Часть 1

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

Шифр: **21203192**

ID профиля: **130293**

Вариант 4

Чистовик вариант (1)

11-04

№2)

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

$\nu,\ T_0$

---

1) Q_1 - ?

2) T_2 - ?

3) A_{min} - ?

1) $dQ = C\, dT\, \nu$

$$-Q_1 = \int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} \frac{9}{5} R \frac{T}{T_0}\, dT\, \nu = \nu \frac{9}{5} \frac{R}{T_0} \int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} T\, dt = \frac{9\nu R}{5T_0} \cdot \frac{\left(\frac{3}{4}\right)^2 T_0^2 - T_0^2}{2} = \frac{9}{10} \nu R\, T_0 \left(\frac{9}{16} - 1\right) =$$

$$= -\frac{9}{10} \nu R T_0 \cdot \frac{7}{16} = -0{,}39375\, \nu R T_0$$

Т.к. Q_1 это отданное

$$Q_1 = 0{,}39375\, \nu R T_0$$

2) T - температура до которой охладили

сколько газу передали тепла → $Q = \underset{\text{работа совершенная газом}}{A} + \underset{\text{изм. внутренней энергии}}{\Delta U}$ — I закон термодинамики

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

$$Q = \int_{T_0}^{T} \frac{9}{5} \frac{\nu R\, T}{T_0}\, dt = \frac{9\, \nu R\, (T^2 - T_0^2)}{10\, T_0}$$ ← из доказанного ранее

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

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

$$+ \cancel{\frac{3}{2} \nu R T_0}\; 0{,}6\, \nu R T_0$$

$A(T)$ - парабола, ветви вверх, минимум в вершине =>

$$\Rightarrow \underline{T_2} = \frac{\frac{3}{2}\nu R}{2 \cdot \frac{9}{10} \frac{\nu R}{T_0}} = \frac{10}{4 \cdot 3} T_0 = \underline{\frac{5}{6} T_0}$$ - температура до которой надо остудить чтобы работа минимальна

3) Подставим T_2 в выражение $A(T)$: $A_{min} = \frac{9}{10} \nu R \frac{5^2}{6^2} T_0 - \frac{3}{2} \nu R \frac{5}{6} T_0 + 0{,}6\, \nu R T_0 =$

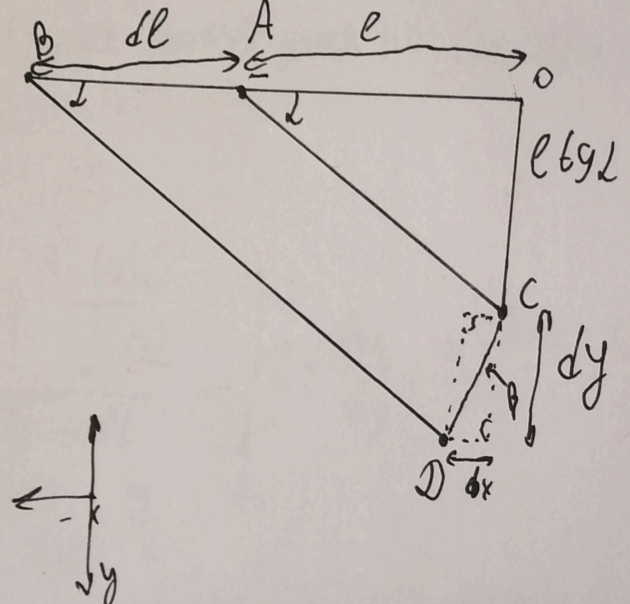
$= 0{,}625\, \nu R T_0 - 1{,}25\, \nu R T_0 + 0{,}6\, \nu R T_0 = -0{,}025\, \nu R T_0$

Ответ: 1) $Q_1 = 0{,}39375\, \nu R T_0$

2) $\frac{5}{6} T_0$ 3) $-0{,}025\, \nu R T_0$

Листовик (2)

$\boxed{№1}$ 1) Пусть блок (и соответственно клин) сместился влево на dl, ~~тогда ни~~ так-как нить нерастяжимая, её длина на участке после блока увеличилась так-же на dl, ~~пусть~~ введём декартовую систему координат, такую что ось X направлен влево паралельно столу, а ось y направлена вертикально вниз



~~Пусть~~ нарисуем рисунок, точка A, начальное положение блока, B, положение блока, когда он сместился на dl C, положение шарика вначале, D, - положение шарика ~~в~~ когда блок сместился на dl, тогда $AB = dl$

~~Пусть Точка~~

Точка O - ~~пр~~ проекция точки C на прямую AB, стоит уточнить что $AB \parallel$ столу

Пусть $AO = l$, тогда $OC = l\,tg\alpha$, т.к. $\angle OAC = \alpha$, $\angle OBD = \alpha$ т.к. по условию угол наклона нити к горизонту не меняется.

