

$a_y = g$



Таким образом, $tg\,\beta = \frac{a_y}{a_x}$

$$tg\,\beta = \frac{g}{g\,ctg\,\alpha} = \frac{1}{ctg\,\alpha} = tg\,\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha}$$

$$tg\,\beta = \frac{\sqrt{1-\frac{25}{169}}}{5}\cdot 13 = \frac{13\sqrt{169-25}}{5\sqrt{169}} = \frac{12}{5} \Leftrightarrow \beta = arctg\,\frac{12}{5} = arctg\,2{,}4$$

Ответ 1) arctg 2,4

№1 2) Найдём полное ускорение шара:

$$\cancel{a = \sqrt{a_y^2 + a_x^2} = \sqrt{g^2 + g^2 ctg^2\alpha} = \sqrt{g^2(1+ctg^2\alpha)} = g\sqrt{1+\frac{1}{tg^2\alpha}} = \sqrt{\frac{tg^2\alpha+1}{tg^2\alpha}}\,g = \frac{g}{tg\,\alpha}\sqrt{1+tg^2\alpha}}$$

$$\cancel{tg\,\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha} = tg\,\beta = \frac{12}{5}}$$

$$\cancel{a = \frac{g\cdot 5}{12}\sqrt{1+\frac{144}{25}} = \frac{g\cdot 5}{12}\cdot\frac{13}{5} = \frac{13g}{12}}$$

~~Пусть шар проходит расстояние нити Δx за промежуток времени Δt, тогда: $\Delta x = \frac{a\Delta t^2}{2} = \frac{13g}{12}\cdot\frac{\Delta t^2}{2} = \frac{13g\Delta t^2}{24}$ (по оси OT)~~

~~Но в то же время клин проходит это же время клин проходит расстояние Δx по оси OX, тогда:~~

~~$\Delta X = a_w\frac{\Delta t^2}{2} =$~~

По закону сохранения импульса:

$OX: \ MU + m\vartheta_x = 0$, где U - скорость клина в какой-то момент времени

$MU = -m\vartheta_x$ $\quad$ ϑ_x - скорость шара

Продифференцируем $\frac{d}{dt}$: $Mw = -ma_x$, где w - ускорение клина

По закону сохранения энергии:

$mgH = mgy + \frac{MU^2}{2} + \frac{m\vartheta_x^2}{2} + \frac{m\vartheta_y^2}{2}$

$\frac{d}{dH}: \ 0 = mg\vartheta_y + MUw + m\vartheta_x a_x + m\vartheta_y a_y$

$\vartheta_y = tg\,\alpha\,\vartheta_x$
$a_y = a_x\,tg\,\alpha$ - поскольку движение вдоль нити

Подставляем:

$0 = mg\vartheta_x tg\,\alpha + MUw + m\vartheta_x a_x + m(tg^2\alpha)\vartheta_x a_x, \quad MU = -m\vartheta_x$

$mg\vartheta_x tg\,\alpha - m\vartheta_x w + m\vartheta_x a_x(1+tg^2\alpha) = 0 \Rightarrow w = g\,tg\,\alpha + a_x(1+tg^2\alpha)$

Часть 2

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

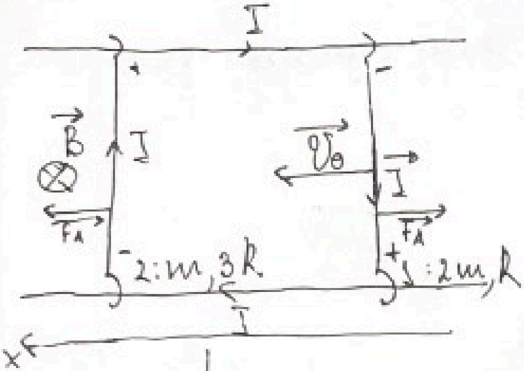
Шифр: **21200638**

ID профиля: **343356**

Вариант 3

Чистовик 1.

№4.



(по правилу левой руки определила F_A)

1) Когда перемычка начинает двигаться, в контуре возникает $\mathcal{E}$

$\mathcal{E} = B v_0 L \cancel{\sin\alpha \cos\beta}^{1}$, $\vec{B} \perp \vec{v_0} \perp L$

$\mathcal{E} = I(R+3R) = 4RI \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{4R} = \frac{Bv_0L}{4R}$

По II закону Ньютона:

$F_A = 2ma_1$

$BIL\cancel{\sin\alpha}^{1} = 2ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{BIL}{2m} = \frac{BL}{2m}\cdot\frac{Bv_0L}{4R} = \frac{B^2L^2v_0}{8mR}$

Ответ 1) $a_1 = \frac{B^2L^2v_0}{8mR}$ (вправо)

2) Заметим, что сила Ампера на 1 перемычку действует в сторону, противоположную движению, тогда со временем 1 перемычка начнёт двигаться в другую сторону.

