Часть 1

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

Шифр: **21201568**

ID профиля: **311918**

Вариант 1

Чистовик

№2

① <u>Решим сначала для общего случая:</u>

$$dQ = C(T)\nu\, dT$$

$$\int_0^{Q_k} dQ = \int_{T_0}^{T_k} C(T)\nu\, dT$$

$$Q_k = \int_{T_0}^{T_k} \frac{2\nu R}{T_0} T\, dT$$

$$Q_k = \frac{2\nu R}{T_0}\int_{T_0}^{T_k} T\, dT$$

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

$\boxed{Q_k = \frac{\nu R}{T_0}\left(T_k^2 - T_0^2\right)}$ – данный ответ можно так же получить, посчитав площадь фигуры под графиком $C(T)$ (данная фигура является прямоугольной трапецией) и домножив на количество газа ν.

Тогда для $T_k = \frac{5}{6}T_0$ имеем

$$Q_{k1} = \frac{\nu R}{T_0}\left(\frac{25}{36}T_0^2 - T_0^2\right) = -\frac{11}{36}\nu R T_0$$

Однако нас требуют найти кол-во <u>отданной</u> теплоты, поэтому $Q_1 = -Q_{k1}$

$$\boxed{Q_1 = \frac{11}{36}\nu R T_0}$$

Продолжение см на листе ②

Чистовик

№2 (продолжение)

② $Q_k = A_k + \Delta U_k$

$A_k = Q_k - \Delta U_k$

$Q_k = \frac{\nu R}{T_0}(T_k^2 - T_0^2)$ из ①

$\Delta U_k = C_V \nu \Delta T = C_V \nu (T_k - T_0)$

Гелий – одноатомный газ $\Rightarrow C_V = \frac{3}{2} R$

$\Delta U_k = \frac{3}{2} \nu R (T_k - T_0)$, тогда

$A_k = \frac{\nu R}{T_0}(T_k^2 - T_0^2) - \frac{3}{2} \nu R (T_k - T_0)$

$A_k = \frac{\nu R}{T_0} T_k^2 - \nu R T_0 - \frac{3}{2} \nu R T_k + \frac{3}{2} \nu R T_0$

$A'_{k\,T_k} = 2\nu R \frac{T_k}{T_0} - \frac{3}{2} \nu R = 0$

$A_k = \frac{\nu R}{T_0} T_k^2 - \frac{3}{2} \nu R T_k + \frac{1}{2} \nu R T_0$ – парабола ветвями вверх, минимум достигается в вершине $T_k = \frac{3}{4} T_0$

$\boxed{T_{min} = \frac{3}{4} T_0}$

③ Теперь просто подставляем

$A_{min} = A_k(T_{min}) = \frac{\nu R}{\cancel{T_0}} \cdot \frac{9}{16} T_0^{\cancel{2}} - \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{3}{4} T_0 + \frac{1}{2} \nu R T_0$

$A_{min} = \cancel{\frac{9}{16} T_0}\ \frac{9}{16} \nu R T_0 - \frac{9}{8} \nu R T_0 + \frac{1}{2} \nu R T_0 = -\frac{1}{16} \nu R T_0$

