Часть 1

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

Шифр: **21201601**

ID профиля: **801902**

Вариант 2

чистовик

$\ddot{y} = -\sin\alpha\, \ddot{x}_{кл}$

$\ddot{x}_{ш} = \ddot{x}_{кл} - \dfrac{\sin\alpha \cdot \ddot{x}_{кл}}{tg\alpha} =$

$= \ddot{x}_{кл}(1-\cos\alpha).$

лист 6

$$\begin{cases} -m_{ш}\cdot\sin\alpha\cdot\ddot{x}_{кл} = m_{ш}\cdot g - T\sin\alpha \\ m_{ш}\cdot\ddot{x}_{кл}(1-\cos\alpha) = -T\cos\alpha \\ m_{кл}\cdot\ddot{x}_{кл} = -T(1-\cos\alpha) \end{cases}$$

Пусть $k = \dfrac{m_{ш}}{m_{кл}}$ - отношен. масс.

$m_{кл}\cdot\ddot{x}_{кл} = -T(1-\cos\alpha).$

$$\begin{cases} m_{ш}(g + \ddot{x}_{кл}\sin\alpha) = T\sin\alpha & \text{I} \\ m_{ш}\cdot\ddot{x}_{кл}(1-\cos\alpha) = -T\cos\alpha & \text{II} \\ m_{кл}\cdot\ddot{x}_{кл} = -T(1-\cos\alpha). & \text{III} \end{cases}$$

I : III $\begin{cases} k\dfrac{g + \ddot{x}_{кл}\cdot\sin\alpha}{\ddot{x}_{кл}} = \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha - 1} \\ k(1-\cos\alpha) = \dfrac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} \end{cases} \Rightarrow$

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

пункт 3.

1) $tg\varphi = \frac{1}{3}$

$$k = \frac{\frac{4}{5}}{\left(\frac{1}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}\cdot 25 = 20$$

Ответ: $k = 20$

(2) пункт. Задача 1. Чистовик.

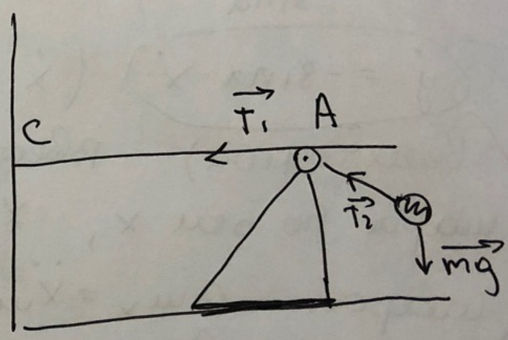
лист (5)

$a_{клина}$ - ?

т.к нить невесомая и нерастяжима, натяж. во всех её точках одинаковое, это значит, что на блок влево и вправо действуют одинаковые по модулю силы $\vec{T_1}$ и $\vec{T_2}$, на шарик, в свою очередь действует такая же по модулю сила $\vec{T_3} = -\vec{T_2}$

Пусть $m_м$ - масса шарика, $m_{кл}$ - масса клина. Запишем второй закон Ньютона для них.

$$\left.\begin{aligned} m_ш \cdot \vec{a_ш} &= m_м \cdot \vec{g} + \vec{T_3} \\ m_{кл} \cdot \vec{a_{кл}} &= \vec{T_1} + \vec{T_2} \end{aligned}\right| \Rightarrow$$



$$\Rightarrow \begin{cases} m_ш \cdot \ddot{y} = m_ш \cdot g - T_3 \cdot \sin\alpha \\ m_ш \cdot \ddot{x}_м = -T_3 \cos\alpha \\ m_{кл} \ddot{x}_{кл} = -T_1 + T_2 \cos\alpha \end{cases} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ (Мы преобр. $x \to x_{кл}$, потому что теперь это выглядит понятнее).