$AC = \frac{l}{\cos\alpha} \Rightarrow BD = AC + dl = \frac{l}{\cos\alpha} + dl$, т.к. нить нерастяжима $\Rightarrow$

$\Rightarrow dx = |x_D - x_C| = \cancel{l+dl}\ OB - BD\cos\alpha = l + dl - \left(\frac{l}{\cos\alpha} + dl\right)\cos\alpha = dl - dl\cos\alpha =$
$= dl(1-\cos\alpha)$

$dy = |y_D - y_C| = BD\sin\alpha - CO = \left(\frac{l}{\cos\alpha} + dl\right)\sin\alpha - l\,tg\alpha = dl\sin\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{dx}{dy} = \frac{dl(1-\cos\alpha)}{dl\sin\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$

$\Downarrow$ продолж. лист $\boxed{3}$

Чистовик (3)

№1 продолжение

Пусть шарик движется с ускорением a, тогда a_x и a_y проекции этого ускорения на ось x и y соответственно, но тогда $\frac{a_x}{a_y}=\frac{dx}{dy}$, т.к. ускорение это вторая производная по времени от координаты: $\ddot{x}=a_x$, $\ddot{y}=a_y$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{a_x}{a_y}=\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

$$\sin\alpha=\sqrt{1-\cos^2\alpha}=\frac{15}{17}$$

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

$$\Rightarrow \frac{a_x}{a_y}=\frac{1-8/17}{15/17}=\frac{3}{5}=0,6$$

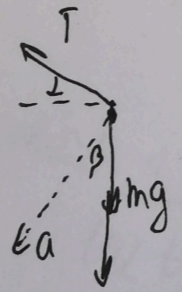
Тогда угол ускорения по отношению к вертикали β равен:

$$tg\beta=\frac{a_x}{a_y}=0,6 \Rightarrow \underline{\beta=arctg(0,6)\approx 31^\circ}$$

$$\cos\beta=\sqrt{\frac{1}{1,36}}$$

$$\sin\beta=0,6\sqrt{\frac{1}{1,36}}$$

2)



II з.Н. для шарика

в проекции на ось x: $ma\sin\beta = T\cos\alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow T=\frac{ma\sin\beta}{\cos\alpha}$$

в проекции на ось y: $ma_y = mg - T\sin\alpha$

$$a\cdot m\cos\beta = mg - \frac{ma\sin\beta}{\cos\alpha}\sin\alpha = mg - ma\sin\beta\cdot tg\alpha$$

$$a=\frac{g}{\sin\beta\, tg\alpha+\cos\beta}=\frac{g}{(tg\beta\, tg\alpha+1)\cos\beta}$$

⇓ продолж. лист(4)

Чистовик (4)

~~№1 продолжение 2~~

вспоминаем преобразования через $d\ell$:

$dy = d\ell \sin\alpha$

$\ddot{dy} = a_y = a\cos\beta$

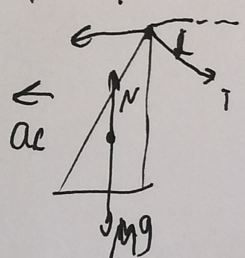
$\ddot{d\ell} = a_к$; $a_{клина\ к}$ – ускорение клина

$\Rightarrow a\cos\beta = a_к \sin\alpha$

$a_к = \frac{a\cos\beta}{\sin\alpha} = \frac{g}{(tg\beta\, tg\alpha + 1)\sin\alpha} =$

$= \frac{g}{(0{,}6\cdot\frac{15}{18}+1)\cdot\frac{15}{17}} = \frac{g\ 17}{(\frac{3}{5}\cdot\frac{15}{18}+1)\ 15} =$

$= \frac{g\ 17\cdot 2}{3\cdot 15} = g\frac{34}{45} = g\frac{34}{45} \approx 0{,}76g$

3) 

M – масса клина

II з.Н. для клина в проекции на ось X:

$a_к \cdot M = T - T\cos = T(1-\cos\alpha) = \frac{ma\sin\beta}{\cos\alpha}(1-\cos\alpha) = \frac{mg\,tg\beta}{(tg\beta\, tg\alpha+1)\cos\alpha}(1-\cos\alpha)$

$\frac{m}{M} = \frac{a_к\,(tg\beta\, tg\alpha + 1)\cos\alpha}{g\cdot tg\beta(1-\cos\alpha)} = \frac{g}{(tg\beta\, tg\alpha+1)\sin\alpha}\cdot\frac{(tg\beta\, tg\alpha+1)\cos\alpha}{g(tg\beta(1-\cos\alpha))} =$

$= \frac{1}{tg\alpha\, tg\beta(1-\cos\alpha)} = \frac{1}{\frac{15}{8}\cdot 0{,}6(1-\frac{8}{17})} = \frac{1}{\frac{15}{8}\cdot 0{,}6\cdot\frac{9}{17}} = \frac{17}{10{,}125} \approx 1{,}68$

⇓ продолж. стр (5)

21203192 (U130293 M1263577)

Чистовик (5)

№1 продолжение 3)

4). $H = \frac{a_y t^2}{2}$ ← т.к. нет начальной скорости

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a_y}} = \sqrt{\frac{2h}{a\cos\beta}} = \sqrt{\frac{2h(tg\beta \cdot tg\alpha + 1)}{g}} = \sqrt{\frac{\cancel{2}h}{g} 4{,}25} = \sqrt{\frac{4{,}25h}{g}}$$

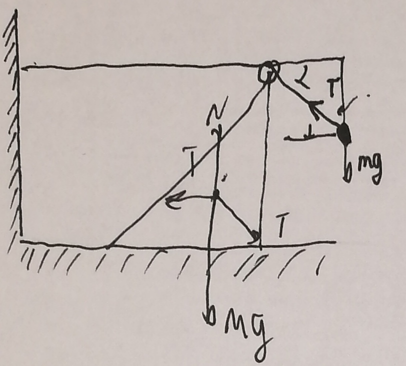
Ответ: 1) $arctg(0{,}6)$ / 2) $\frac{34}{45}g$ 3) / $\frac{17}{10{,}125}$ 4) / $\sqrt{\frac{4{,}25h}{g}}$

21203192 (U130293 M1263577)

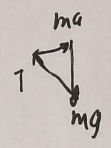
Черновик

должен двигаться по опред. прямой

0,39375



у постоянна $\begin{cases} 0,51 \\ 0,857 \end{cases}$



$0,6 = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\beta}}{\cos\beta}$

~~0,6 cosβ~~

$0,36\cos^2\beta = 1 - \cos^2\beta$

$\cos^2\beta = \frac{1}{1,36}$ $\quad 1 - \frac{1}{1,36}$ $\quad \frac{0,36}{1,36}$