$\boxed{A_{min} = -\frac{1}{16} \nu R T_0}$

Ответ 1) $Q_{11} = \frac{11}{36} \nu R T_0$

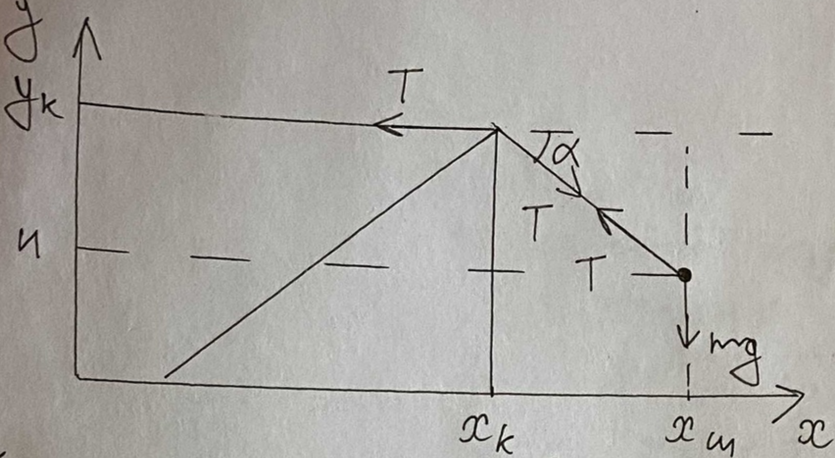
2) $\frac{3}{4} T_0$

3) $-\frac{1}{16} \nu R T_0$

~~Чистовик~~ Черновик

№1

① В системе отсчета Земли



$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$

$tg\,\alpha = \frac{4}{3}$; $ctg\,\alpha = \frac{3}{4}$

Кинетическая связь шара и клина

$L_{нити} = x_k + \frac{y_k - H}{\sin\alpha}$

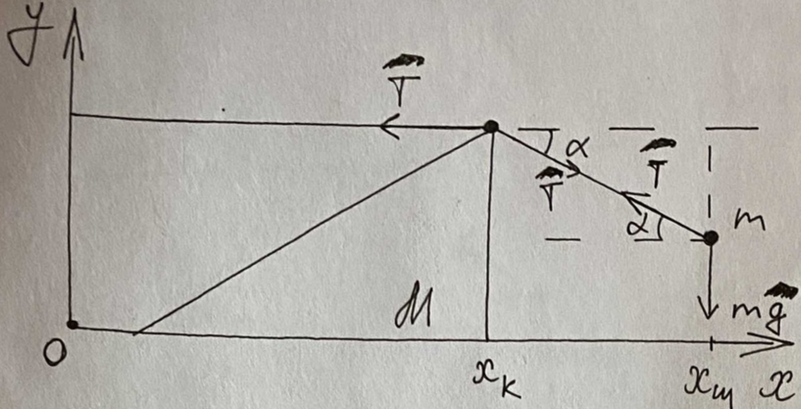
Дифференцируем дважды по времени

$0 = a_{k_x}$

Чистовик

№1

1 В системе отсчета Земли



$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$

$tg\,\alpha = \frac{4}{3}$; $ctg\,\alpha = \frac{3}{4}$

Запишем кинетическую связь клина и шара

$L_{нити} = x_к + \frac{x_ш}{\cos\alpha}$

$L_{нити} = x_к + \frac{5}{3} x_ш$

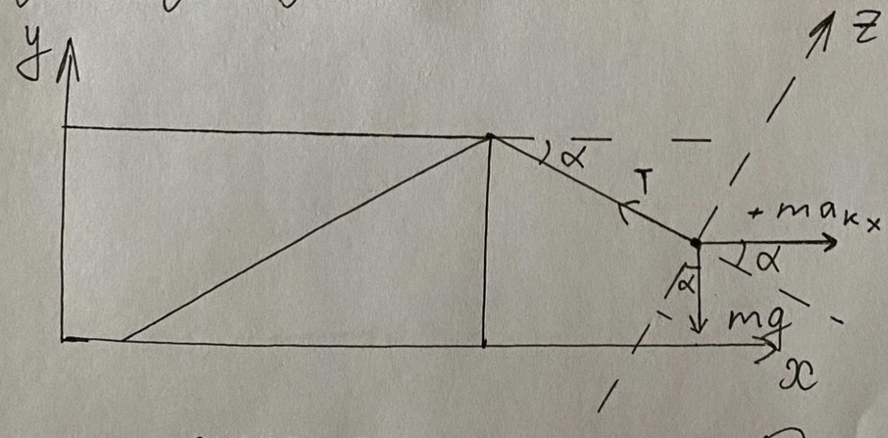
Дважды дифференцируем уравнение по времени

$0 = a_{кx} + \frac{5}{3} a_{шx}$

$a_{кx} = -\frac{5}{3} a_{шx}$, также, очевидно, что $|a_к| = |a_{кx}|$, т.к. клин движется только вдоль стола

Рассмотрим шар $\begin{cases} x: -T\cos\alpha = m a_{шx} \\ y: T\sin\alpha - mg = m a_{шy} \end{cases}$;