$$T_1 = T_2 = T_3 = T.$$

$$\begin{cases} \cancel{T_1 = T_2 = T_3} \quad m_ш \cdot \ddot{y} = m_м \cdot g - T\sin\alpha \\ m_ш \cdot \ddot{x}_м = -T\cos\alpha \\ m_{кл} \ddot{x}_{кл} = -T(1-\cos\alpha) \\ \ddot{x}_ш = \ddot{x}_{кл} + \dfrac{\ddot{y}}{\operatorname{tg}\alpha} \\ \ddot{y} = -\sin\alpha \cdot \ddot{x}_{кл} \end{cases}$$

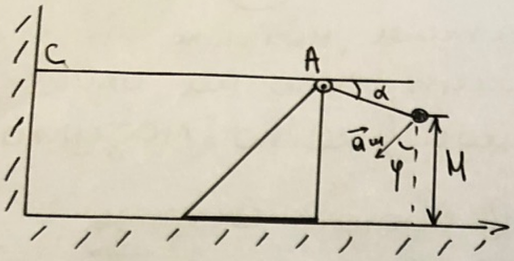
из прошлого пункта.

$\ddot{y} = -\sin\alpha \cdot \ddot{x}_{кл}$ - из прошлого пункта.

Вариант 11-02. Чистовик

Задача №1.

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$



Дано: $\cos\alpha = \frac{4}{5}$, H

φ - ?

① пункт.

лист ④

y Введем координ. x - расстояние от точки A до стенки, и координ. y - высоту, на котор. шарик опущен относ. точки A, тогда длина нити $l = x + \frac{y}{\sin\alpha}$; Нить нерастяжима $\Rightarrow \dot{l} = 0 \Rightarrow$

$\dot{y} = -\sin\alpha \cdot \dot{x}$ ($\dot{x}$ - в этом процессе будет отдельн. величиной). Введем координ. $x_ш$ - координ. шара по оси x, $x_ш = x + \frac{y}{\operatorname{tg}\alpha}$. $\vec{a}_ш$ - ускорен. шара. $\left.\begin{matrix} a_{шx} = \ddot{x}_ш \\ a_{шy} = \ddot{y} \end{matrix}\right\}$ проекции ускор. на оси.

$\ddot{y} = -\sin\alpha \cdot \ddot{x}$. $\quad \ddot{x}_ш = \ddot{x} + \frac{\ddot{y}}{\operatorname{tg}\alpha}$

$$\ddot{x} = \frac{-\ddot{y}}{\sin\alpha} + \frac{\ddot{y}}{\operatorname{tg}\alpha} = \ddot{y}\left(\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} - \frac{1}{\sin\alpha}\right). \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{|\ddot{x}_ш|}{|\ddot{y}|} = \left|\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} - \frac{1}{\sin\alpha}\right| \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \left|\frac{4}{3} - \frac{5}{3}\right| = \frac{1}{3}$$

$\boxed{\begin{matrix}\cos\alpha = \frac{4}{5} \\ \sin\alpha = \frac{3}{5} \\ \operatorname{tg}\alpha = \frac{3}{4}\end{matrix}}$

$\ddot{x}_ш < 0 \Rightarrow$ угол φ откладыв. „влево" от вертикали.

$\operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{3}$

21201601 (U801902 M1266858)

③ A_{min} - ? Вариант 11-02. (Задача №2, пункт ③). Чистовик.

Чтобы найти A_{min} просто подставим T^* в формулу работы второго пункта.

$$A_{min} = A(T^*) = \frac{5}{4}\nu R\frac{T^{*2}-T_0^2}{T_0} - \frac{3}{2}\nu R(T^* - T_0) =$$

$$= \frac{5}{4}\nu R\frac{\frac{9}{25}T_0^2 - T_0^2}{\cancel{T_0}} - \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{3}{5}T_0 - T_0\right) =$$

$$= -\frac{5}{4}\nu R\frac{16}{25}T_0 + \frac{3}{2}\nu R\frac{2}{5}T_0 =$$

лист ③

$$= \nu RT_0\left(-\frac{4}{5}+\frac{3}{5}\right) = -\frac{1}{5}\nu RT_0$$

Ответ: 1) $Q = \frac{15}{16}\nu RT_0$

2) $T^* = \frac{3}{5}T_0$

3) $A_{min} = -\frac{1}{5}\nu RT_0$

② $T - ?$, $A = A_{min}$. Вариант 11-02. (Задача N 2, пункт ②).

