Часть 1

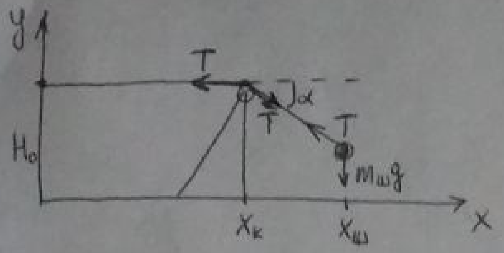
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200311**

ID профиля: **107384**

Вариант 4

Чистовик. Лист 1.

① 

Обозначим $x_к, x_ш, y_ш$ – положение клина и шара, T – сила натяжения нити.

1) Запишем II з. Ньютона для клина в гориз. направлении:

$a_к = -\frac{T}{m_к}(1-\cos\alpha)$

2) Запишем кинематическую связь: нерастяжимость нити:

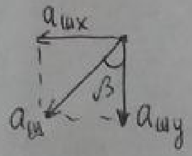
$x_к + \frac{x_ш - x_к}{\cos\alpha} = l \xrightarrow{\text{2-я произв. по } t} a_к + \frac{a_{шx} - a_к}{\cos\alpha} = 0 \rightarrow a_{шx} = a_к(1-\cos\alpha) = -\frac{T}{m_к}(1-\cos\alpha)^2$

Но с др. стороны $a_{шx} = -\frac{T\cos\alpha}{m_ш}$ (II з. Ньютона для шарика), поэтому

$-\frac{T\cos\alpha}{m_ш} = -\frac{T}{m_к}(1-\cos\alpha)^2 \rightarrow \frac{m_ш}{m_к} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)^2} = \frac{8/17}{(9/17)^2} = \frac{8\cdot 17}{81} = \frac{136}{81}$

3)  Снова запишем усл. кинематической связи, но теперь для $y_ш$:

$x_к + \frac{(-y_ш + H_0)}{\sin\alpha} = l \longrightarrow a_к - \frac{a_{шy}}{\sin\alpha} = 0 \rightarrow a_{шy} = a_к \sin\alpha.$



Найдем β: $\quad \operatorname{tg}\beta = \frac{|a_{шx}|}{|a_{шy}|} = \frac{|a_к|(1-\cos\alpha)}{|a_к|\sin\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}} = \frac{9/17}{15/17} = \frac{9}{15} = \frac{3}{5}$

4) Найдем время t через формулы для равноуск. движения.

Зам., что из II з. Ньютона на ось y $\quad m_ш|a_{шy}| = m_ш g - T\sin\alpha = m_ш|a_к|\sin\alpha = \frac{m_ш}{m_к}T(1-\cos\alpha)\sin\alpha =$

$= \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)^2}T(1-\cos\alpha)\sin\alpha = T\frac{\sin\alpha\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$

Поэтому $m_ш g = T\sin\alpha\left(1 + \frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha}\right) = T\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha} \rightarrow T = m_ш g\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$

Тогда $|a_{шy}| = \frac{T\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{m_ш(1-\cos\alpha)} = g\cos\alpha$

След-но, $t = \sqrt{\frac{2H}{|a_{шy}|}} = \sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}}$.

Ответ: 1) $\operatorname{tg}\beta = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{3}{5}$; 2) $|a_к| = \frac{T}{m_к}(1-\cos\alpha) = g\frac{m_ш}{m_к}\frac{(1-\cos\alpha)^2}{\sin\alpha} = \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{8}{15}g$

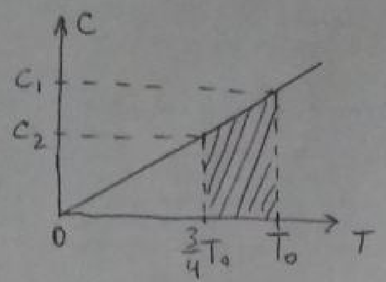
3) $\frac{m_ш}{m_к} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)^2} = \frac{136}{81}$; 4) $t = \sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}}$

21200311 (U107384 M1264377)

Чистовик. Лист 2.

(2) 1) Количество теплоты определяется теплоёмкостью: $\Delta Q = C(T)\nu\Delta T$

Поэтому Q_1 есть площадь под графиком $C(T)$, умнож. на ν.