~~По закону сохранения импульса:~~

~~$OX: 2mv_0 = mv_2 - 2mv_1$~~

~~$v_2 = 2(v_0 + v_1)$~~

По II закону Ньютона для 1-ой перемычки:

$2ma_1 = F_a$

$2mv_1' = F_A = BIL = \frac{BL\mathcal{E}}{4R} = -\frac{BL}{4R}\frac{d}{dt}(B\cdot L\Delta x) = -\frac{(BL)^2}{4R}\frac{d}{dt}(x_2 - x_1)$

Перейдём в систему отсчёта относительно 2-ой перемычки:

Тогда $2mv_1^{*\prime} = -\frac{(BL)^2}{4R}\frac{d}{dt}x_1^*$

$v_1^{*\prime} = \frac{-(BL)^2}{8mR}v_1^*$, Пусть $\alpha = \frac{(BL)^2}{8mR}$

$v_1^{*\prime} = -\alpha v_1^*$

$\int\frac{v_1^{*\prime}}{v_1^*} = -\int\alpha\,dt \Rightarrow \ln v_1^* + C^* = -\alpha t$

$v_1^* = C\cdot e^{-\alpha t}$, из условия $C = v_0$, тогда:

$v_1^* = v_0\cdot e^{-\alpha t}$

При больших t: $v_1^* \longrightarrow 0 \Rightarrow$ через данный промежуток времени $v_1 = v_2$

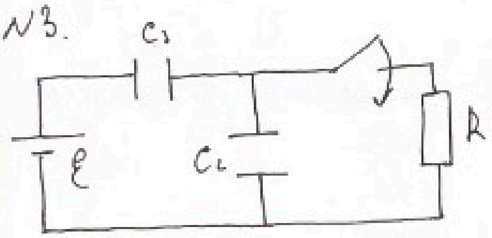
По закону сохранения импульса:

$OX: m_1v_0 = m_2v_2 + m_1v_1 = v_1(m_2 + m_1) \Rightarrow v_1 = \frac{m_1v_0}{m_2+m_1} = \frac{2mv_0}{m+2m} = \frac{2v_0}{3}$

Ответ: $v_1 = v_2 = \frac{2}{3}v_0$

Чистовик 2.

№3.



1) После замыкания ключа сразу резистор замкнут на конденсатор C_2 =>

$U_R = U_{C2}$

Тогда ток:

$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{U_{C2}}{R}$

$\mathcal{E} = U_{C1} + U_{C2} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_1}{C_2} = \frac{q_1}{4C} + \frac{q_1}{C} = \frac{5q_1}{4C} \Rightarrow q_1 = \frac{\mathcal{E}\cdot 4C}{5}$ – до замыкания в установившемся режиме

$U_{C2} = \frac{\Delta q}{C_2} = \frac{\mathcal{E}\cdot 4C}{5C} = \frac{4\mathcal{E}}{5}$

$I_R = \frac{4\mathcal{E}}{5R}$

Ответ 1) $\frac{4\mathcal{E}}{5R}$

2) По закону сохранения энергии:

$W_1 + A_{ист.} = W_2 + Q$

$\frac{C_{общ}\mathcal{E}^2}{2} + \Delta q\,\mathcal{E} = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} + Q$

$\frac{1}{C_{общ.}} = \frac{1}{4C} + \frac{1}{C} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1} = \frac{5}{4C} \Rightarrow C_{общ.} = \frac{4C}{5} = 0{,}8C$

$\Delta q = q_2 - q_1 = C_1\mathcal{E} - \frac{4C\mathcal{E}}{5} = 4C\mathcal{E} - \frac{4C\mathcal{E}}{5} = 3{,}2C\mathcal{E}$

$\frac{0{,}8C\mathcal{E}^2}{2} + 3{,}2C\mathcal{E}^2 = \frac{4C\mathcal{E}^2}{2} + Q \Rightarrow Q = 0{,}4C\mathcal{E}^2 + 3{,}2C\mathcal{E}^2 - 2C\mathcal{E}^2 = 1{,}6C\mathcal{E}^2$

