Часть 1

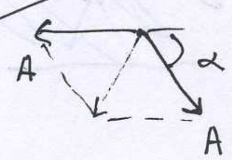
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21202885**

ID профиля: **369321**

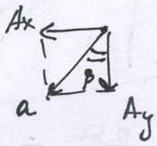
Вариант 4

черновик.



$A_x = A - A\cdot\cos\alpha = A(1-\cos\alpha) = A\cdot\frac{9}{17}$ $\quad \frac{3}{2}-\frac{9}{10} = \frac{15-9}{10} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$

$A_y = A\cdot\sin\alpha = \frac{15}{17}A$



$\operatorname{tg}\beta = \frac{A_x}{A_y} = \frac{9}{15} = \frac{3}{5}$

$$\begin{cases} T - T\cos\alpha = MA \\ T\cdot\cos\alpha = m a_x \\ T\cdot\sin\alpha - mg = m a_y \end{cases} \qquad T = \frac{9Am}{17\cos\alpha}$$

$$m\cdot\frac{9A}{17}\operatorname{tg}\alpha - mg = \frac{15}{17}mA \;|:m$$

$$\frac{9A}{17}\cdot\frac{15}{8} - g = \frac{15}{17}A$$

$$\frac{15}{17}A\left(\frac{9}{8}-1\right) = g \qquad \frac{15A}{17\cdot 8} = g \qquad A = \frac{17\cdot 8g}{15}$$

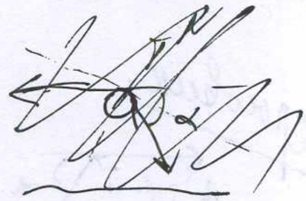
$$A = \frac{8g\cdot 17}{15}$$

$$\begin{cases} \frac{8}{17}T = m\cdot\frac{9}{17}A \\ \frac{9}{17}T = MA \end{cases} \div \qquad 8T = 9mA \qquad T = \frac{9}{8}mA$$

$$\frac{81}{17\cdot 8}mA = MA \qquad \frac{m}{M} = \frac{17\cdot 8}{81}$$

$$\frac{8}{9} = \frac{9m}{17M} \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{17\cdot 8}{9\cdot 9}$$

$$H = \frac{a_y t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2H}{a_y} \qquad t = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} =$$



черновик

$$\begin{cases} T - T\cdot\cos\alpha = MA \\ mg\sin\alpha - T = ma \, ?. \\ T\cdot\cos\alpha = -ma\cdot\cos\alpha \end{cases}$$

$$\cancel{A}B + BD = const$$

$-A + a = 0$

$\underline{a = A}$

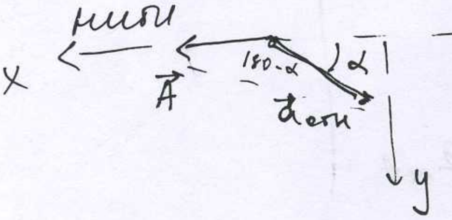
$$\begin{cases} T\cdot\cos\alpha = ma_x \\ T\cdot\sin\alpha - mg = ma_y \end{cases}$$

$$ctg\alpha = \frac{ma_x}{ma_y + mg} = \frac{a_x}{a_y + g}$$

~~но~~

$$\begin{cases} T - T\cdot\cos\alpha = MA \\ mg\sin\alpha - T = mA \\ T = -mA \end{cases}$$

1) в С.О клина ускорение шарика направлено вдоль нити



$\vec{a} = \vec{A} + \vec{a}_{отн}$

$A = a_{отн}$

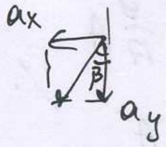
$a_x = A - A\cdot\cos\alpha = A\frac{9}{17}$

$a_y = A\cdot\sin\alpha = \frac{15}{17}A$

$\sqrt{1 - \frac{64}{289}}$

$\sin\alpha = \frac{15}{17}$

$\left(tg\beta = \frac{a_x}{a_y} = \frac{9}{15} \right)$



$tg\beta = \frac{15}{9} = \frac{5}{3}$

$$\begin{cases} T\cdot\cos\alpha = ma_x \\ T - T\cos\alpha = MA \\ T\cdot\sin\alpha - mg = ma_y \end{cases}$$

$T = \frac{ma_x}{\cos\alpha}$

$T - T\cos\alpha = MA$

$$\begin{cases} T\cdot\cos\alpha = m\frac{9A}{17} \\ T\cdot\sin\alpha = m(g + \frac{15}{17}A) \end{cases}$$

$ma_x tg\alpha - mg = ma_y \quad |:m$

$\frac{9}{17}A tg\alpha - g = \frac{15}{17}A$

$\frac{\cancel{15}}{17}$

$ctg\alpha = \frac{9A}{17g + 15A}$

$\frac{\cancel{3}}{5} = \frac{9A}{17g + 15A}$

$\cancel{15A = 17g + 15A}$

21202885 (U369321 M1262911)