Теперь перейдём в ~~НЕ ИСО~~ неинерциальную систему отсчета клина

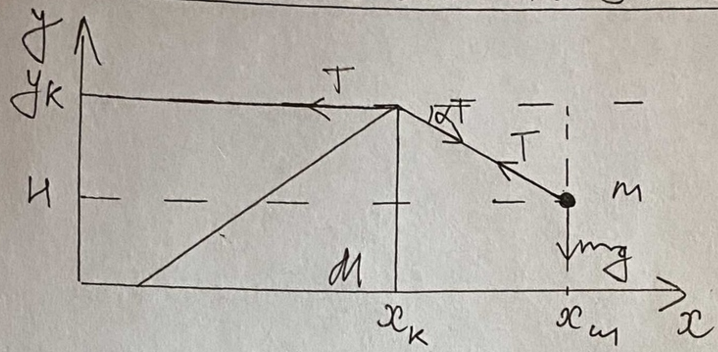


Продолжение см на листе 4

~~Чистовик~~ черновик

№1

В системе отсчета Земли



$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$

$tg\,\alpha = \frac{4}{3}$; $ctg\,\alpha = \frac{3}{4}$

Кинетическая связь клина и шара

$L_{нити} = x_k + \frac{\cancel{y_ш}\ y_k - H}{\sin\alpha}$

Дифференцируем дважды по времени

$0 = x_k + \frac{7}{5} H$

16 · 4 = 64 + 81 = 145

29

Черновик

$$x_к + (y_к - y_ш)/\sin\alpha = L$$

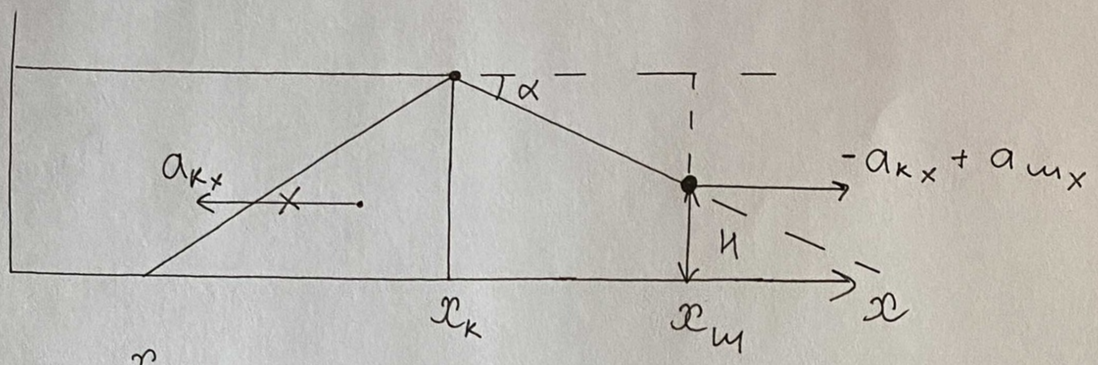
$$a_{kx} = \frac{5}{4} a_{шy} \; 20$$

$$a_{kx} = \frac{5}{4} a_{шy}$$

~~Чистовик~~

Черновик

№1

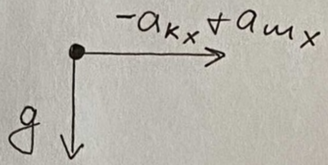


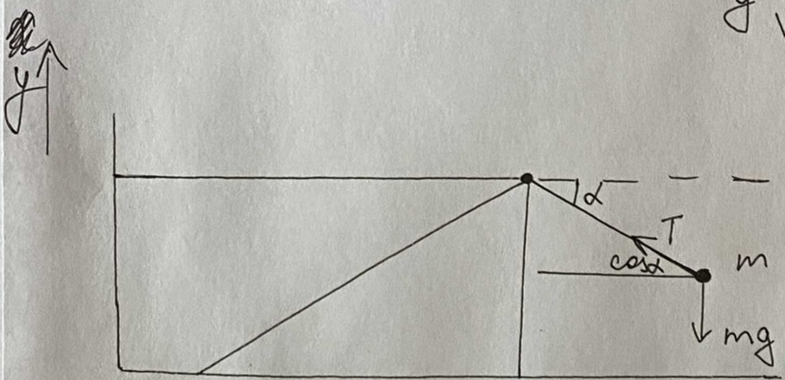
$L = x_k + \frac{x_ш}{\cos\alpha}$

$L = x_k + \frac{5}{3}x_ш$

$0 = a_{k_x} + \frac{5}{3}a_{ш_x}$

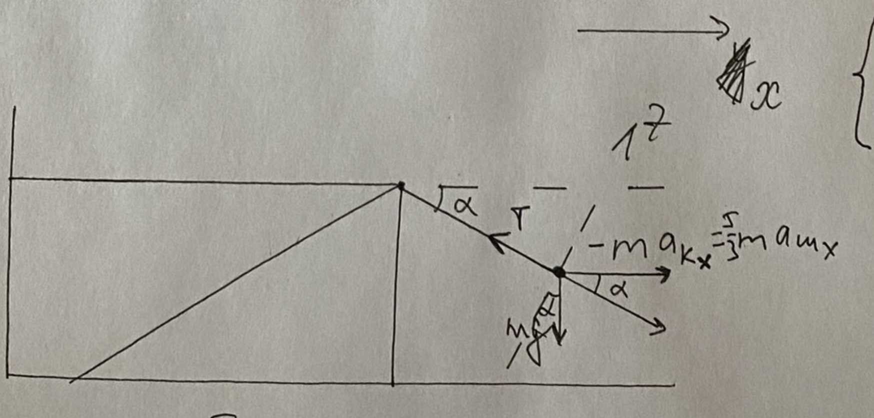
$a_{kx} = -\frac{5}{3}a_{шx}$





$$\begin{cases} ox: -T\cos\alpha = m a_{шx} \\ oy: T\sin\alpha - mg = m a_{шy} \end{cases}$$

