Часть 1

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

Шифр: **21201005**

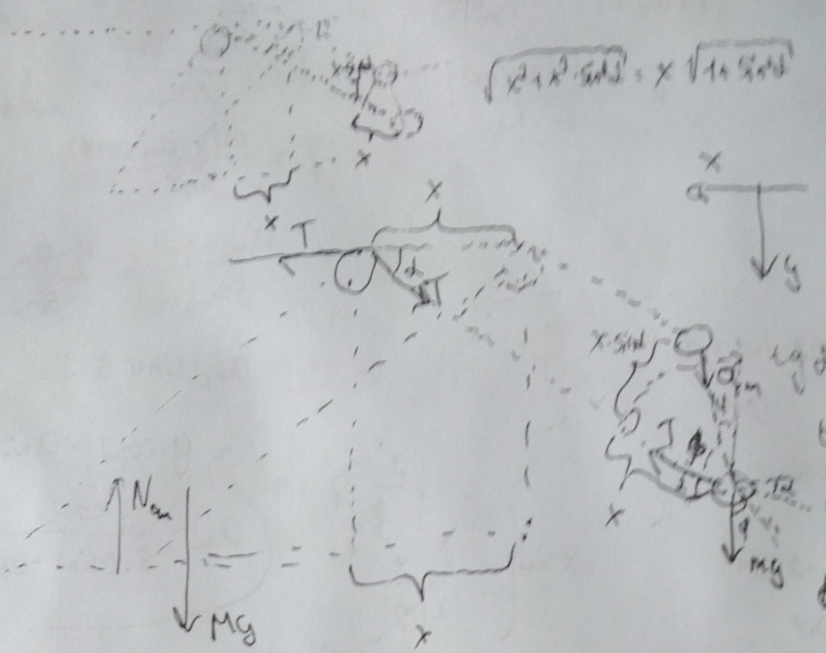
ID профиля: **382340**

Вариант 4

Черновик

2

4



$\sqrt{x^2+x^2\cdot\sin^2\alpha} = x\sqrt{1+\sin^2\alpha}$

$tg\,\alpha = \frac{x\cdot\sin\alpha}{x}$

$tg\,\beta = \sin\alpha = \frac{15}{17}$

$\varphi = 90° - \beta$

$tg\,\beta = ctg\,90-\beta$

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 / \cos^2\alpha$

$tg^2\alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2\alpha}$

$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{tg^2\alpha+1}} = \sqrt{\frac{225}{289+225}}\ \sqrt{\frac{225}{514}}$

$tg|\varphi| = tg(90°-\beta) = ctg\,\beta = \frac{17}{15}$

$\cos\varphi \approx 0{,}6615$

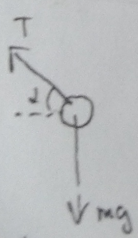
2.3. II для шара: OY: $ma_ц\cdot\cos\varphi = mg - T\cdot\sin\alpha$

Ox: $ma_ц\cdot\sin\varphi = T\cdot\cos\alpha$

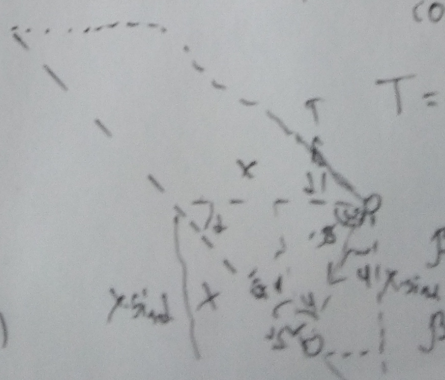
$T = \frac{ma_ц\cdot\sin\varphi}{\cos\alpha}$

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

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



$T = \frac{m(g - a_ц\cos\varphi)}{\sin\alpha}$



$\beta = \frac{180°-\alpha}{2}$

$\beta = 90 - \frac{\alpha}{2}$

$\cos\alpha = 2\cos^2\varphi - 1$

$\sqrt{\frac{\frac{17}{17}+\frac{8}{17}}{2}}$

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

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

$\varphi = 90-\beta = 90-90+\frac{\alpha}{2}$

$\cos\varphi = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}\ \sqrt{\frac{25}{17\cdot 2}}\ \sqrt{\frac{25}{34}} \approx 0{,}86$

$\varphi = \frac{\alpha}{2}$

$\sin\varphi \approx 0{,}51$

3) Запишем 2ЗН для шарика на оси x и y:

Ox: $ma_ш \cdot \sin\varphi = T \cdot \cos\alpha \Rightarrow T = \frac{ma_ш \cdot \sin\varphi}{\cos\alpha}$ (1)