Чистовик.

Запишем первое начало термодинамики: $\delta Q = dE + \delta A$.

Гелий - однородный газ, поэтому внутр. энергия E для него вычисл. по формуле $E = \frac{3}{2}\nu R T$. Из первого пункта $Q = \nu(T - T_0)\cdot\frac{C(T_0)+C(T)}{2}$ - в отлич. от Q_1 в первом пункте, $Q<0$, чтобы было удобно применять известные законы, т.е это кол-во теплоты, передан. газу.

ЛИСТ 2

$$C(T_0)+C(T) = \frac{5}{2}R\frac{1}{T_0}(T+T_0)$$

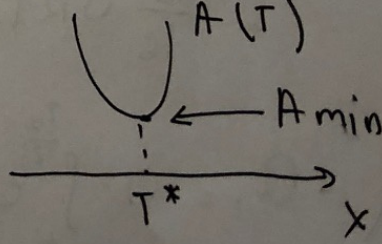
$$Q = \nu(T-T_0)\cdot\frac{5}{4}R\frac{T+T_0}{T_0} = \frac{5}{4}\nu R\frac{T^2-T_0^2}{T_0}$$

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

$$A = Q - \Delta E = \frac{5}{4}R\nu\frac{T^2-T_0^2}{T_0} - \frac{3}{2}\nu R(T-T_0) -$$

квадр-ая функция от T - параб, ветви вверх. Чтобы найти координату параболы

$$y = ax^2+bx+c \rightarrow x_{min} = \frac{-b}{2a}$$



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

$$T^* = \frac{\frac{3}{2}\nu R}{\frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}} = \frac{3}{5}T_0.$$

Вариант 11-02. Чистовик.

Задача №2. $C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$

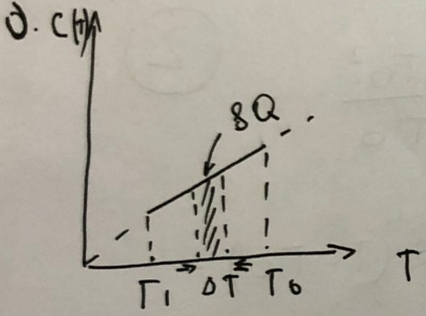
Дано: $\nu, T_0, C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$

① Охлаждается от T_0 до $\frac{1}{2} T_0$, сколько теплоты Q_1 отдаст?

Лист 1

$\cancel{c = \frac{\delta Q}{dT} \cdot \frac{1}{\nu}}$ $\quad C = \frac{\delta Q}{dT} \cdot \frac{1}{\nu}$ – определение молярной теплоёмкости.

При уменьшении температуры на малое значение T газ отдает количество теплоты $\delta Q = \nu \cdot \Delta T \cdot C(T)$, котор. равно площади заштрихов. прямоугольника на рисунке.



Таким образом, Q будет равно площади трапеции, образов. графиком. $C(T)$ между T_1 и T_0, т.е

$$Q = \nu (T_0 - T_1) \cdot \frac{C(T_0) + C(T_1)}{2} =$$

$$= \nu \cdot \left(T_0 - \frac{T_0}{2}\right) \cdot \frac{\frac{5}{2}R + \frac{5}{4}R}{2} = \nu \cdot \frac{1}{2} T_0 \cdot \frac{15}{8} R =$$

$$= \frac{15}{16} \nu R T_0.$$

$$\left(-Q_1 = \nu \cdot \int_{T_0}^{\frac{T_0}{2}} C(T)\,dT = \frac{5}{2} \nu R \cdot \frac{1}{T_0} \cdot \int_{T_0}^{\frac{T_0}{2}} T\,dT = \right.$$

$$= \frac{5}{2} \nu R \, \frac{\frac{T_0^2}{4} - T_0^2}{2 T_0} = -\frac{15}{16} \nu R T_0$$ – если другими словами).