$a_ш = \sqrt{a_{шx}^2 + a_{шy}^2}$



$\tau: -mg\cos\alpha + \frac{5}{3}m a_{шx}\sin\alpha = 0$

$a_{шx} = \frac{3}{5}g\,\mathrm{ctg}\,\alpha$

~~Лист №1~~

21201568 (U311918 M1269082)

Черновик

№2

$dQ = C\nu dT \qquad dQ = 2R\frac{T}{T_0}\nu dT$

$\int_0^{Q_1} dQ = \int_{T_0}^{\frac{5}{6}T_0} 2R\frac{T}{T_0}\nu dT$

$Q_1 = \frac{2R\nu}{T_0}\left(\frac{5}{6}T_0 - T_0\right) = -\frac{2R\nu}{T_0}\cdot\left(\frac{1}{6}T_0\right) = -\nu R$

~~Газ ото~~

$dQ = C\nu dT$

$dQ = 2\nu R\frac{T}{T_0}dT$

$\int_0^{Q_k} dQ = \int_{T_0}^{T_k} 2\nu R\frac{T}{T_0}dT$

$Q_k = \frac{2\nu R}{T_0}\int_{T_0}^{T_k} T dT$

$Q_k = \frac{2\nu R}{T_0}\cdot\left(\frac{T_k^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right)$

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

$Q = A + \Delta U$

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

$\Delta U = C_V\nu\Delta T = \frac{3}{2}\nu(T_k - T_0)$

$A = Q - \Delta U = \nu R\left(\frac{T_k^2}{T_0} - T_0\right) - \frac{3}{2}\nu(T_k - T_0)$

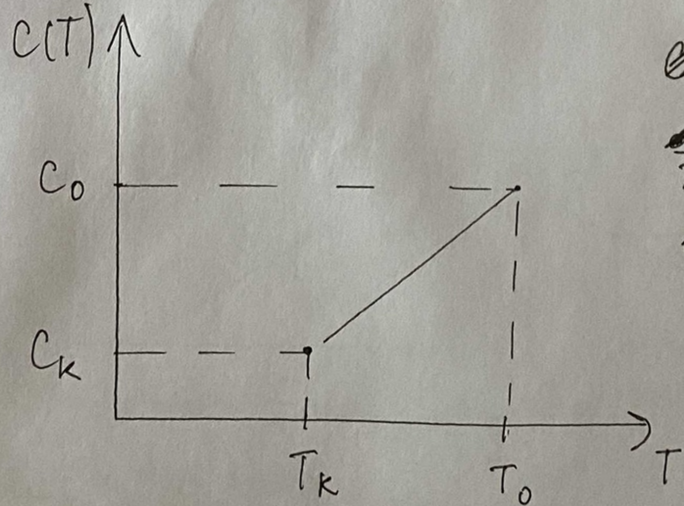
1) $\frac{\frac{25}{36}T_0^2}{T_0} - T_0 = \frac{25}{36}T_0 - T_0 = -\frac{11}{36}T_0$

$C_{ср} = \frac{C_k - C_0}{2} = \frac{1}{2}\left(2R\cdot\frac{5}{6}\cancel{T_0} - 2R\cdot\cancel{T_0}\right)$

$= \frac{5}{6}R - R = -\frac{1}{6}R$

$Q = C_p\nu\Delta T = -\frac{1}{6}R\nu\left(\frac{5}{6}T_0 - T_0\right) =$

$=$



$\frac{Q}{\nu} = \frac{C_k + C_0}{2}\cdot(T_0 - T_k)$

$\frac{2R}{T_0}\cdot\left(\frac{5}{6}T_0 + T_0\right)\cdot\left(T_0 - \frac{5}{6}T_0\right)$

$\frac{2R}{T_0}\left(T_0^2 - \frac{25}{36}T_0^2\right) \quad -\frac{9}{16} + \frac{1}{2} =$

$\frac{9}{16} - \frac{9}{8} + \frac{1}{2} = \frac{9}{16} - \frac{18}{16} + \frac{8}{16} =$

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

~~Лист N 1~~

Чистовик

№1 (продолжение)