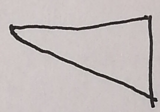
$mg - T\sin\alpha = ma_y$

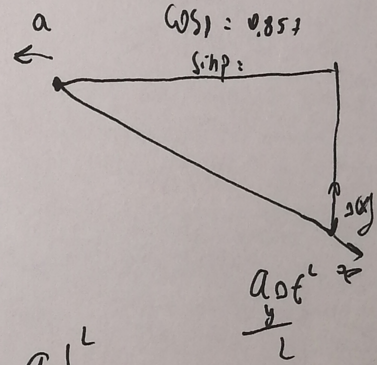
$T\cos\alpha = ma_x$

$\Delta Q = c\Delta T = \int_{T_0}^{3,2T_0} \frac{g}{5} R \frac{T}{T_0}\, dt$

$Q = A + \Delta U$

$\cos\alpha = 0,857$

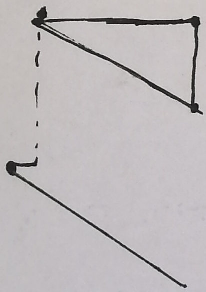




$\frac{3,75}{0}$

$m = \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{\alpha_2} = 1,25$

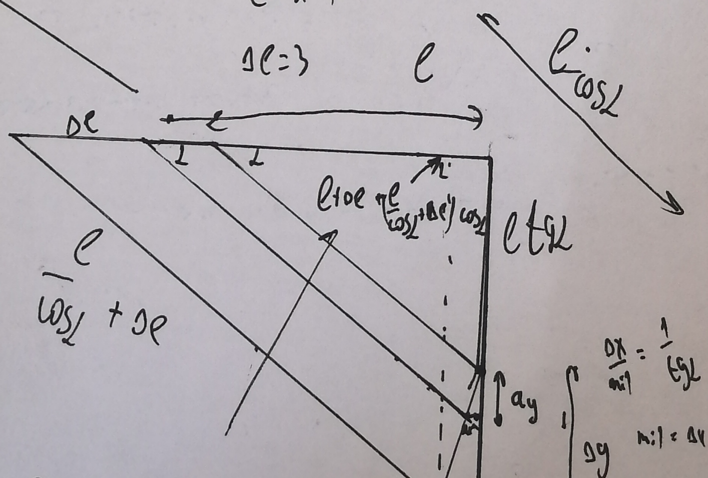
$\frac{a_0 t^2}{2}$ $\quad \frac{a_x t^2}{2}$ $\quad \frac{a_{0y} t^2}{2}$



$l = 4$

$\Delta l = 3$

$\Delta l = \frac{a_0 t^2}{2}$



$\frac{\Delta x}{m} = \frac{1}{tg\alpha}$

$m = \Delta x \, tg\alpha$

$\frac{1-\frac{4}{5}}{3/5} = \frac{\frac{1}{5}}{3/5} = \frac{1}{3}$

$l + \Delta l - \left(\frac{l}{\cos\alpha} + \Delta l\right)\cos\alpha = l + \Delta l - l - \Delta l\cos\alpha = \Delta l(1-\cos\alpha) - \Delta x$ $\quad \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = 0,5$

$\Delta y = \left(\frac{l}{\cos\alpha} + \Delta l\right)\sin\alpha - l\,tg\alpha = l\,tg\alpha + \Delta l \sin\alpha - l\,tg\alpha = \Delta l \sin\alpha$

Часть 2

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

Шифр: **21203192**

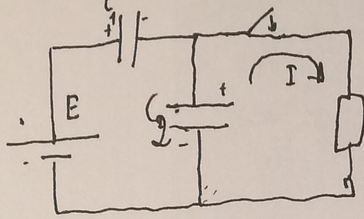
ID профиля: **130293**

Вариант 4

Чистовик (1)

Вариант 11-04

№3



$C_2 = C$, $\mathcal{E}$, R

$C_1 = 5C$

1) I — ?
2) Q — ?
3) q, I_{R_1}

1) Т.к. режим установился:

$U_1 + U_2 = \mathcal{E}$

напряжение на конденсаторах 1, 2

т.к. конденсаторы ~~соедин~~ подключены последовательно => заряды на них одинаковы, и равны q_0, $q_0 = C_1U_1 = C_2U_2$ =>

=> $U_1 = \frac{C_2U_2}{C_1}$ =>

$$=> \mathcal{E} = U_1 + U_2 = \frac{C_2}{C_1}U_2 + U_2 => U_2 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{C_2}{C_1}+1} = \frac{5}{6}\mathcal{E} => U_1 = \frac{1}{6}\mathcal{E} => q_0 = \frac{\mathcal{E}C_1C_2}{C_2+C_1} = \frac{5}{6}\mathcal{E}C$$

Т.к. нужен ток сразу после замыкания => $IR = U_2$ — по II правилу Кирхгофа =>

$$=> I = \frac{U_2}{R} = \frac{\mathcal{E}}{(\frac{C_2}{C_1}+1)R} = \frac{5}{6}\frac{\mathcal{E}}{R}$$

2) В новом установившемся режиме после замыкания ключа, тока через резистор нет => $U_2' = 0$ — напряжение на C_2 в уст. режиме => $U_1' = \mathcal{E}$ => $q_1 = U_1' \cdot C_1 = 5C\mathcal{E}$ =>

З.С.Э.: $W_{C1} + W_{C2} + A = Q + W_{C1}' + W_{C2}'$

$W_C = \frac{CU^2}{2}$ — энергия конденсатора, A — работа внешних сил, Q — тепло выделившееся в цепи

$A = \mathcal{E}\Delta q = \mathcal{E}\cdot(q_1 - q_0) = (5 - \frac{5}{6})\mathcal{E}^2C = \frac{25}{6}\mathcal{E}^2C$

$$\frac{5CU_1^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} + \frac{25}{6}\mathcal{E}^2C = Q + \frac{5C\mathcal{E}^2}{2} + 0$$

$$\frac{5}{72}C\mathcal{E}^2 + \frac{25}{72}C\mathcal{E}^2 + \frac{25}{6}\mathcal{E}^2C = Q + \frac{5C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$\frac{\cancel{150}\ \cancel{50}\ 25}{\cancel{72}\ \cancel{24}\ 12}C\mathcal{E}^2 = Q = \frac{25}{12}C\mathcal{E}^2$$