Oy: $ma_ш \cdot \cos\varphi = mg - T \cdot \sin\alpha \Rightarrow T = \frac{m(g - a_ш \cdot \cos\varphi)}{\sin\alpha}$

$\Rightarrow a_ш = \frac{g \cdot \cos\alpha}{\sin\varphi \cdot \sin\alpha - \cos\varphi \cdot \cos\alpha}$

Из уравнения (*): $a_к = a_ш \frac{\cos\varphi}{\sin\alpha} = \frac{g \cdot \cos\alpha \cdot \cos\varphi}{\sin\alpha(\sin\varphi \cdot \sin\alpha - \cos\varphi \cdot \cos\alpha)}$

4) Запишем 2ЗН для клина на ось x: $Ma_к = T - T \cdot \cos\alpha$

$$a_к = \frac{T(1-\cos\alpha)}{M}$$

Подставим в это уравнение $a_ш$ и T из уравнения (1):

$\cancel{\frac{g \cdot \cos\alpha \cdot \cos\varphi}{\sin\alpha(\sin\alpha \cdot \sin\varphi - \cos\alpha \cdot \cos\varphi)}} =$

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

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

$\cos\varphi = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} \approx 0,86$

$\sin\varphi \approx 0,51$

$$a_ш \cdot \frac{\cos\varphi}{\sin\alpha} = \frac{ma_ш \cdot \sin\varphi(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha M} \quad /:a_ш$$

$$\frac{\cos\varphi}{\sin\alpha} = \frac{m}{M} \cdot \frac{\sin\varphi(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\cos\varphi \cdot \cos\alpha}{\sin\alpha \cdot \sin\varphi(1-\cos\alpha)} \approx \frac{0,4}{0,45 \cdot \frac{9}{17}} = \frac{0,4}{0,24} = 1,67$$

$$a_к = \frac{g \cdot \cos\alpha \cdot \cos\varphi}{\sin\alpha(\sin\varphi \cdot \sin\alpha - \cos\varphi \cdot \cos\alpha)} = \frac{10 \cdot 0,4}{\frac{15}{17}(0,45 - 0,4)} = \frac{4}{0,04} = 100 \left(\frac{м}{с^2}\right)$$

Ответ: 1) $\cos\varphi = 0,86$

2) $a_к \approx 100 \frac{м}{с^2}$

3) $\frac{m}{M} = 1,67$

Чистовик В 11-04 стр. 2

Черновик

2ЗН для клина: Ox: $Ma_к = T - T\cdot\cos\alpha$

$Ma_к = T(1-\cos\alpha)$

$a_к = \frac{T(1-\cos\alpha)}{M}$

$T = \frac{m a_ш \cdot \sin\varphi}{\cos\alpha}$

$T = \frac{m(g - a_ш\cdot\cos\varphi)}{\sin\alpha}$

$\frac{a_ш \cdot \sin\varphi}{\cos\alpha} = \frac{g - a_ш\cdot\cos\varphi}{\sin\alpha}$

$a_ш\cdot\sin\varphi\cdot\sin\alpha =$

$= g\cdot\cos\alpha - a_ш\cos\varphi\cdot\cos\alpha$

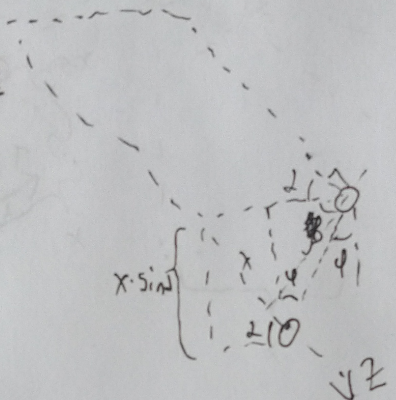
$a_ш = \frac{g\cdot\cos\alpha}{\sin\varphi\cdot\sin\alpha - \cos\varphi\cdot\cos\alpha}$

$a_к =$

$\Delta S_к = x$

$\Delta S_ш = \frac{x\cdot\sin\alpha}{\cos\varphi} = \frac{x\cdot 2\sin\varphi\cdot\cos\varphi}{\cos\varphi}$