Черновик

№1

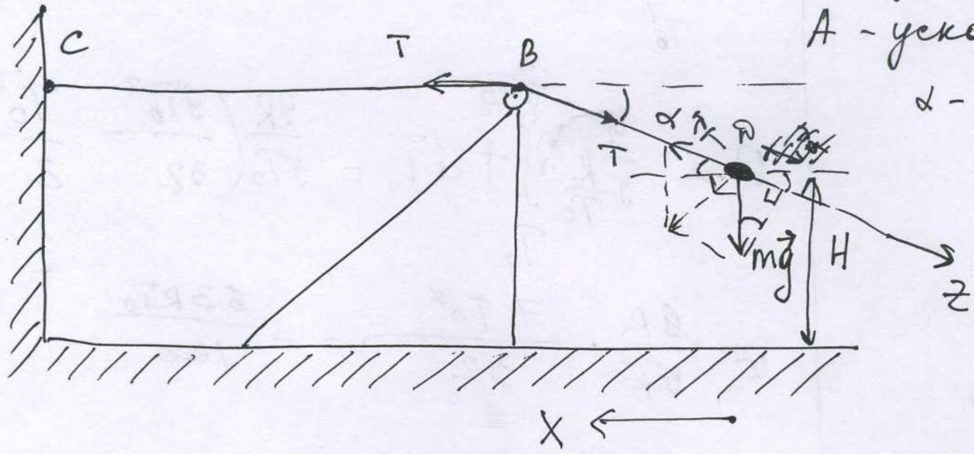
m – масса шара

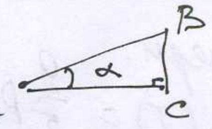
M – масса клина

a – ускорение шара

A – ускорение клина

α – не изм.





$\cos\alpha = \frac{AC}{AB} \Rightarrow \cancel{AB = \frac{AC}{\cos\alpha}}$

1) т.к. длина нити = const (она нерастяжима), то и угол наклона нити к горизонту не изменяется, то ускорение шарика направлено вдоль нити $\Rightarrow$ под углом α к горизонту и под углом $\beta = (90-\alpha)$ к вертикали

$\sin\beta = \sin(90-\alpha) = \cos\alpha = \frac{8}{17}$. ✓

$T(1-\cos\alpha) = MA$

$T\cdot\cos\alpha = -mA$

$\cos\alpha = \frac{8}{17}$

$\sin\alpha = \frac{15}{17}$

$tg\alpha = \frac{15}{8}$

$ctg\alpha = \frac{8}{15}$

2) 2ЗН на OX:

$$\begin{cases} T - T\cdot\cos\alpha = MA \\ T\cdot\cos\alpha = -ma\cdot\cos\alpha \end{cases}$$

кин связь: клин сдвигается на Δl по горизонтали $\rightarrow$

$\rightarrow$ высвобождает Δl длины нити $\rightarrow$ на столько же сдвигается шар вдоль нити

$A_x = a_x \cdot \cos\alpha$

$\cancel{\Delta l = \Delta l\cdot\cos\alpha}$

$a = \frac{A}{\cos\alpha}$

OZ: $mg\sin\alpha - T = ma$

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

21202885 (U369321 M1262911)

черновик.

№2.

He — одноатомн. ИГ

$i = 3$.

ν моль

охл. с T_0

молярн. $C(T) = \frac{9}{5}R\frac{T}{T_0}$

1) до $\frac{3}{4}T_0$ $Q_1 = ?$

2) $A_2 = A_{min}$ $T = ?$

3) $A_{min} = ?$

$$Q = \int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} C(T)\,dT$$

$$Q_1 = \frac{9}{5}\frac{R}{T_0}\nu\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} T\,dT = \frac{9R}{5T_0}\left(\frac{9T_0^2}{32} - \frac{T_0^2}{2}\right) =$$

$$= \frac{9R}{5T_0}\cdot\frac{7T_0^2}{32} = -\frac{63RT_0}{160}$$

$$A = \int p\,dV$$

$$\delta Q = dU + p\,dV$$

$$C(T)\nu\,dT = \frac{3}{2}\nu R\,dT + p\,dV$$

$$p\,dV = C(T)\nu\,dT - \frac{3}{2}\nu R\,dT \qquad \int_{T_0}^{T}$$

$$A = \frac{9\nu R}{T_0}\left(\frac{T^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0)$$

$$A = \frac{9\nu R T^2}{T_0\,2} - \frac{9\nu R T_0}{2} - \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT_0 = \frac{9\nu R}{2T_0}T^2 - \frac{3\nu R}{2}\cdot T - 3\nu RT_0$$

кв. ф-ция

$$\frac{\cancel{3\nu R}\cdot\cancel{2}T_0}{2\cdot\cancel{2}\cdot\cancel{9\nu R}_{3}} = \frac{T_0}{6}$$

$$T_{min} = \frac{\cancel{3\nu R}\cdot 2T_0}{\cancel{2}\cdot\cancel{9\nu R}_{3}} = \frac{T_0}{3}$$

$A_п$

чистовик | Вариант 11-04 | лист № 1

№2

Дано:

He → $i = 3$

ν

T_0, охл.

$C(T) = \frac{9RT}{5T_0}$

1) от T_0 до $\frac{3}{4}T_0$

$Q_1 = ?$ $(Q_1 > 0)$

2) $A = A_{min}$ $T_1 = ?$

3) $A_{min} = ?$

Решение:

1) $\delta Q = C(T)\nu dT$

$$Q = \nu\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} c(T)\,dT = \nu\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0}\frac{9R}{5T_0}T\,dT = \frac{9\nu R}{5T_0}\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} T\,dT =$$

$$= \frac{9\nu R}{5T_0}\cdot\frac{T^2}{2}\Big|_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} = \frac{9\nu R}{5T_0}\left(\frac{9T_0^2}{2\cdot 16} - \frac{T_0^2}{2}\right) = \frac{9\nu R}{5T_0}\cdot\frac{9T_0^2 - 16T_0^2}{2\cdot 16} =$$

$$= -\frac{9\cdot 7\cdot \nu R T_0^2}{5\cdot 2\cdot 16\, T_0} = -\frac{63}{160}\nu R T_0$$ → подвели при охл. от T_0 до $\frac{3}{4}T_0$ $Q_{отв} = -Q_{подв}$ ⇒ $Q_1 = -Q = \frac{63}{160}\nu R T_0$