В данной СО клин покоится, тогда условие $\alpha = const$ может выполняться только в случае если результирующее ускорение шара имеет нулевую проекцию на ось z (шар движется по прямой вдоль нити), тогда имеем:

$$z: +\cancel{m} a_{kx} \sin\alpha - \cancel{m} g\cos\alpha = 0 \,|: m \neq 0$$

$$-\frac{5}{3} a_{\text{ш}x} \sin\alpha - g\cos\alpha = 0$$

$$a_{\text{ш}x} = -\frac{3}{5} g \,\mathrm{ctg}\,\alpha = -\frac{9}{20} g$$

Возвращаемся в СО Земли

$$T\cos\alpha = \frac{9}{20} mg$$

$$T = \frac{3}{4} mg$$

$$\frac{3}{4} mg \sin\alpha - mg = m a_{\text{ш}y}$$

$$-\frac{2}{5} \cancel{m} g = \cancel{m} a_{\text{ш}y}$$

$$a_{\text{ш}y} = -\frac{2}{5} g$$

$$a_{\text{ш}} = \sqrt{a_{\text{ш}y}^2 + a_{\text{ш}x}^2} = \sqrt{\frac{4}{25} g^2 + \frac{81}{400} g^2} = g\frac{\sqrt{145}}{20}$$

Черновик

№2

$$C(T) = 2R\frac{T_0}{T} \qquad \int x\,dx = \frac{x^2}{2} + C$$

$$Q_k = A + \Delta U$$

$$A = Q - \Delta U$$

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

$$\Delta U = C_V \Delta T = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_0)$$

$$A = \frac{\nu R}{T_0}T_k^2 - \nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T_k + \frac{3}{2}\nu R T_0$$

$$A'_{T_k} = \frac{2\nu R T_k}{T_0} - \frac{3}{2}\nu = 0$$

$$\frac{2\nu R T_k}{T_0} = \frac{3}{2}\nu R$$

$$T_k = \frac{3}{4}T_0$$

y'

Часть 2

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

Шифр: **21201568**

ID профиля: **311918**

Вариант 1

Черновик

№5

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

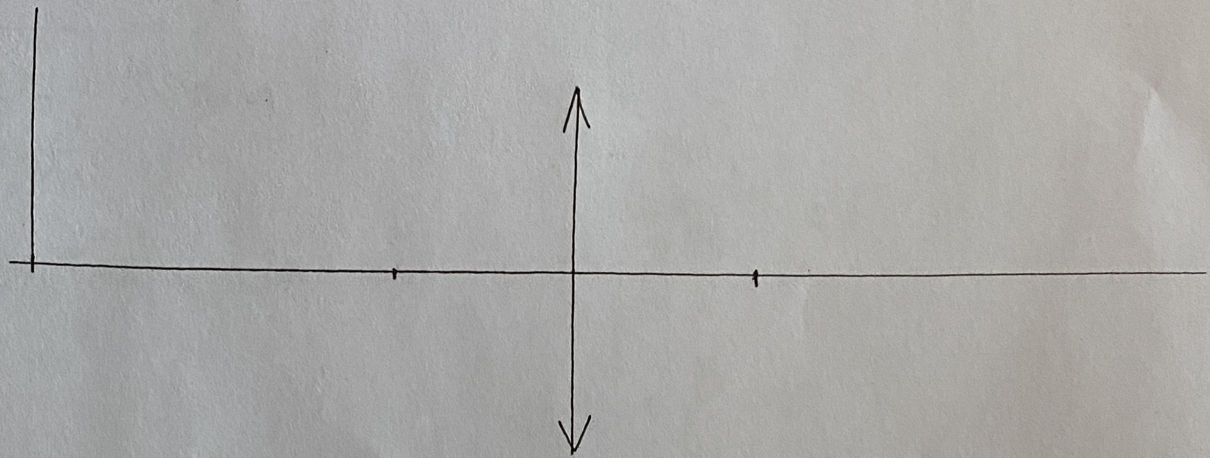
$$\frac{1}{9} = \frac{1}{f} + \frac{1}{36}$$