$C_1 = C(T_0) = \frac{9R}{5}$, $C_2 = C\left(\frac{3}{4}T_0\right) = \frac{3}{4}\cdot\frac{9R}{5} = \frac{27}{20}R$

$Q_1 = \nu\cdot\frac{1}{2}(C_1+C_2)\cdot\frac{T_0}{4} = \nu\frac{T_0}{8}\cdot\frac{36+27}{20}R = \frac{63}{160}\nu R T_0$

2) Согласно II началу ТД, работа равна $\Delta A = \Delta Q - \Delta U = \frac{9}{5}\frac{\nu R}{T_0}T - \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

Если темп. изменилась от T_0 до T, то Q снова есть площадь под графиком $C(T)$ со знаком минус и умнож. на ν: $Q = -\frac{\nu}{2}\left(\frac{9R}{5} + \frac{9R}{5}\frac{T}{T_0}\right)(T_0 - T) =$

$= -\frac{9\nu R}{10T_0}(T_0^2 - T^2)$; а ΔU просто равно $\frac{3}{2}\nu R(T - T_0)$

Итак, $A = \frac{9\nu R}{10T_0}(T^2 - T_0^2) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0)$

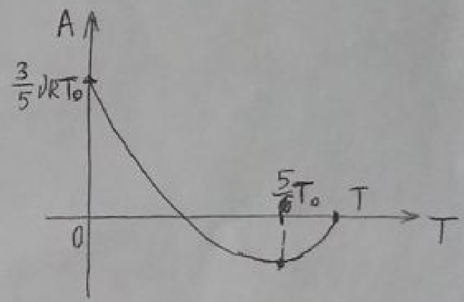


График $A(T)$ – парабола, ветви вверх, вершина в т.

$T^* = \frac{\frac{3}{2}\nu R}{2\frac{9\nu R}{10T_0}} = \frac{3}{2}\cdot\frac{5}{9}T_0 = \frac{5}{6}T_0$

3) Минимальная работа $A_{мин} = A(T^*) = \frac{9\nu R}{10T_0}\left(\frac{25}{36} - 1\right)T_0^2 + \frac{3}{2}\nu R\cdot\frac{T_0}{6} =$

$= \left(-\frac{9}{10}\cdot\frac{11}{36} + \frac{1}{4}\right)\nu R T_0 = \left(-\frac{11}{40} + \frac{1}{4}\right)\nu R T_0 = -\frac{1}{40}\nu R T_0$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{63}{160}\nu R T_0$; 2) до $T^* = \frac{5}{6}T_0$; 3) $A_{мин} = -\frac{1}{40}\nu R T_0$

Часть 2

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

Шифр: **21200311**

ID профиля: **107384**

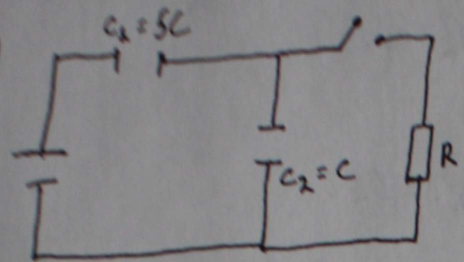
Вариант 4

Лист 2
Часть 2

Чистовик

Задача 3

1)



До замыкания ключа конденсаторы зарядята так, что $\mathcal{E}=\dfrac{q_1}{5C}+\dfrac{q_2}{C}$; $q_1=q_2$

поэтому $q_1(0)=q_2(0)=\dfrac{5}{6}C\mathcal{E}$

В момент замыкания ключа $U_R=U_{C_2}=\dfrac{q_2(0)}{C}=\dfrac{5}{6}\mathcal{E}\Rightarrow I_R=\dfrac{U_R}{R}=\dfrac{5}{6}\dfrac{\mathcal{E}}{R}$

2) В установившема режиме $I_R=0\Rightarrow U_R=U_{C_2}=0\Rightarrow q_2=0\Rightarrow\mathcal{E}=\dfrac{q_1}{5C}$;

$q_1=5C\mathcal{E}$. Работа источника равна $A=\mathcal{E}\cdot q=\mathcal{E}(q_1(\infty)-q_1(0))$

$A=5C\mathcal{E}^2-\dfrac{5}{6}C\mathcal{E}^2=\dfrac{25}{6}C\mathcal{E}^2$

Из ЗСЭ: $\dfrac{q_1^2(0)}{10C}+\dfrac{q_2^2(0)}{2C}+A=\dfrac{q_1^2(\infty)}{10C}+Q_R$

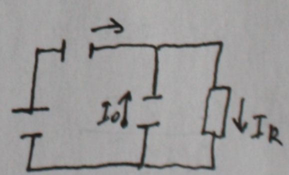
$$Q_R=\left(\frac{25}{10\cdot 36}+\frac{25}{2\cdot 36}+\frac{25}{6}-\frac{25}{10}\right)C\mathcal{E}^2=\left(\frac{25}{2\cdot 36}\cdot\frac{5}{6}+\frac{25\cdot 2}{6\cdot 5}\right)C\mathcal{E}^2=\left(\frac{5}{12}+\frac{5}{3}\right)C\mathcal{E}^2=\frac{25}{12}C\mathcal{E}^2$$