2) запишем I начало термодинамики:

$$\delta Q = dU + \delta A$$

$$C(T)\nu dT = \frac{3}{2}\nu R dT + \delta A$$

$$\delta A = \frac{9\nu RT}{T_0}dT - \frac{3}{2}\nu R dT$$

проинтегрируем от T_0 до T:

$$A = \frac{9\nu R}{T_0}\int_{T_0}^{T} T\,dT - \frac{3}{2}\nu R\int_{T_0}^{T} dT = \frac{9\nu R}{T_0}\left(\frac{T^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0) =$$

$$= \frac{9\nu R}{2T_0}\cdot T^2 - \frac{9}{2}\nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T + \frac{3}{2}\nu R T_0 = \frac{9\nu R}{2T_0}\cdot T^2 - \frac{3}{2}\nu R T - 3\nu R T_0$$

ф-ция $A(T)$ – квадратичная парабола с ветвями вверх ⇒

⇒ минимум в вершине, значит искомое

$$T_1 = \frac{\cancel{3\nu R}}{\cancel{2\cdot 2}} \quad \frac{3\nu R\cdot T_0\cdot 2}{2\cdot 2\cdot 9\nu R} = \frac{T_0}{6}$$

чистовик

лист №2

№2 (продолжение)

3) тогда $A_{min} = A\left(\frac{T_0}{6}\right) = \frac{9\nu R}{2T_0}\cdot\frac{T_0^2}{36} - \frac{3\nu R T_0}{2\cdot 6} - 3\nu R T_0 =$

$= \frac{\nu R T_0}{8} - \frac{\nu R T_0}{4} - 3\nu R T_0 = \frac{\nu R T_0(1-2-24)}{8} = -\frac{25}{8}\nu R T_0$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{63}{160}\nu R T_0$

2) $T = \frac{T_0}{6}$

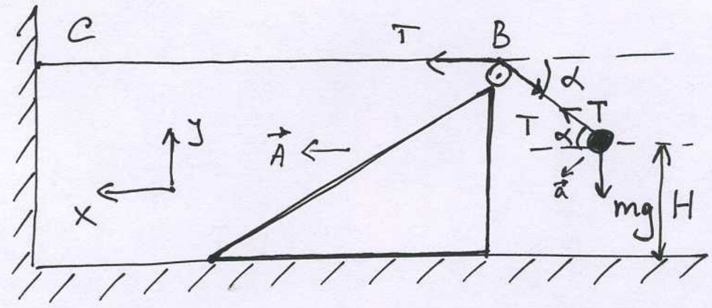
3) $A_{min} = -\frac{25}{8}\nu R T_0$

№1

Дано:
$\cos\alpha = \frac{8}{17}$
H

$\beta = ?$
$A = ?$
$\frac{m}{M} = ?$
$\tau = ?$

Решение:



T – сила натяжения нити

$\cos\alpha = \frac{8}{17}$ $\quad ctg\alpha = \frac{8}{15}$

$\sin\alpha = \frac{15}{17}$ $\quad tg\alpha = \frac{15}{8}$

Введём обозначения:
m – масса шара
M – масса клина
a – ускорение шара (в ЛСО)
A – ускорение клина (в ЛСО)

1) т.к. по условию нить нерастяжима, то её длина постоянна.

т.к. по условию угол между нитью и горизонтом постоянен, то относительно клина шар движется вдоль нити (под углом α к горизонту), в силу постоянства длины нити, если клин сдвигается по горизонтали на Δl, то шар относительно клина тоже сдвинется на Δl в направлении нити, значит $a_{отн} = A$, тогда запишем закон сложения ускорений:

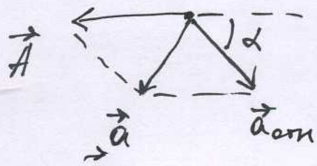
ускорение шара относительно клина

чистовик

лист №3

№1 (продолжение) $\vec{a}_{пер} = \vec{A}$, получившийся векторный треугольник:

$\vec{a} = \vec{a}_{пер} + \vec{a}_{отн}$

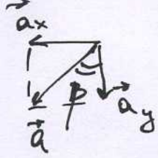


$|\vec{a}_{отн}| = A$

$a_y = a_{отн} \cdot \sin\alpha = \frac{15}{17}A$

$a_x = A - a_{отн} \cdot \cos\alpha =$

$= A(1-\cos\alpha) = \frac{9}{17}A$



$\left(tg\beta = \frac{a_x}{a_y} = \frac{9}{15} = \frac{3}{5}\right)$

2) запишем II з-н Ньютона в ИСО в проекциях на OX и на OY для клина и шара:

$$\begin{cases} T - T\cdot\cos\alpha = MA \ (1) \\ T\cdot\cos\alpha = ma_x \ (2) \\ T\cdot\sin\alpha - mg = -ma_y \end{cases}$$, решая систему получим:

$T = \frac{9mA}{17\cdot\cos\alpha}$, тогда: $\frac{9mA}{17\cdot\cos\alpha}\cdot\sin\alpha - mg = -m\cdot\frac{15}{17}A \quad |:m$

$\frac{9A}{17}\cdot tg\alpha + \frac{15}{17}A = g$

$\frac{9A}{17}\cdot\frac{15}{8} + \frac{15}{17}A = g$

$\frac{15}{17}A\left(\frac{9}{8}+1\right) = g \Rightarrow \frac{15}{\cancel{17}}A\cdot\frac{\cancel{17}}{8} = g \Rightarrow \left(A = \frac{8}{15}g\right)$