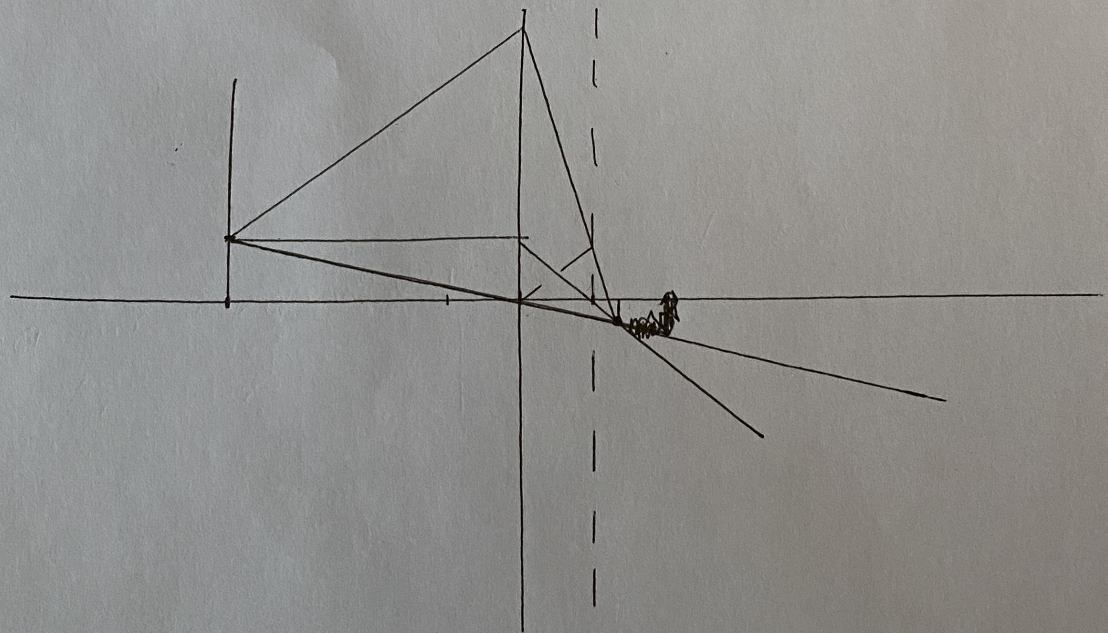
$$\frac{4-1}{36} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{f}$$

$$L = 12 + 24 = \boxed{36\text{ см}} = X$$

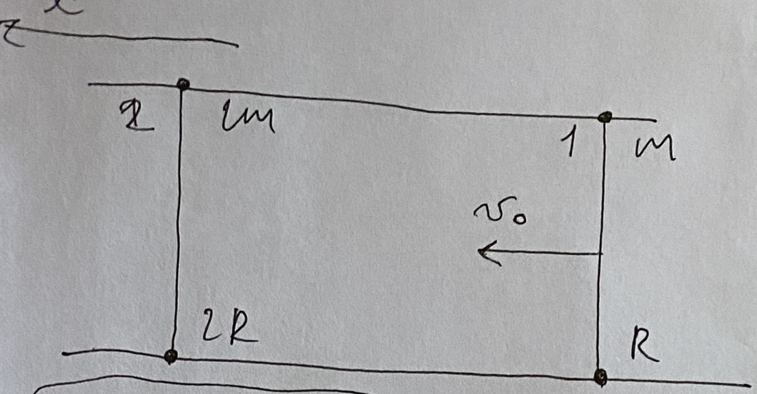
2





Черновик

№2



$$\frac{d\phi}{dt} = B v_0 l = \mathcal{E}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_\Sigma} = \frac{\mathcal{E}}{3R}$$

$$F_2 = BIL = \frac{Bv_0 l}{3R} \cdot BL$$

$$F_2 = \frac{B^2L^2v_0}{3R}$$

$$\boxed{a_2 = \frac{B^2L^2v_0}{6mR}}$$

1) $\cancel{m}v_0 = 3\cancel{m}u$

$u = \frac{1}{3}v_0$

$\frac{1}{\cancel{2}}\cancel{m}v_0^2 \neq \frac{1}{\cancel{2}} \cdot 3\cancel{m} \cdot u^2$