$x\cdot 2\cdot\sin\varphi$



$S_ш = S_к\cdot 2\cdot\sin\varphi$

$v_ш = 2\cdot\sin\varphi\cdot v_к$

$\cos\varphi = \frac{x\cdot\sin\alpha}{S_ш}$

$S_ш = \frac{x\cdot\sin\alpha}{\cos\varphi}$

$x\cdot 2\cdot\sin^2\varphi$

$S_ш = S_к\cdot 2\cdot\sin^2\varphi$

$a_{ш_x} = a_{к_x}\cdot 2\cdot\sin^2\varphi$

$a_к = \frac{a_ш}{2\sin\varphi} = \frac{g\cdot\cos\alpha}{2\cdot\sin\varphi(\sin\varphi\cdot\sin\alpha - \cos\varphi\cdot\cos\alpha)}$

21201005 (U382340 M1267218)

Чистовик В 11-04 стр. 1

№1

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

H

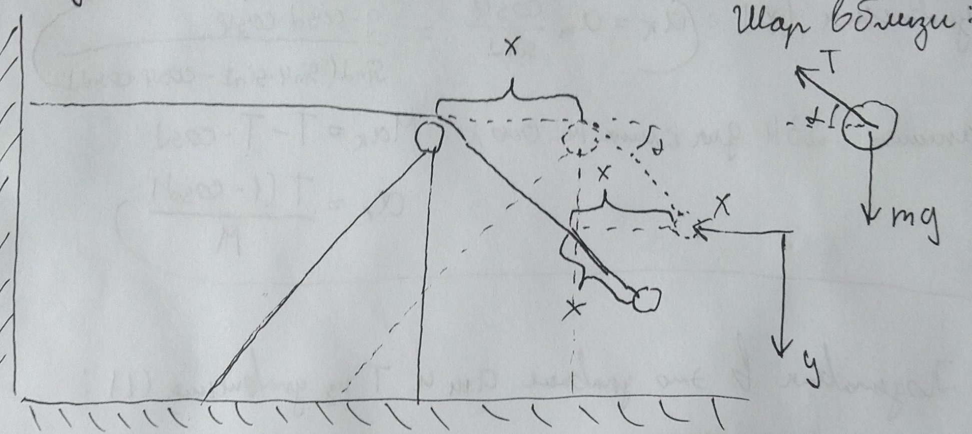
1) φ - ?

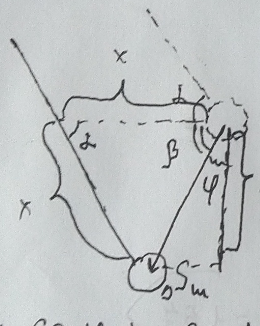
2) $a_к$ - ?

3) $\frac{m}{M}$ - ?

4) τ - ?

1) Пусть за некое время Δt клин сдвинется на x влево, тогда шар вдоль нити тоже сдвинется на x:





$\Delta S_ш$ - перемещение шарика за время Δt

Т.к. треугольник равнобедренный, то:

$\beta = \frac{180° - \alpha}{2} = 90° - \frac{\alpha}{2}$

$\varphi = 90° - \beta = 90° - 90° + \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$

Найдем $\cos\varphi$: $\cos\alpha = 2\cdot\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1$

$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$, т.к. $\varphi = \frac{\alpha}{2}$, то $\cos\varphi = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$

φ - угол между перемещением и вертикалью, но т.к. силы, действующие на шар постоянны, то и ускорение будет постоянным, в том числе и по направлению, а именно всегда сонаправлено с перемещением. Поэтому угол между $a_ш$ и вертикалью равен φ.

2) Найдем $\Delta S_ш$ через x: из прям. треугольника $\Delta S_ш = \frac{x\cdot\sin\alpha}{\cos\varphi}$, т.к. клин двигался прямолинейно, то его перемещение $\Delta S_к = x$, тогда:

$\Delta S_ш = \Delta S_к \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos\varphi}$ - продифференцируем это уравнение два раза, тогда получим:

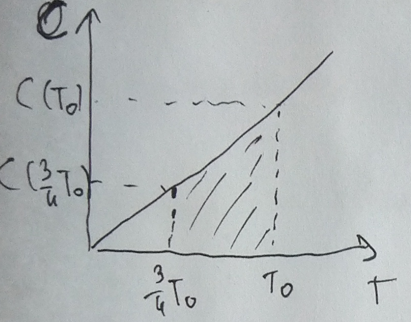
$a_ш = a_к \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos\varphi}$ (*)

21201005 (U382340 M1267218)

Чистовик ВЗ 11-04 стр. 3

№2

Количество теплоты, которое газ получит $dQ = C(T)\,\nu\,dT$



$\Delta Q = -S_{\text{тр}}$, если $T \downarrow$, т.к. по условию температура убывает, то

$$Q_1 = -\frac{1}{2}\left(C\left(\tfrac{3}{4}T_0\right) + C(T_0)\right)\left(T_0 - \tfrac{3}{4}T_0\right)$$