3) В произвольнй момент времени $\mathcal{E}=\dfrac{q_1}{5C}+\dfrac{q_2}{C}\Rightarrow\dfrac{\Delta q_1}{\Delta t}=-5\dfrac{\Delta q_2}{\Delta t}$

Из закона Ома для правого контура $\dfrac{q_2}{C}=I_R R$

сумма токов для узла: $\dfrac{\Delta q_1}{\Delta t}=\dfrac{\Delta q_2}{\Delta t}+I_R=\dfrac{\Delta q_2}{\Delta t}+\dfrac{q_2}{RC}$

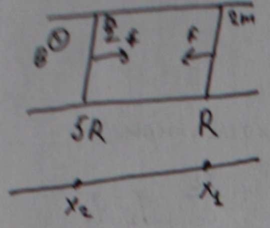
тогда $-6\dfrac{\Delta q_2}{\Delta t}=\dfrac{q_2}{RC}\Rightarrow -6I_{C_2}=I_R$



Поэтому когда $I_{C_2}=I_0$; то $I_R=-6I_0$

Ответ: 1) $I_R(0)=\dfrac{5}{6}\dfrac{\mathcal{E}}{R}$; 2) $Q_R=\dfrac{25}{12}C\mathcal{E}^2$; 3) $|I_R|=6I_0$

Лист 2
Задача 4



Чистовик

1) При движение перемычек со скоростями v_1 и v_2 возникает ЭДС индукции

$$|\mathcal{E}_{i}| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B\frac{\Delta S}{\Delta t} = BL(v_1 - v_2)$$

при $t=0$ $v_1(0) = v_0$; $v_2(0) = 0$, поэтому $\mathcal{E}_{стр}(0) = BLv_0$

Эта сила будет ускорять 2-ю перемычку и тормозить первую

Запишем II-з. Ньютона $2ma_1 = -\frac{(BL)^2}{6R}(v_1 - v_2)$

$$\frac{m}{2}a_2 = \frac{(BL)^2}{6R}(v_1 - v_2) \ |\cdot 4$$

$$2m(a_1 - a_2) = -\frac{5}{6}\frac{(BL)^2}{R}(v_1 - v_2)$$, но $a_1 - a_2 = \frac{\Delta(v_1 - v_2)}{\Delta t}$

поэтому $\frac{\Delta(v_1 - v_2)}{v_1 - v_2} = \frac{5(BL)^2}{12mR}\Delta t \Rightarrow (v_1 - v_2)(t) = v_0 \exp\left(-\frac{5(BL)^2}{12mR}t\right)$

при этом $a_1(0) = -\frac{(BL)^2}{12mR}(v_1(0) - v_2(0)) = -\frac{(BL)^2}{12mR}v_0$; $a_2(0) = \frac{(BL)^2}{3mR}v_0$

2) $2m\frac{\Delta v_1}{\Delta t} = \frac{(BL)^2}{6R}(v_1 - v_2) = -\frac{(BL)^2}{6R}v_0 \exp\left(-\frac{5(BL)^2}{12mR}t\right)\Delta t = v_0 - \frac{v_0}{5}\exp\left(-\frac{5(BL)^2}{12mR}t\right) \xrightarrow[t=\infty]{}$

$\xrightarrow[t=\infty]{} v_0 - \frac{v_0}{5} = \frac{4}{5}v_0$. При $t \to \infty$ $v_1 - v_2 \to 0$; поэтому $v_2(\infty) = v_1(\infty) = \frac{4}{5}v_0$

3) Если $S(t)$ – расстояние между перемычками, то $\frac{\Delta S}{\Delta t} = v_1 - v_2 = v_0 \exp\left(-\frac{5(BL)^2}{12mR}t\right)$

поэтому $S(t) = S(0) + \int_0^t v_0 \exp\left(-\frac{5(BL)^2}{12mR}t\right)dt = S(0) + \frac{12mRv_0}{5(BL)^2}\exp\left(-\frac{5(BL)^2}{12mR}t\right) \xrightarrow[t\to\infty]{}$

$\xrightarrow[t\to\infty]{} S(0) + \frac{12mRv_0}{5(BL)^2}$

Ответ: 1) $a_1(0) = -\frac{(BL)^2}{12mR}v_0$; $a_2(0) = \frac{(BL)^2}{3mR}v_0$;

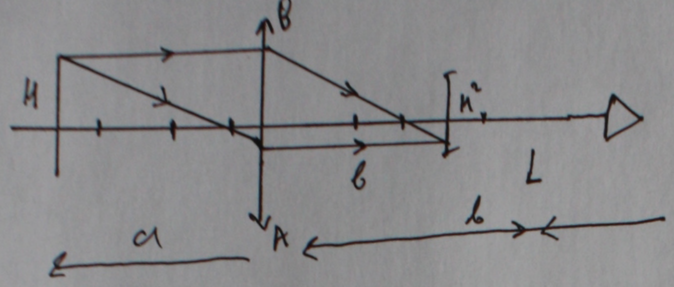
2) $v_1(\infty) = v_2(\infty) = \frac{4}{5}v_0$