р-м ур-ния (1) и (2):

$$\begin{cases} T(1-\cos\alpha) = MA \\ T\cdot\cos\alpha = \frac{9mA}{17} \end{cases}$$ $\%$ $\frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha} = \frac{17M}{9m} \Rightarrow \cancel{\frac{m}{M} = \frac{\frac{14}{9}\left(1-\frac{8}{17}\right)}{9}}$

$\frac{M}{m} = \frac{9(1-\cos\alpha)}{17\cos\alpha} \Rightarrow \left(\frac{m}{M} = \frac{17\cos\alpha}{9(1-\cos\alpha)} = \frac{\cancel{17}\cdot\frac{8}{\cancel{17}}}{9\cdot\left(1-\frac{8}{17}\right)} = \frac{8\cdot 17}{9\cdot 9} = \frac{136}{81}\right)$

21202885 (U369321 M1262911)

Черновик

3) вдоль OY шарик движется равноускоренно, без начальной скорости, тогда:

$$H = \frac{a_y \tau^2}{2} \Rightarrow \tau^2 = \frac{2H\cdot 17}{15A} = \frac{2\cdot 17\cdot H}{15\cdot \frac{8}{15}g} = \frac{2\cdot 17H}{8g} = \frac{17H}{4g}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{17H}{g}}\cdot\frac{1}{2}$$

Ответ: 1) $tg\,\beta = \frac{3}{5}$ (вниз) 3) $\frac{m}{M} = \frac{136}{81}$

2) $A = \frac{8g}{15}$ 4) $\tau = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{17H}{g}}$

$\boxed{N2}$

Дано:
$He \to i = 3$
ν
T_0, охл.
$c(T) = \frac{9R}{5T_0}T$

1) от T_0 до $\frac{3}{4}T_0$
$Q_1 = ?$ $(Q_1 > 0)$
2) $A = A_{min}$ $T_m = ?$
3) $A_{min} = ?$

Решение:
1) по определению:

$$\delta Q = c(T)\nu dT$$

$$Q = \nu\cdot\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0}\frac{9R}{5T_0}TdT = \frac{9\nu R}{5T_0}\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0}TdT = \frac{9\nu R}{5T_0}\cdot\frac{T^2}{2}\Bigg|_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} =$$

$$= \frac{9\nu R}{10T_0}\left(\frac{9T_0^2}{16} - T_0^2\right) = -\frac{7\cdot 9\cdot\nu R T_0^2}{10\cdot T_0\cdot 16} = -\frac{63\nu R T_0}{160} \longrightarrow$$

подвели к газу при охл-нии от T_0 до $\frac{3}{4}T_0$,

$$Q_{отв} = -Q_{подв} \Rightarrow Q_1 = -Q = \frac{63\nu R T_0}{160}$$

2) запишем I начало термодинамики:

$$\delta Q = dU + \delta A$$

$$c(T)\nu dT = \frac{3}{2}\nu R dT + \delta A$$

$$\delta A = \frac{9\nu R}{5T_0}TdT - \frac{3}{2}\nu R dT$$, интегрируя от T_0 до T

найдем работу, которую совершает газ при охлаждении от T_0 до T:

$$A = \frac{9\nu R}{5T_0}\int_{T_0}^{T}TdT - \frac{3}{2}\nu R\int_{T_0}^{T}dT$$

чистовик

N2 (продолжение)

$$A = \frac{9\nu R}{5T_0}\cdot\left(\frac{T^2}{2}-\frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{3}{2}\nu R(T-T_0)$$

$$A = \frac{9\nu R}{10T_0}T^2 - \frac{9\nu RT_0}{10} - \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT_0 = \frac{9\nu R}{10T_0}T^2 - \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{5}\nu RT_0 = A(T)$$

$A(T)$ – парабола с ветвями вверх ⇒ минимум в вершине и искомая $\left(T_m = \frac{\cancel{3}\nu R\cdot 10T_0}{2\cdot 2\cdot \cancel{9}_3\nu R} = \frac{10}{12}T_0 = \frac{5}{6}T_0\right)$

3) $A_{min} = A\left(\frac{5}{6}T_0\right) = \frac{\cancel{9}\nu R}{\cancel{10T_0}_2}\cdot\frac{\cancel{25}^5 T_0^2}{\cancel{36}_4} - \frac{\cancel{3}\nu R\cdot 5\cdot T_0}{2\cdot \cancel{6}_2} + \frac{3}{5}\nu RT_0 =$

$= \frac{5}{8}\nu RT_0 - \frac{5}{4}\nu RT_0 + \frac{3}{5}\nu RT_0 = \frac{\nu RT_0(25-50+24)}{40} = -\frac{\nu RT_0}{40}$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{63\nu RT_0}{160}$ 2) $T_m = \frac{5T_0}{6}$ 3) $A_{min} = -\frac{\nu RT_0}{40}$

Часть 2

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

Шифр: **21202885**

ID профиля: **369321**

Вариант 4

черновик

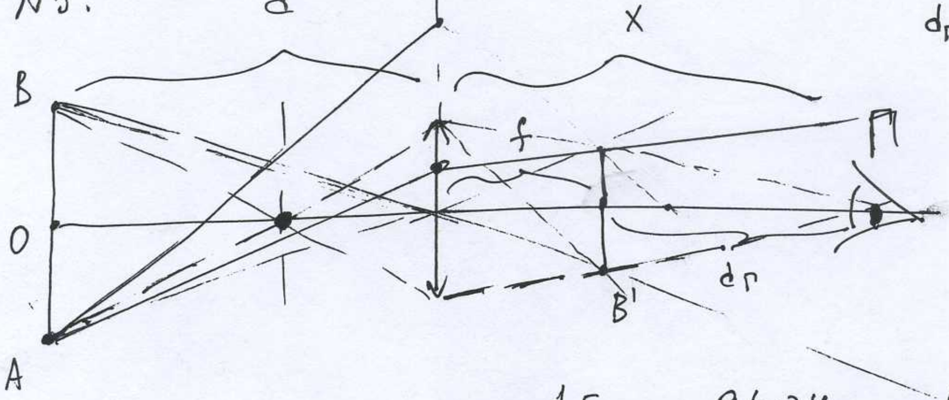
$F = 24$ см

$AB = H = 9$ см

$d = 96$ см

$d_г = 24$ см

N5.