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

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

$$Q_1 = -\frac{1}{2}\left(\frac{27}{20}R + \frac{9}{5}R\right)\left(-\frac{1}{4}T_0\right)$$

$$Q_1 = \frac{1}{8}T_0 \cdot \frac{63}{20}R = \frac{63}{160}RT_0$$

Запишем I закон термодинамики для газа, температура которого уменьшилась до T:

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

$$Q = \Delta U + A \qquad C(T_0) = \frac{9}{5}R$$

$$-\frac{1}{2}\left(C(T) + C(T_0)\right)(T_0 - T) = \frac{3}{2}\nu R(T - T_0) + A$$

$$-\frac{1}{2}\cdot\frac{9}{5}R\left(\frac{T}{T_0} + 1\right)(T_0 - T) = \frac{3}{2}\nu R(T - T_0) + A$$

$$A = \frac{9}{10}R(T - T_0)\left(\frac{T}{T_0} + 1\right) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0)$$ — получается квадратичная зависимость, где минимум будет в вершине

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

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

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

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

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

$$T_{min} = \frac{-b}{2a} = \frac{\frac{3}{2}\nu R}{\frac{9}{10}\frac{R}{T_0}\cdot 2} = \frac{3\nu T_0 \cdot 10}{2\cdot 9\cdot 2} = \frac{30}{36}\nu T_0 = \frac{10}{12}\nu T_0$$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{63}{160}RT_0$

2) $T_{min} = \frac{10}{12}\nu T_0$

21201005 (U382340 M1267218)

Чистовик В 11-04 стр. 2

3) ...

Чистовик В 11-04 стр 4

Подставим T_{min} и найдём min работу A:

$$A_{min} = \frac{9}{10}R\,\frac{\left(\frac{10}{12}\nu T_0\right)^2}{T_0} - \frac{3}{2}\nu R\cdot\frac{10}{12}\nu T_0 - \frac{9}{10}RT_0 + \frac{3}{2}\nu RT_0$$

$$A_{min} = \frac{9}{10}R\cdot\frac{100\nu^2 T_0^2}{144T_0} - \frac{3}{2}\nu^2 R\cdot\frac{10}{12}T_0 - \frac{9}{10}RT_0 + \frac{3}{2}\nu RT_0$$

$$A_{min} = T_0\left(\frac{9\cdot 100\nu^2}{10\cdot 144} - \frac{3\nu^2 R\cdot 10}{12} - \frac{9}{10}R + \frac{3}{2}\nu R\right)$$

~~Ответ: 3) $A_{min} = T_0($~~

Часть 2

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

Шифр: **21201005**

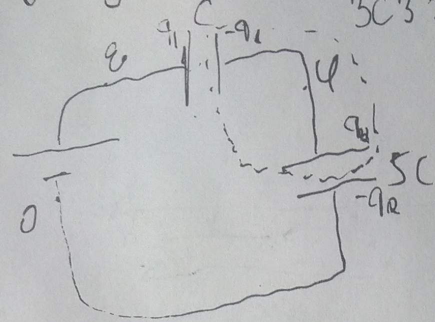
ID профиля: **382340**

Вариант 4

Черновик

До замык.:

A



ЗСЗ: $0 = -q_1 + q_2 \Rightarrow q_1 = q_2 = q$

$C\cdot(\varepsilon - \varphi) = 5C\varphi$

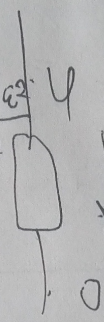
$\varepsilon - \varphi = U_{C_1}$

$\varphi - 0 = U_{C_2}$

$q = C\varphi \quad \varepsilon = 6\varphi$

$\varphi = \frac{\varepsilon}{6}$

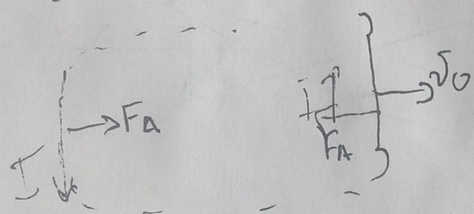
$$q\cdot\varepsilon = \frac{C(\varepsilon-\varphi)^2}{2} + \frac{5C\varphi^2}{2} = \frac{C\cdot\frac{25\varepsilon^2}{36}}{2} + \frac{5C\varepsilon^2}{36\cdot 2}$$