Ответ 2) $1{,}6C\mathcal{E}^2$

3) $q_{общ.} = q_1 = q_2 = C_{общ.}\mathcal{E} = C_1 U_1$
$q_1 = \frac{4C\mathcal{E}}{5}$ $\quad q_2 = 4CU_1$
$\Rightarrow U_1 = \frac{4C\mathcal{E}}{5\cdot 4C} = \frac{\mathcal{E}}{5}$
$U_{R2} = \mathcal{E} - U_1 = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{5} = \frac{4\mathcal{E}}{5} = 0{,}8\mathcal{E}$

Ответ 3) $0{,}8\mathcal{E}$

Чистовик 3

№4 3)

x^* - расстояние между перемычками

$x^{*'} = v_1^* = v_0 e^{-\alpha t}$ (из пункта 2)

$\int dx^* = \int v_0 e^{-\alpha t} dt$

$x^* + C_1 = -\frac{v_0}{\alpha} e^{-\alpha t}$

Для начального условия $x^*(0) = S_0 \Rightarrow S_0 + C_1 = -\frac{v_0}{\alpha}$

$C_1 = -\frac{v_0}{\alpha} - S_0$

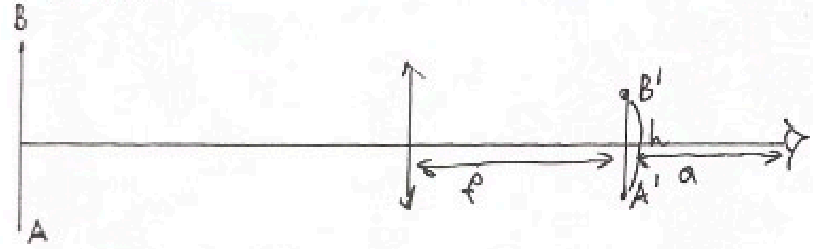
Тогда $x^* = -\frac{v_0}{\alpha} e^{-\alpha t} + S_0 + \frac{v_0}{\alpha}$

$t \to \infty \Rightarrow x^*(t \to \infty) = S_0 + \frac{v_0}{\alpha} = S_0 + \frac{v_0 \cdot 8mR}{B^2 L^2}$

Ответ 3) $S_0 + \frac{8mR v_0}{B^2 L^2}$

№5

$H = 9$ см $\quad d = 72$ см $\quad a = 24$ см $\quad F = 18$ см



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

$f = \frac{Fd}{d-F} \qquad f = 24$ см

$x = f + a = \frac{Fd}{d-F} + a$

$x = \frac{18\text{см} \cdot 72\text{см}}{72\text{см} - 18\text{см}} + 24\text{см} = 48$ см

Ответ 1) 48см

2) $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{h}{H} \Rightarrow h = \frac{fH}{d} = \frac{24\text{см} \cdot 9\text{см}}{72\text{см}} = 3$ см - диаметр изображения

Ко II з. Ньютона (1):

$2m a_1 = F_A = BJL = \frac{BL\mathcal{E}}{4R}$

$2m(v_1)' = -\frac{BL}{4R}\frac{d}{dt}(B \cdot L\Delta x) = \frac{-(BL)^2}{4R}\frac{d}{dt}(x_2 - x_1)$

Сим. второй:

$2m v_1' = -\frac{(BL)^2}{4R}\frac{d}{dt}x_1 = -\frac{BL}{8mR}v_1$

$\int \frac{dv_1}{v_1} = -\int \gamma dt$

$v_1 = v_2$ при $t \to \infty$

$v_1 = v_2$

Черновик

$2v_0 = v_2 - 2v_2$

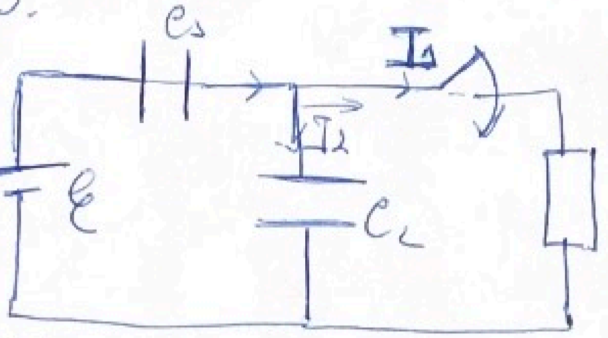
$\cancel{v_2 = -2v_0}$

$\cancel{v_1 = 2v_0}$

$2mv_0 = -2mv_1 - mv_1$

Черновик

N3.