⇓ продолж. лист (2)

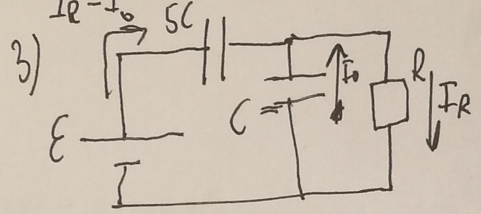
Чистовик (2)

№3 (продолжение)

~~Обознач~~

~~Будем в момент~~

3)



Обозначим ток через резистор, в момент времени когда ток через C_2 — I_0, за I_R.

I_0 имеет такое направление, т.к. ~~разр~~ C_2 разряжается

Тогда $I_R - I_0$ — ток через C_1 и ε

Пусть напряжение на C_2 равно U, тогда напряжение на C_1 равно $\varepsilon - U$

$U = I_R R$ — закон II пр. Кирхгофа

З.С.Э.:

$P_\varepsilon = P_{C_1} + P_{C_2} + P_R$

$P_R = I_R^2 R$

$P_\varepsilon = (I_R - I_0)\varepsilon$

$P_{C_1} = (I_R - I_0)\cdot(\varepsilon - U)$

$P_{C_2} = -U I_0$ — знак минус, т.к. разряжается

$\cancel{(I_R - I_0)\varepsilon = (\varepsilon - U)(I_R - I_0) - UI_0 + I_R^2 R}$

$\cancel{I_R\varepsilon - I_0\varepsilon = \varepsilon I_R - \varepsilon I_0 - I_R^2 R + I_0 I_R R} - I_0 I_R R + I_R^2 R$

$(I_R - I_0)\varepsilon = (\varepsilon - U)(I_R - I_0) - UI_0 + I_R^2 R = (\varepsilon - U)(I_R - I_0) - U I_0 + I_R U$

$I_R\varepsilon - I_0\varepsilon = \varepsilon I_R - I_R U - \varepsilon I_0 + UI_0 - UI_0 + I_R U$

$U_C = \frac{q_C}{C_C} = \frac{\int I(t)\,dt}{C_C}$

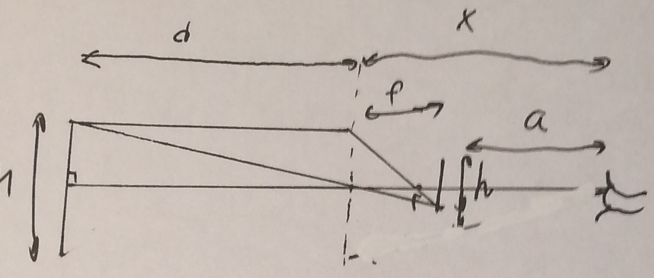
~~Если~~ $q_{C_1} = UC$

$q_{C_2} = 5C(\varepsilon - U)$

$\Delta q = (q_{C_2} - q_0) = 5C(\varepsilon - U) - \frac{5}{6}\varepsilon C = \frac{25}{6}\varepsilon C - 5CU$

З.С.Э. $\varepsilon\Delta q + \cancel{qu}\ \frac{5}{6}\varepsilon C -$

Чистовик (3)



№5
F = 24 см.
H = 9 см.
d = 96 см
a = 24 см

1) x - ?
2) $D_м$ - ?
3) в - ?

1) $\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$ - формула тонкой линзы

$f=\frac{dF}{d-F}=32$ см. $x=f+a=56$ см.

2) $\Gamma=\frac{f}{d}=\frac{32}{96}=\frac{1}{3}$

$h=H\Gamma=3$ см - размер изображения

Из подобия следует $\frac{h}{a}=\frac{D_м}{x} \Rightarrow D_м=\frac{xh}{a}=2,33$ см $=\frac{7}{3}$ см.

3) ~~т.к. экр~~ Если поместить экран в точке, ~~куда~~ ~~где~~ где находится изображение, то наблюдатель не сможет увидеть это изображение ⇒

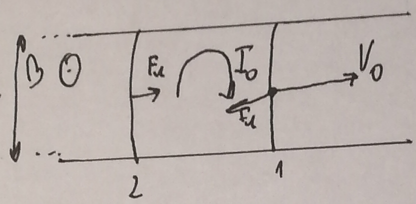
⇒ в = f = 32 см - справо от линзы.