$$Q = \frac{15}{16} \nu R T_0$$

Часть 2

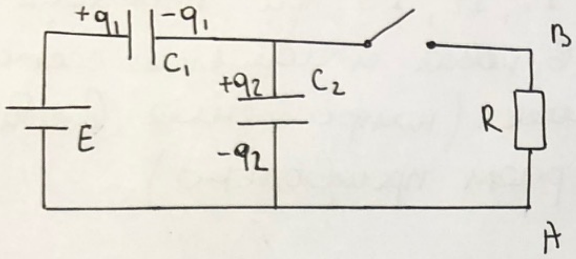
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21201601**

ID профиля: **801902**

Вариант 2

Задача N 3. Вариант. 11-02. Чистовик.



$C_2 = C$, $C_1 = 3C$.

① конденсаторы изначально незаряжены. До замыкания ключа режим установился.

I - ток после замыкания?

Пусть до замыкание ключа конденсат. зарядились зарядами q_1 и q_2. Из закона сохран. заряда. $q_1 = q_2$ $(+q_2 + (-q_1) = 0$. - в проводнике между конденсаторами. заряды не рождаются и не исчезают. Таким образом напряж. на конденсат. перед замыканием

пусть $q = q_1 = q_2$

$$\left.\begin{array}{l} U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{q}{3C} \\ U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{q}{C} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

По II правилу Кирхгофа $E = U_1 + U_2$

$\Rightarrow U_1 = \frac{1}{4}E$, $U_2 = \frac{3}{4}E$ После замыкания ключа разность ~~[illegible]~~ потенциалов ~~[illegible]~~ между точками A и B

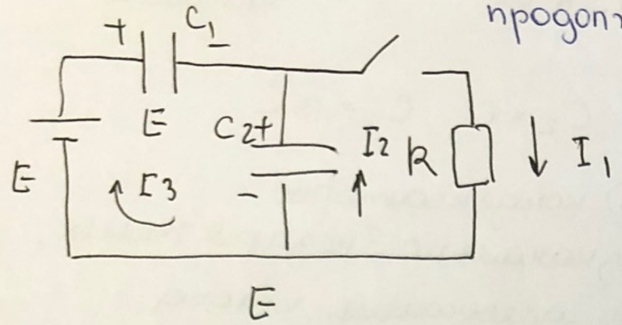
$\Delta \cancel{\varphi} U_{AB} = U_2 = \frac{3}{4}E \Rightarrow I = \frac{U_2}{R}$

$$\boxed{I = \frac{3}{4}\frac{E}{R}}$$

лист. 1

② Q - количество теплоты после замык. ключа. После замыкания ключа цепь переходит в состояние, когда C_2 не заряжен, а напряжение на первом конденсаторе $U_1 = E$. Т.е конденсатор N_2 разряжается через резистор, а первый конденсатор заряжается от ключа E

21201601 (U801902 M1266859)



продолж. пункта 2, задач. 3 чистовик.

Обознач. токи в элементах I_1, I_2, I_3 при переходе в новое стабильное состояние. (направление выбираем произвольно).

$I_1 = I_2 + I_3$ - 1-ое правило Кирхгофа

$P = I_1 \cdot U_R$ - формула Джоуля-Ленца для тепла на резисторе.

$$Q = \int p\, dt$$

$U_R = U_2 = \frac{q_2}{C}$ $\quad I_2 = -\dot{q}_2$ (так выбр. направл. тока)

$I_3 = \dot{q}_1 \Rightarrow I = \dot{q}_1 - \dot{q}_2$

$p = (\dot{q}_1 - \dot{q}_2) \cdot \frac{q_2}{C}$

лист. 2

Используя ЗСЭ: $W_1 = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2}$

$W_2 = \frac{C_2 \cdot U_2^2}{2}$ - энергия конденсат.