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \qquad f = \frac{dF}{d-F} = \frac{96 \cdot 24}{72} = \frac{96}{3} = 32$$

$$f + d_г = X \Rightarrow X = 32 + 24 = 56 \text{ см}$$

черновик

№3.

$C_1 = 5C$

$C_2 = C$

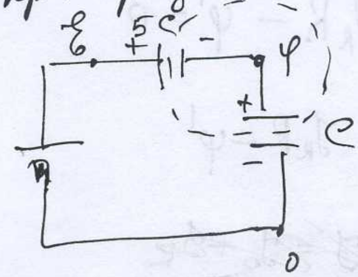
уст. режим к замык.

$I_R(0) = ?$

$Q = ?$

$I_{C_2} = I_0 \quad I_R = ?$

уст. реж. при разомкн:



ЗСЗ: $-5C(\mathcal{E}-\varphi) + C\varphi = 0$

$\varphi = 5\mathcal{E} - 5\varphi$

$6\varphi = 5\mathcal{E}$

$\varphi = \frac{5}{6}\mathcal{E}$

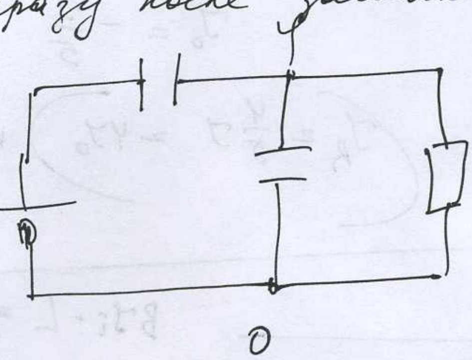
$U_1 = \frac{\mathcal{E}}{6}$

$U_2 = \frac{5}{6}\mathcal{E}$

$W = W_1 + W_2 = \frac{5C\mathcal{E}^2}{72} + \frac{25C\mathcal{E}^2}{72} =$

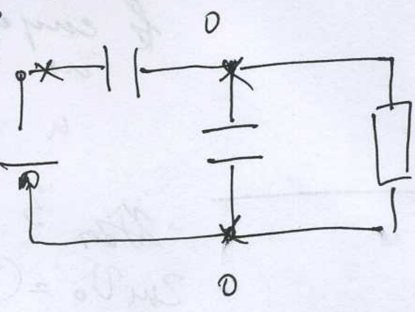
$= \frac{30C\mathcal{E}^2}{72} = \frac{15C\mathcal{E}^2}{36} = \frac{5}{12}C\mathcal{E}^2$

сразу после замык:



$I_R = \frac{\varphi}{R} = \frac{5\mathcal{E}}{6R}$

в уст. режиме при замкн. K:



тока нет

$W(t_{уст}) = \frac{5C\mathcal{E}^2}{2}$

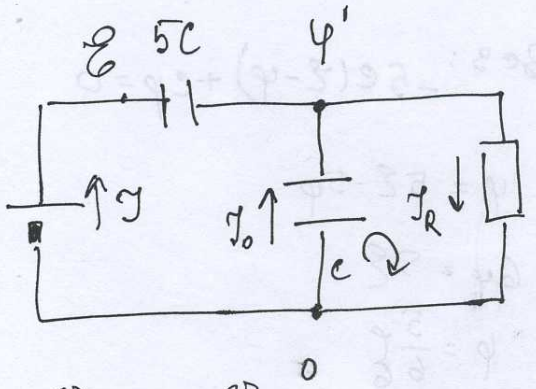
$\Delta q = 5C\mathcal{E} - \frac{5C\mathcal{E}}{6} = \frac{25C\mathcal{E}}{6}$

$\frac{25C\mathcal{E}^2}{6} = \frac{5C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{5C\mathcal{E}^2}{12} + Q$

$Q = \frac{(50-30+5)C\mathcal{E}^2}{12} = \frac{25C\mathcal{E}^2}{12}$

21202885 (U369321 M1262912)