~~точнее не прям в этой точке, а чуть левее, ...~~

Ответ: 1) 56 см 2) 2,33 см. 3) 32 см.

Чистовик (4)

№4



Дано:
B, 2m, R
m/2, 5R
V_0, L

1) a_0 - ?
2) скорости
3) ΔL - ?

1) $\mathcal{E}_{si} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ - ЭДС самоиндукции возн. в контуре ~~вокруг~~.

$\mathcal{E}_{si} = -\frac{\Delta S B}{\Delta t}$

$\Delta S = L \cdot V_0 \Delta t$

$\mathcal{E}_{si} = -BVL$, направления по часовой стрелке, определили по правилу правой руки

$|\mathcal{E}_{si0}| = BV_0L$

$\mathcal{E}_{si0} = (5R+R) I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{BV_0L}{6R} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ на перемычку 1 действует $F_л$ направленная влево

$F_{л0} = I_0 BL \Rightarrow a_0 = \frac{F_{л0}}{2m}$ - по II з.Н. $\Rightarrow a_0 = \frac{B^2L^2V_0}{12R\cdot m} = \frac{B^2L^2V_0}{12Rm}$

2) $\frac{dV}{dt} = a$

a_1 - ускорение перемычки 1 в некоторый момент времени

a_2 - ускорение перемычки 2

V - скорость перемычки 1 относительно перемычки 2

$a_1 = -\frac{B^2L^2V}{12Rm}$

$a_2 = \frac{F_л}{m/2}$ - по II з.Н. $= \frac{B^2L^2V}{3Rm}$

$\Rightarrow a_{отн} = a_1 - a_2 = -\frac{5}{12}\frac{B^2L^2V}{R}$ - относительное ускорение

Обозначим $\frac{B^2L^2}{R} = C \Rightarrow a_{отн} = -\frac{5}{12}CV$

↓ продолж.

Чистовик (5)

№4 (продолж)

$\frac{dV}{dt} = a_{отн}$

$dV = a_{отн} dt = -\frac{5}{12} CV\, dt$

$-\frac{12}{5C} \frac{dV}{V} = dt$

t_0 - время через которое перемычка 1 перестанет двигаться относительно перемычки 2

$t_0 = \int_V^0 -\frac{12}{5C} \frac{dV}{V} =$

$\frac{dV}{dt} = a_{отн}$

$dV = a_{отн} dt = -\frac{5}{12} CV dt$

$-\frac{12}{5C} \frac{dV}{V}$

$V = V_0 + \int_0^{t} -\frac{5}{12} CV\, dt$

З.С.И. : $2m\upsilon_0 = m l 2 u + 2mu$, u скорости перемычек u равны, т.к. перемычки должны „остановиться" друг относительно друга иначе будет $\mathcal{E}_i$ => будут ускоряться

З.С.И. работает, т.к. внешние силы действующие на перемычки это F_A, а они уравновешивают друг друга, т.к. противоположно напр. и равны по модулю =>

$=> 2m\upsilon_0 = 2{,}5mu$

$u = \frac{\upsilon_0 2}{2{,}5} = 0{,}8\,\upsilon_0$

3) З.С.Э.:

$\frac{2m\upsilon_0^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2 \cdot 2} + A$

~~А работа сил~~

$A = \frac{0{,}4}{2} m\upsilon_0^2 = 0{,}2 m\upsilon_0^2$

~~Путь за время~~

~~$V_{отн} = V_0 - t a_{отн}$~~

~~$V_{отн} = V_0 - t a_{отн}$~~ :

$\Delta L = L_к - L_н$

$L_к = L_н + V_{отн} \int_0^t V_{отн} dt =$

$= L_н + \int_0^{t} \left(\int_0^{t} -\frac{5}{12} CV dt \right) dt$

21203192 (U130293 M1263578)

Черновик

$a_{отн} = \frac{1}{4} \frac{B^2 L^2 V}{R}$

$\frac{dV_1}{dt} = a_1$

$\frac{dV_2}{dt} = a_2$

$\frac{dV}{dt} = \cancel{\frac{B^2 L^2 V}{12 R m}}\ CV$

$dV_1 = a_1 dt$

$\frac{dV}{CV} = dt$ $\quad V = \int a_t \, dt$

$\frac{mV_0}{l}$

$dL = V dt$

21203192 (U130293 M1263578)