3) $S(\infty) - S(0) = \frac{12mRv_0}{5(BL)^2}$

Лист 3

Чистовик

Задача 5



1) По формуле тонкой линзы

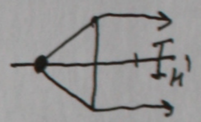
$$\frac{1}{F}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b} \Rightarrow b=\frac{aF}{a-F}$$

Тогда $x = b+L = \frac{aF}{a-F}+L = \frac{96\cdot 24}{96-24}+24 =$

$= \frac{96}{3}+24 = 56$ см

2) Диаметр линзы, как видно из рисунка, должен быть равен размеру изображения: $D_л = H' =$ Но из формулы увеличения линзы $\frac{H'}{H}=\frac{b}{a}$

получаем $H' = D_л = \frac{b}{a}H = \frac{HF}{a-F} = \frac{9\cdot 24}{72} = 3\cdot 9 = 27$ см



3) Экран следует расположить в точке левого фокуса.

Тогда его изображением будет чёрный экран во всей области справа от линзы. А т.к размер линзы $\geq H'$, то он полностью закроет изображения предмета H'

Ответ: 1) 56 см ; 2) 27 см ; 3) описан выше

① черновик

Дано:

$C_2 = C$

$C_1 = 5C$

I – после замыкания

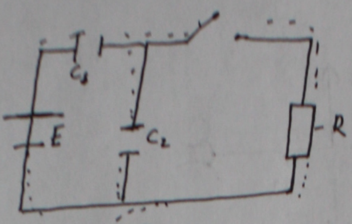
Q – ?

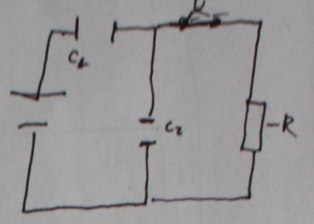
I, когда I через E = I_0

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

$I = C$

Решение:





$I = I_1 + I_2$

$I = \frac{U}{R}$

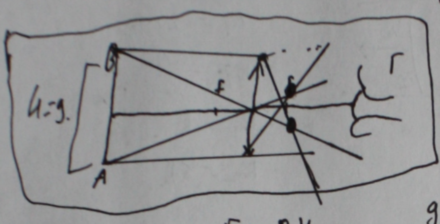
$R_{общ.} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$I = \frac{C}{R}$

$C_2 = C$

$C_2 = 0_0$

$C_2 = I_0$



$\varepsilon = \frac{q_1}{5C}$

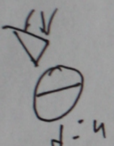
$f = 24$

$F = 24$

$f = 96$

$\frac{96}{24} = 4$

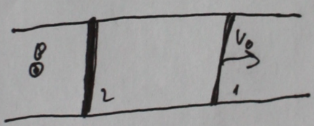
$q_1(0) = q_2(0)$



$S = \int_0^1 x^2 dx = \frac{x^3}{3}\Big|_0^1 = \left(\frac{1}{3} - 0\right) - 0 = \frac{1}{3}$.

$I = \frac{C_{общ}}{U_{общ}}$.

$I =$



$\frac{25}{360} + \frac{25}{72} + \frac{25}{6}$

Дано:

L;

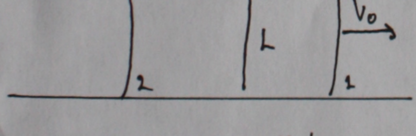
$1 = 2m$

R

$2 = \frac{m}{2}$

$R = 5R$

$R = 5R$



$IBL\sin\alpha$ $\sin\alpha = 1$

$F_A = IBL$

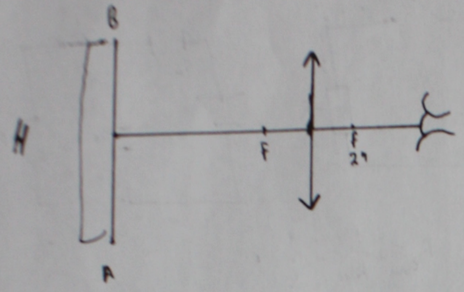
$1.m = 2m$

$m = \frac{m}{2}$

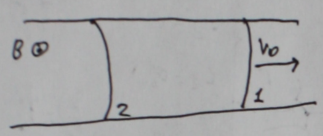
$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2m}{\frac{m}{2}} = 2m \cdot \frac{2}{m} = \frac{4m}{m} = 4$

2

Черновик



$f = 24$



L

$m_1 = 2m$

$m_2 = \frac{m}{2}$

$R_1 = R$

$R_2 = 5R$