Черновик

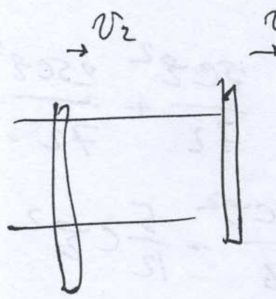


$I_R R - \varphi' = 0$

$I_R R = \varphi'$

~~$I = I_0 + I_R$~~

$I + I_0 = I_R$



$I_0 = \frac{dq}{dt} = \frac{C\,dU_2}{dt}$

$I = \frac{5C\,dU_1}{dt}$

$U_1 + U_2 = \mathcal{E}$

$\frac{dU_1}{dt} + \frac{dU_2}{dt} = 0$

$\frac{I_0}{C} + \frac{I}{5C} = 0$

$I_0 = -\frac{I}{5}$

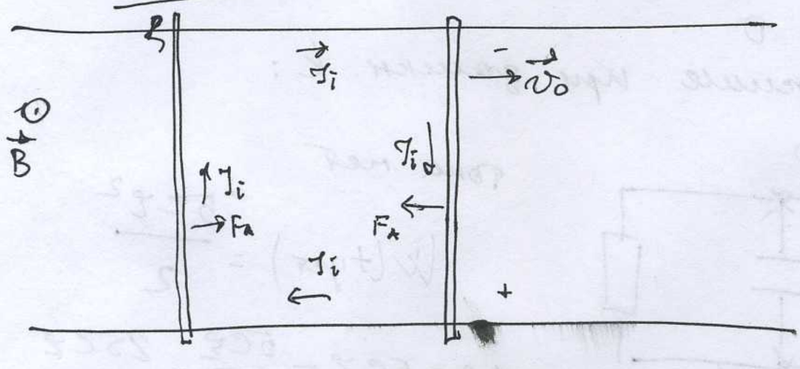
$I_R = \frac{4}{5} I = 4 I_0$ ✓

$\mathcal{E}_i = B(v_1 - v_2)L$

$I_i = \frac{B(v_1 - v_2)L}{6R}$

$F_{A1} = \frac{(BL)^2(v_1 - v_2)}{6R} = 2m\frac{dv_1}{dt}$

$\cancel{(v_1 - v_2)}\,dt$



$B I_i L = 2ma$

$a = B I_i L$

спустя долгое время их скорости сравняются и станут U

3

$2mv_0 = (2m + \frac{m}{2})U$

$U = \frac{2mv_0}{\frac{5}{2}m} = \frac{4}{5}v_0$

чистовик | Вариант 11-04 лист №1

№3

Дано:

$C_1 = 5C$; I_0

$C_2 = C$

при уст. режиме ключ замыкают в момент $t=0$

$I_R(0) = ?$

$Q = ?$

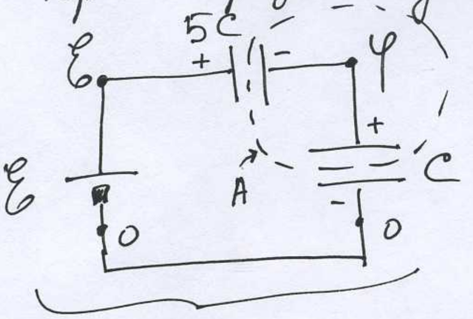
в момент τ:

$I_{C_2}(\tau) = I_0$

$I_R(\tau) = ?$

Решение:

1) р-м цепь в установившемся режиме при разомкнутом ключе:



в уст. режиме ~~тока~~ на ~~в~~ обоих конденсаторах постоянное напряжение ⇒ ~~U~~ ⇒ через них не течёт ток ⇒ тока в цепи нет

Воспользуемся методом узл. потенциалов

т.к. изначально конденсаторы не заряжены, то по з-ну сохранения заряда для области

A:

$$-5C(\mathcal{E}-\varphi) + C\varphi = 0$$

$$C\varphi = +5C\mathcal{E} - 5C\varphi \quad |:C$$

$$6\varphi = 5\mathcal{E} \Rightarrow \varphi = \frac{5\mathcal{E}}{6}, \text{ тогда}$$

$$U_1 = \mathcal{E} - \varphi = \frac{\mathcal{E}}{6} \text{ (на 5C)}$$

$$U_2 = \varphi = \frac{5\mathcal{E}}{6} \text{ (на C)}$$

запасённая энергия в цепи $W_0 = \dfrac{C_1 U_1^2}{2} + \dfrac{C_2 U_2^2}{2} =$

$$= \frac{5C\cdot\mathcal{E}^2}{2\cdot 36} + \frac{C\cdot 25\mathcal{E}^2}{2\cdot 36} = \frac{(5+25)}{2\cdot 36}C\mathcal{E}^2 = \frac{30}{2\cdot 36}C\mathcal{E}^2 = \frac{5}{2\cdot 6}C\mathcal{E}^2 = \frac{5}{12}C\mathcal{E}^2$$

2) р-м цепь в момент сразу после замыкания ключа:

напряжения на конденсаторах скачком не изменятся, а т.к. резистор соединён параллельно с конденсатором C_2, то: $I_R(0)R = U_2 \Rightarrow \boxed{I_R(0) = \dfrac{U_2}{R} = \dfrac{5\mathcal{E}}{6R}}$

чистовик

лист №2

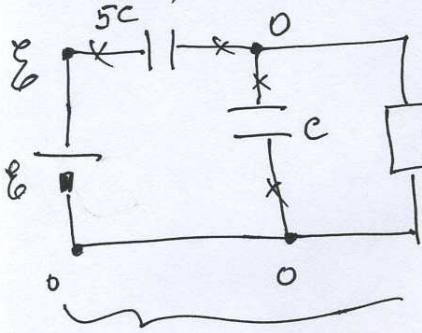
№3 (продолжение)

~~3) р-м цепь в уст режиме~~

т.к. в момент $t=0$ (замык. ключа) напряжение на конденсаторах не изменилось, то не изменилась энергия, запасённая в цепи: $W(0)=W_0=\frac{5C\mathcal{E}^2}{12}$

3) р-м цепь в уст. режиме при замкнутом ключе: $(t=t_{уст})$
напряжения на конденсаторах постоянны ⇒ тока через них нет ⇒ тока нет во всей цепи ⇒
⇒ потенциалы на концах резистора равны ⇒

$U_2(t_{уст})=0$; $U_1(t_{уст})=\mathcal{E}-0=\mathcal{E}$



тогда $W(t_{уст})=\frac{C_1U_1^2(t_{уст})}{2}+\frac{C_2U_2^2(t_{уст})}{2}=$

$=\frac{5C\mathcal{E}^2}{2}$

восп-емся методом узл. потенциалов

р-м левую обкладку конденсатора C_1:

5C
было: $\frac{5C\mathcal{E}}{6}$ +
стал: $5C\mathcal{E}$ +

заряд через источник
$\Delta q=5C\mathcal{E}-\frac{5C\mathcal{E}}{6}=\frac{25C\mathcal{E}}{6}$