$u^2 = \frac{1}{3}v_0^2$

$$\frac{B^2L^2v_0}{3R} = F$$

$$a_1 = \frac{F}{m} = a$$

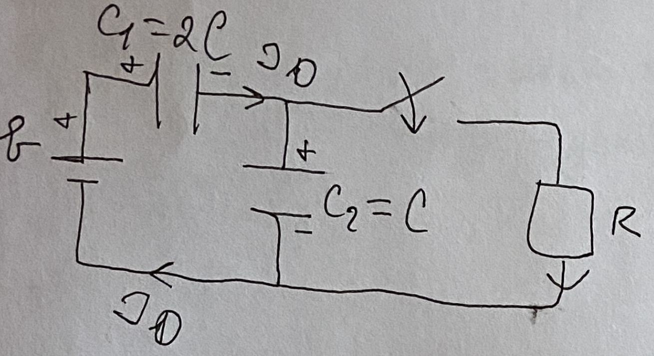
$$a_2 = \frac{F}{2m} = \frac{1}{2}a$$

$v_1 = v_0 - at$

$v_2 = \frac{1}{2}at$

Черновик

№3



$-q_{1н}+q_{2н}=0$

$q_{1н}=q_2=q$

$\mathcal{E}=\frac{q_1}{C_1}+\frac{q_2}{C_2}=\frac{q}{2C}+\frac{q}{C}$

$\mathcal{E}=\frac{3}{2}\frac{q}{C}$

$q=\frac{2}{3}\mathcal{E}C=q_1=q_2$

$U_{C_1}=\frac{1}{3}\mathcal{E}$

$U_{C_2}=\frac{2}{3}\mathcal{E}$

$\mathcal{E}=\frac{1}{3}\mathcal{E}+IR$

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

$I=\frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$

$3CЭ1$

$\frac{2}{9}C\mathcal{E}^2+\frac{8}{9}C\mathcal{E}^2+$

$\frac{q_{1к}}{C_1}=\mathcal{E}$

$q_{1к}=\frac{\mathcal{E}}{2C}$

$\mathcal{E}=\frac{q_1}{C_1}+IR$

$IR=\frac{q_2}{C_2}$

$\mathcal{E}=\frac{q_1}{C_1}+\frac{q_2}{C_2}$

$0=\frac{I_1}{C_1}+\frac{I_2}{C_2}$

$q_1=\frac{2}{3}\mathcal{E}C$

$\frac{4}{9}$

$W=\frac{\sqrt{6}}{3}$

$C_1=2C$

$E=\frac{1}{2}CU^2=\frac{1}{2}qU=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

$\frac{1}{2}\left(\frac{\cancel{4}\mathcal{E}^2C^2}{\cancel{2}C}\right.$

$\frac{1}{9}+\frac{2}{9}+\frac{4}{3}-\frac{2}{3}=1+Q$

$\frac{1}{3}+\frac{2}{3}=1+Q$

$\frac{1}{9}+\frac{2}{9}+\frac{4}{3}+\frac{2}{3}=1+0+Q$

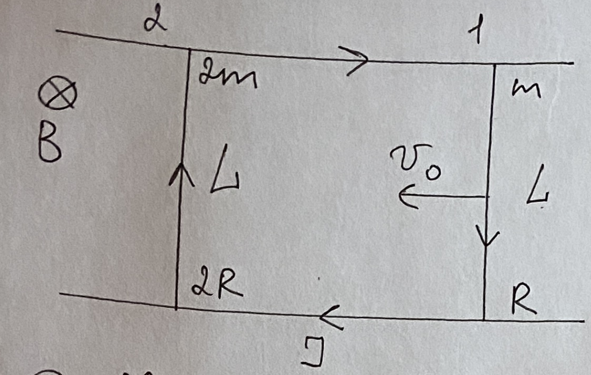
$\frac{3}{9}+2=1+0+Q$

$2\frac{1}{3}=1+Q$

$Q=1\frac{1}{3}$

Чистовик

№4



① Найдем ЭДС индукции в контуре:
$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = B v_0 L$, тогда можно найти ток в контуре: $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R_\Sigma} = \frac{\mathcal{E}_i}{3R} = \frac{B v_0 L}{3R}$
На перемычку 2 действует сила Ампера:
$F_{A_2} = BIL = \frac{B^2L^2v_0}{3R}$

$\boxed{F_{A_2} = \frac{B^2L^2v_0}{3R}}$, тогда можно найти её ускорение

$\boxed{a_2 = \frac{B^2L^2v_0}{6mR}}$

② Через продолжительный промежуток времени, когда скорости перемычек сравняются, ЭДС индукции в контуре пропадёт ⇒ пропадёт ток в контуре ⇒ исчезнет сила Ампера и перемычки продолжат движение с постоянной скоростью как одно целое.
Тогда их скорости по ЗСИ составят

$\boxed{v_1 = v_2 = \frac{v_0}{3}}$

Ответ: 1) $\frac{B^2L^2v_0}{6mR}$; 2) $\frac{v_0}{3}$

3

Чистовик.