$C_1 = 4C$

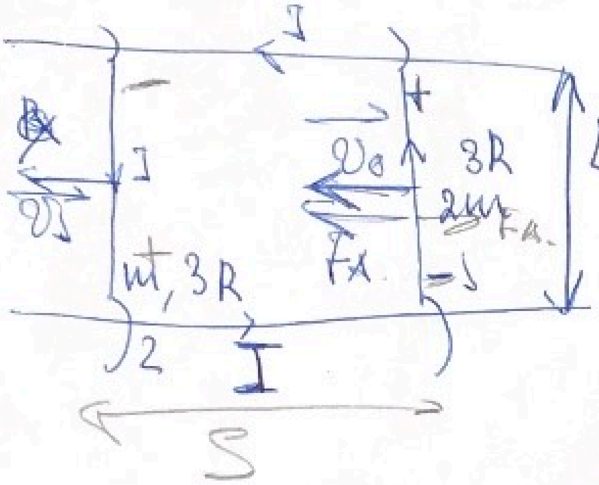
$C_2 = C$

$\mathcal{E} = U_{C_1} + U_{C_2}$

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{4C} + \frac{q_2}{C}$

N4.

N1.



$\mathcal{E}_{c.u.} = B v_0 L \cancel{\sin\alpha \cos\beta}$

$\mathcal{E}_{c.u.} = B v_0 L$

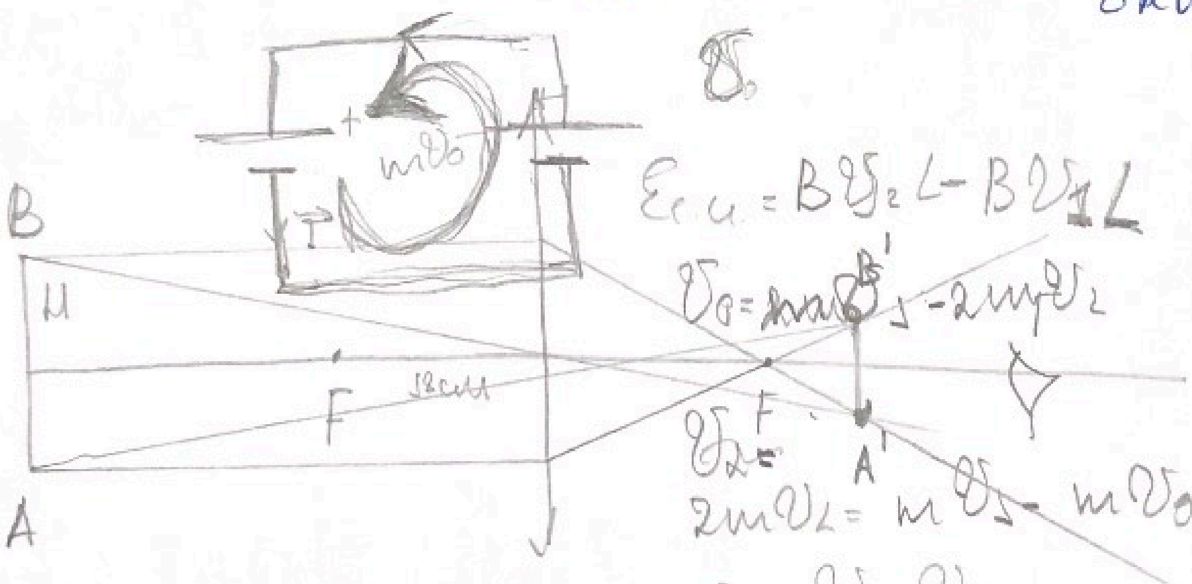
$\mathcal{E}_{c.u.} = B v_0 L = I(3R+R) \Rightarrow I = \frac{B v_0 L}{4R}$

$F_A = B I L \cancel{\sin\alpha} = 2m a_x$

$B \cdot \frac{B v_0 L}{4R} \cdot L = 2ma$

$\frac{B^2 v_0 L^2}{4R} = 2ma \Rightarrow a = \frac{B^2 v_0^2 L^2}{8Rm}$

2)



$\mathcal{E}_{c.u.} = B v_2 L - B v_1 L$

$v_0 = m v_1 - 2m v_2$

$v_2 =$

$2m v_2 = m v_1 - m v_0$

$v_2 = \frac{v_1 - v_0}{2}$

$m v_0^2 = \frac{m v_1^2}{2} + m$

$\frac{\Delta q}{C} + \frac{\Delta q}{4C} = \frac{5\Delta q}{4C} = \mathcal{E} \Rightarrow$

$\frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{4C} + \frac{1}{C} = \frac{5}{4C}$ $\quad \Delta q = \frac{4C\mathcal{E}}{5}$

$U_2 = \frac{\Delta q}{C_2} = \frac{4\mathcal{E}}{5}$