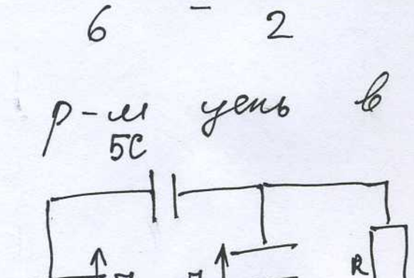
по ЗСЭ от $t=0$ до $t=t_{уст}$:

$$\Delta q\cdot\mathcal{E}=W(t_{уст})-W(0)+Q$$

$$\frac{25C\mathcal{E}^2}{6}=\frac{5C\mathcal{E}^2}{2}-\frac{5C\mathcal{E}^2}{12}+Q \Rightarrow Q=\frac{C\mathcal{E}^2(50-30+5)}{12}=\frac{25C\mathcal{E}^2}{12}$$

4) р-м цепь в некоторый момент τ: $I_{C_2}(\tau)=I_0$

расставим токи



$I+I_0=I_R(\tau)$ (*)

$I_{C_2}=\frac{dq_2}{dt}=\frac{C\,dU_2}{dt}$

$I_{C_1}=\frac{dq_1}{dt}=\frac{5C\,dU_1}{dt}$

U_1 и U_2 – напряжения на конденсаторах 1(5C) и 2(C) соотв.

№3 (продолжение)

из 2 з-на Кирхгофа в любой момент времени:

$U_1 + U_2 = \mathcal{E}$, продифференцируем по времени:

$$\frac{dU_1}{dt} + \frac{dU_2}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dU_1}{dt} = -\frac{dU_2}{dt} \text{ в } \forall t, \text{ тогда}$$

в момент τ:

$$I_{c2}(\tau) = \frac{C\,dU_2}{dt}\Big|_\tau = I_0 \Rightarrow \frac{dU_2}{dt}\Big|_\tau = \frac{I_0}{C}$$

$$I_{c1} = 5C\frac{dU_1}{dt}\Big|_\tau = I \Rightarrow \frac{dU_1}{dt}\Big|_\tau = \frac{I}{5C}$$

получим:

$$\frac{I_0}{C} = -\frac{I}{5C} \Rightarrow I = -5I_0$$, подставим в (*):

знак „–" показывает что I_0 течёт против I, то есть вниз

(*): $-5I_0 + I_0 = I_R(\tau) \Rightarrow I_R(\tau) = -4I_0 = 4\cdot(-I_0) \Rightarrow$

$\Rightarrow \left(|I_R(\tau)| = 4I_0\right.$, направлен вниз$\left.\right)$

Ответ: 1) $I_R(0) = \frac{5\mathcal{E}}{6R}$; 2) $Q = \frac{25C\mathcal{E}^2}{12}$; 3) $I_R(\tau) = 4I_0$ (вниз)

№4

Дано:

B, L

1: $2m$; R

2: $\frac{m}{2}$; $5R$

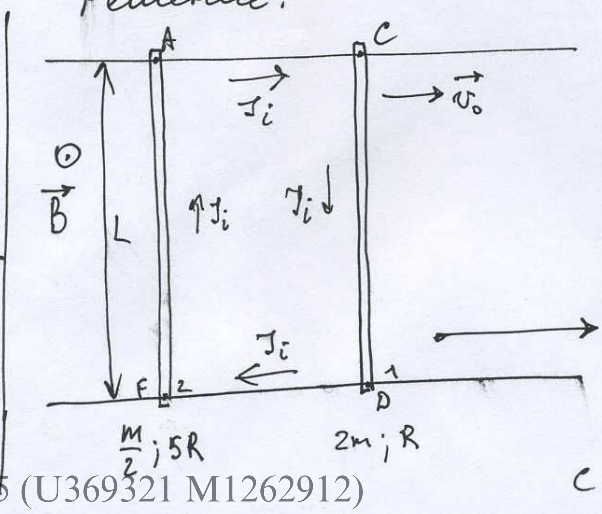
v_0

$a_1(0) = ?$

$U = ?$

$\Delta L = ?$

Решение:



1) в ~~начала~~ начальный момент в 1 перемычке возникает $\mathcal{E}_i(0) = B\cdot v_0 \cdot L$, порождающая I_i, который по з-ну Ома равен:

$$I_i(0) = \frac{\mathcal{E}_i(0)}{R+5R} = \frac{B\cdot v_0 L}{6R}$$

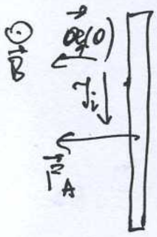
и направлен в соотв. с правилом Ленца, тогда

чистовик

лист №4

№4 (продолжение)

на 1-ую перемычку действует F_A направленная влево и сообщ. перемычке ускорение:



$2m; R$

по 2-му з-ну Ньютона:

$$F_A = 2m\,a_1(0)$$

$$B\cdot \mathcal{I}_i L = 2m\,a_1(0) \Rightarrow a_1(0) = \frac{B\cdot \mathcal{I}_i(0)\,L}{2m}$$

$$\left(a_1(0) = \frac{BL\cdot B\cdot v_0\cdot L}{2m\cdot 6R} = \frac{(BL)^2 v_0}{12mR} \right)$$

2) заметим, что в течение движения левая перемычка разгоняется, а правая тормозится $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ наступит момент, когда их скорости сравняются, в этот момент перестанет меняться поток через контур, огранич. перемычками $\Rightarrow$ исчезнет ток и F_A перестанет действовать $\Rightarrow$ перемычки продолжат двигаться с одинаковыми скоростями, обозначим их за u. при движении на систему вдоль OX действуют только F_A, но они противоположно направлены и равны в $\forall t$ (из-за того, что через перемычки течёт один и тот же ток в $\uparrow\downarrow$ направлении)