№3 (продолжение)

По закону сохранение энергии

$E_{C_{1н}} + E_{C_{2н}} + A_{ист_1} + A_{ист_2} = E_{C_{1к}} + E_{C_{2к}} + Q$

$E_{C_{1н}} = \frac{1}{2} C_1 U^2_{C_{1н}} = \frac{1}{9} \mathcal{E}^2 C$

$E_{C_{2н}} = \frac{1}{2} C_2 U^2_{C_{2н}} = \frac{2}{9} \mathcal{E}^2 C$

$E_{C_{1к}} = \frac{1}{2} C_1 U^2_{C_{1к}} = \mathcal{E}^2 C$

$E_{C_{2к}} = \frac{1}{2} C_2 U^2_{C_{1к}} = 0$

$A_{ист_1} = \mathcal{E}(q_{1к} - q_{1н}) = \frac{4}{3} \mathcal{E}^2 C$ – работа ~~поля~~ источника по изменению заряда на первом конденсаторе

$A_{ист_2} = \mathcal{E}(q_{2к} - q_{2н}) = \frac{2}{3} \mathcal{E}^2 C$ – аналогично для второго конденсатора, тогда имеем

$\frac{1}{9} \mathcal{E}^2 C + \frac{2}{9} \mathcal{E}^2 C + \frac{4}{3} \mathcal{E}^2 C + \frac{2}{3} \mathcal{E}^2 C = \mathcal{E}^2 C + 0 + Q$

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

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

③ По II правилу Кирхгофа

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$

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

Дифференцируем по времени

$0 = \frac{I_1}{2C} + \frac{I_2}{C} \Big| \cdot C \neq 0$

$I_1 = -2 I_2$ – токи противоположно направлены

когда $|I_1| = I_0$, то $|I_2| = \frac{1}{2} I_0$, тогда по I правилу Кирхгофа

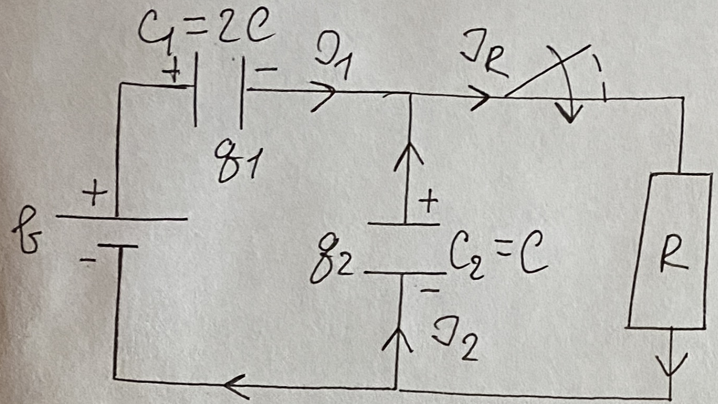
$I_R = I_1 + I_2$

$\boxed{I_R = \frac{3}{2} I_0}$

Ответ 1) $\frac{2}{3} \mathcal{E} R$; 2) $\frac{4}{3} \mathcal{E}^2 C$; 3) $\frac{3}{2} I_0$;

Чистовик

№3



① Рассмотрим цепь до замыкание ключа. По закону сохранение заряда

$-q_1 + q_2 = 0$

$q_{1н} = q_{2н} = q_н$

По II правилу Кирхгофа

$\mathcal{E} = \frac{q_{1н}}{C_1} + \frac{q_{2н}}{C_2}$

$\mathcal{E} = \frac{q_н}{2C} + \frac{q_н}{C}$

$\mathcal{E} = \frac{3}{2}\frac{q_н}{C} \Rightarrow q_н = \frac{2}{3}\mathcal{E}C$

$U_{C_{1н}} = \frac{1}{3}\mathcal{E}$; $U_{C_{2н}} = \frac{2}{3}\mathcal{E}$

Сразу после замыкание ключа напряжение на конденсаторах сохраняются поэтому по II правилу Кирхгофа

$\mathcal{E} = \frac{q_{1н}}{C_1} + I_н R$

$\mathcal{E} = \frac{1}{3}\mathcal{E} + I_н R$

$\boxed{I_н = \frac{2}{3}\mathcal{E}R}$ – направление тока указано на рисунке

② Рассмотрим цепь через долгое время после замыкание ключа. По II правилу Кирхгофа

$U_{C_2} = 0 \Rightarrow q_{2к} = 0$

$\mathcal{E} = \frac{q_{1к}}{C_1} \Rightarrow q_{1к} = 2\mathcal{E}C$

Продолжение см на листе №2

Чистовик

№5

① По формуле тонкой линзы

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$; (Изобр. - действительное ⇒ линза собирающая)

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

$f = \frac{Fd}{d-F}$

$f = 12$ см - расстояние от линзы до изображение предмета

В оптической системе линза - глаз, изображение предмета в линзе становится предметом для глаза поэтому если по усл глаз аккомодировали на $l = 24$ см, то

$x = f + l = 36$ см

$\boxed{x = 36 \text{ см}}$

②

Ответ 1) 36 см