$W_1^0 = \frac{3C \cdot \frac{1}{16} E^2}{2}$; $W_2^0 = \frac{C \frac{9}{16} E^2}{2}$;

$W_1^k = \frac{3C \cdot E^2}{2}$; $W_2^k = 0$.

$$W_1^0 + W_2^0 + E \cdot \Delta q = W_1^k + W_2^k + Q,$$

где Δq - заряд, прошедший через батарею.

Найдем Δq: это заряд, который потребуется чтобы дозарядить конденсатор C_1 с напряжением $\frac{1}{4}E$ до напряжения E, т.к. $\Delta q = C_1 \cdot \frac{3}{4}E = \frac{9}{4}CE$

$$W_1^0 + W_2^0 + E\Delta q = W_1^k + W_2^k + Q$$

$$\frac{3}{32}CE^2 + \frac{9}{32}CE^2 + \frac{9}{4}CE^2 = \frac{3}{2}CE^2 + Q$$

Вариант. ...

продолж. пункта 2.

чистовик

$$\frac{\cancel{1}2^3}{32} CE^2 + \frac{9}{4}CE^2 - \frac{3}{2}CE^2 = Q$$

$$Q = CE^2\left(\frac{3+18-12}{8}\right) = \frac{9}{8}CE^2$$

$$\boxed{Q = \frac{9}{8}CE^2.}$$

3 пункт.

$U_R - ?$ $I_2 = I_0$.

лист 3

В любой момент времени $U_1 + U_2 = E$

$$U_1 = \frac{q_1}{3C}; \quad U_2 = \frac{q_2}{C}$$

$$\frac{q_1}{3C} + \frac{q_2}{C} = E \quad \Big| \frac{d}{dt}$$

$$\frac{\dot{q}_1}{3C} + \frac{\dot{q}_2}{C} = 0$$

$$\dot{q}_1 = -3\dot{q}_2$$

$$I_3 = 3I_2$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4I_2$$

$$U_R = I_1 \cdot R = 4I_2 \cdot R = \boxed{4I_0 \cdot R}$$

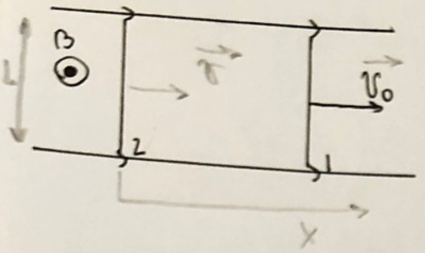
Ответ: 1) $I = \frac{3}{4}\frac{E}{R}$

2) $Q = \frac{9}{8}CE^2$

3) $U_R = 4I_0R$

21201601 (U801902 M1266859)

Задача N 4   Вариант. 11-02.   Чистовик.



① пункт

a_2 - ?

В начальн. момент времени

$\frac{m}{2} a_2 = F_A$; $F_A = I_2 \cdot B \cdot L$

Закон Фарадея: $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$, где Φ - магнитный поток. $\Phi = B \cdot S$, пусть x - расстояние между перемычками $\Phi = B \cdot L \cdot x$; $\mathcal{E} = -BL\frac{dx}{dt} = -BL \cdot v_0$, Сопротивление контура

$R_{общ} = R + 4R = 5R$; $I_2 = \frac{BLv_0}{5R}$;

$\frac{m}{2} a_2 = \frac{BLv_0}{5R} \cdot BL = \frac{B^2 L^2 v_0}{5R}$;

$$\boxed{a_2 = \frac{2B^2L^2v_0}{5mR}}$$

лист 4

② пункт.