значит в $\forall t$ на систему не действуют вдоль OX никаких сил $\Rightarrow$ импульс вдоль OX сохраняется:

$$2mv_0 = \left(\frac{m}{2} + 2m\right)u \Rightarrow \left(u = \frac{2mv_0}{\frac{5}{2}m} = \frac{4v_0}{5} \right)$$

3) р-м произвольный момент времени t, в который скорость 1-ой перемычки v_1, а второй v_2

~~вот~~ $\mathcal{E}_i(t) = B\cdot v_{отн}\cdot L = B(v_1 - v_2)L$

$$\mathcal{I}_i(t) = \frac{B(v_1 - v_2)L}{6R}$$

чистовик

N4 (продолжение)

Запишем 2ЗН для первой перемычки в этот момент:

$$-B\cdot J_1(t)\cdot L = 2m\left.\frac{dv_1}{dt}\right|_t$$

$$-\frac{(BL)^2\overbrace{(v_1-v_2)}^{=v_{отн}(t)}}{6R} = 2m\left.\frac{dv_1}{dt}\right|_t$$

$$-\frac{(BL)^2}{6R}\underbrace{v_{отн}(t)\,dt}_{dS} = 2m\,dv_1$$

$dS \to$ малое смещение 1-ой перемычки отн-но второй

интегрируя от начала движения, до момента установления скоростей:

$$-\frac{(BL)^2}{6R}\Delta L = 2m(U - v_0) \Rightarrow \left(\Delta L = -\frac{12mR\left(\frac{4}{5}v_0 - v_0\right)}{(BL)^2} = \frac{12mRv_0}{5(BL)^2}\right)$$

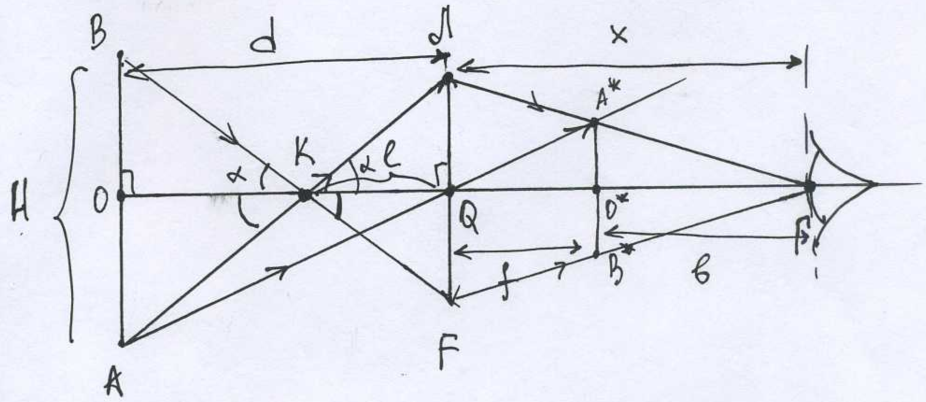
Ответ: 1) $a_1(0) = \frac{(BL)^2 v_0}{12mR}$; 2) $U = \frac{4v_0}{5}$; 3) увеличилось на $\Delta L = \frac{12mRv_0}{5(BL)^2}$

N5

Дано:
собир. Л $F = 24$ см
$H = 9$ см $= AB$
$d = 96$ см
$b = 24$ см

$x = ?$
$D_m = ?$
$l = ?$

Решение:



1) ~~где~~ f - расстояние от линзы до изображения циферблата, тогда по ф-ле тонкой линзы:

чистовик

N5 (продолжение)

Л-собир; $d > f$: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{dF}$

$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{96 \cdot 24}{96-24}$ см $= 32$ см

т.к. по условию глаз аккомодирован на расстояние b, то расстояние м/у глазом и изображением равно b, тогда:

$X = f + b = 32$ см $+ 24$ см $= 56$ см.

2) при $D = D_m$ луч АЛ преломившись в верхнем „крае" линзы попадет прямо в точку Г, тогда из подобия:

$\frac{A^*O^*}{D_m} = \frac{b}{X}$

поперечное увеличение

$\Gamma = \frac{A^*O^*}{BO} = \frac{f}{d} \Rightarrow A^*O^* = \frac{f}{d} BO = \frac{f}{d} \cdot \frac{H}{2}$, тогда $\left(D_m = \frac{X \cdot f \cdot H}{2d \cdot b} = \right.$

$\left. = \frac{56 \cdot 32 \cdot 9}{2 \cdot 96 \cdot 24} \text{ см} = 3{,}5 \text{ см} \right)$

3) человек не увидит ни одной детали изображения, если небольшой непрозрачный экран поместить в точку К (см. рисунок)

в силу симметрии $\angle BKO = \angle ЛКГ = \alpha$, тогда $\Delta BKO \sim \Delta ЛKQ$ и:

$\frac{OK}{KQ} = \frac{BO}{ЛQ}$, где: $KQ = l$; $BO = \frac{H}{2}$; $OK = d - l$; $ЛQ = D_m$, получим:

$\frac{d-l}{l} = \frac{H}{2D_m}$, подставим числа, всё в [см]:

$\frac{96-l}{l} = \frac{9}{7} \Rightarrow$ $7 \cdot 96 - 7l = 9l$; $7 \cdot 96 = 16l \Rightarrow l = \frac{7 \cdot 96}{16} = 42$ см

Ответ: 1) $X = 56$ см; 2) $D_m = \frac{7}{2} = 3{,}5$ см; 4) на расстоянии $l = 42$ см слева от линзы м/у циферблатом и линзой.