Пусть прошло много времени и скорость перемычек установ. => $a_1 = a_2 = 0$, $F_A = 0 \Rightarrow I_{1,2} = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = 0 \Rightarrow$ $\Phi = const = x = const \Rightarrow V_1 = V_2$, $V = V_1 = V_2$. Через перемычк в любой момент времени течет одинак. ток =>

$I_1 = I_2 = \frac{\mathcal{E}}{5R} = I$. На обе перем. действ. один. сила

$F_A = IBL = \frac{\mathcal{E}}{5R} BL = \frac{1}{5R}(BL)^2 \frac{dx}{dt}$, где $\frac{dx}{dt} = V_1 - V_2$ - относит. скорость движен. перем.

$F_A = \frac{V_1 - V_2}{5R}(BL)^2$

a_1 - напр влево

a_2 - вправо.

$a_1 = \frac{V_1 - V_2}{5Rm}(BL)^2$; $a_2 = \frac{V_1 - V_2}{5R\frac{m}{2}}(BL)^2$

$a_2 = 2a_1$

$a_1 = k(V_1 - V_2)$, $a_2 = 2k(V_1 - V_2)$, k - коэф

$a_1 = -\dot{V}_1$, $a_2 = \dot{V}_2$

Задача

$V = \int_0^T a_2 dt$; $V_0 - V = \int_0^T a_1 dt$ чистовик

чисто

нк.

$V = 2\int_0^T k(V_1 - V_2)dt$; $V_0 - V =$

$= \int k(V_1 - V_2)dt$; $V = 2(V_0 - V)$

$\rightarrow \boxed{V = \frac{2}{3}V_0}$ Насколько увелич. x – ?

3 пункт

(3) $x = x_0 + \int_0^T (V_1 - V_2)dt$, Δx – ?

лист (5)

$V = \frac{2}{3}V_0 = 2\int_0^T k(V_1 - V_2)dt$ T - промеж. времени.

$$\Delta x = \frac{V}{2k} = \frac{V_0}{3k}$$

$$k = \frac{(BL)^2}{5Rm}$$

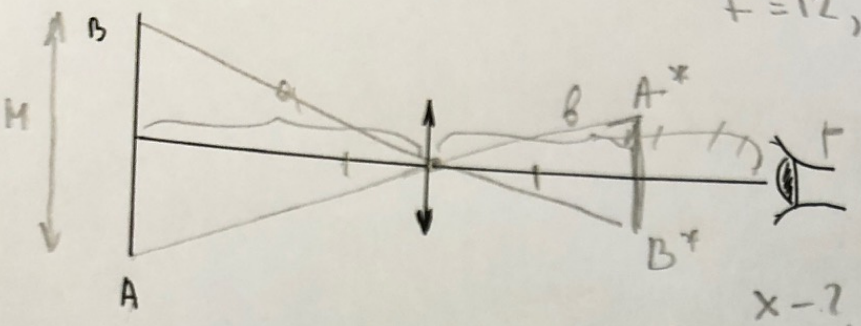
$$\boxed{\Delta x = \frac{V_0 \cdot 5Rm}{3(BL)^2}}$$

Ответ: 1) $a_2 = \frac{2(BL)^2 V_0}{5mR}$

2) $V = \frac{2}{3}V_0$

3) $\Delta x = \frac{5Rm \cdot V_0}{3(BL)^2}$

Задача N5. Вариант. 11-02. Чистовик.



$f = 12$ см, $H = 9$ см, $a = 48$ см

$f = 24$ см

x – ?

лист 6

① по формуле тонкой линзы.

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{b}=\frac{1}{f}-\frac{1}{a}=\frac{1}{12\text{ см}}-\frac{1}{48\text{ см}}=\frac{1}{16\text{ см}} \Rightarrow$$

$b = 16$ см, $x = b + 24\text{ см} = 40$ см

$$\boxed{X = 40\text{ см}}$$

② Размер изображения не должен привосходить размер линзы. H^* – размер изображения.

$$\frac{H^*}{H}=\frac{b}{a}$$ (из подобия треугольн. OAB и OA^*B^*)

$$H^* = H\cdot\frac{b}{a} = 9\cdot\frac{16}{48} = 3\text{ см} \Rightarrow$$

$$\boxed{D_m = 3\text{ см}}$$