$$I = \frac{\varphi}{R} = \frac{\varepsilon}{6R}$$

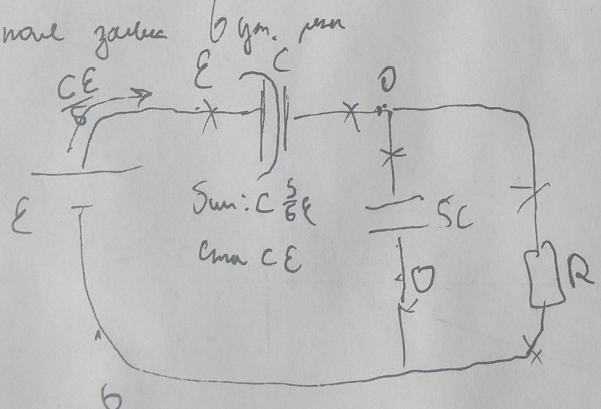
$$\frac{C\varepsilon^2}{2} - \varepsilon C\varphi + \frac{C\varphi^2}{2} + \frac{5C\varphi^2}{2}$$

εC



$F_A = BvL$

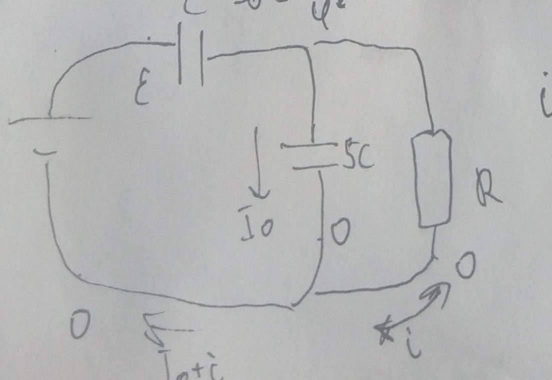
Цепь после замык. в уст. реж.



$$\frac{\varepsilon C}{6}\cdot\varepsilon = \frac{\cancel{30}C\varepsilon^2}{\cancel{36}\cdot 2} = \frac{5C\varepsilon^2}{12}$$

$$\frac{\varepsilon C}{5}\cdot\varepsilon = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{5C\varepsilon^2}{12} + Q$$

$$Q = \frac{\varepsilon C}{6} - \frac{C\varepsilon^2}{12} = \frac{C\varepsilon^2}{12}$$



$(\varepsilon - \varphi^*)'C = I_0 + i$

$(\varphi^*)'\cdot 5C = I_0$

$\left(0 - \frac{I_0}{5C}\right)\cdot C = I_0 + i$

$((\varepsilon)' - (\varphi^*)')\cdot C = I_0 + i$

$-\frac{I_0}{5} = I_0 + i$

$\frac{4}{5}I_0 = -i$

Черновик

$F = 24 см$

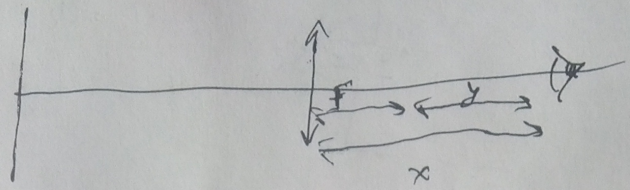
$H = 9 см$

$d = 96 см$

$y = 24 см$

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

$\varepsilon_1 = B\delta$



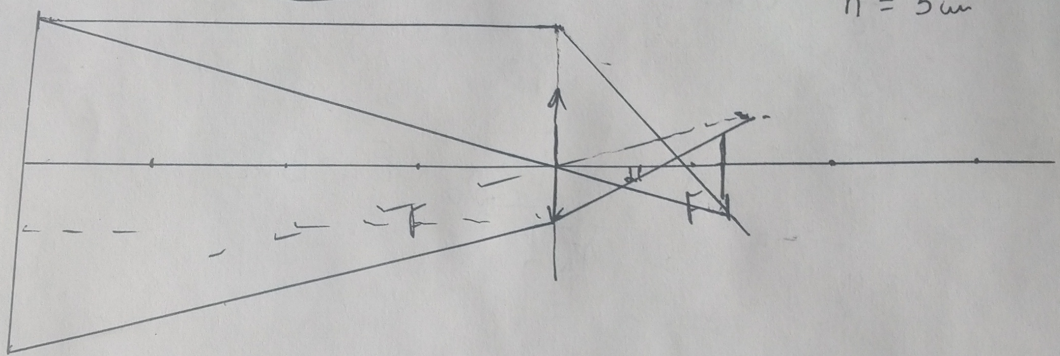
$F_A \cdot x = A$

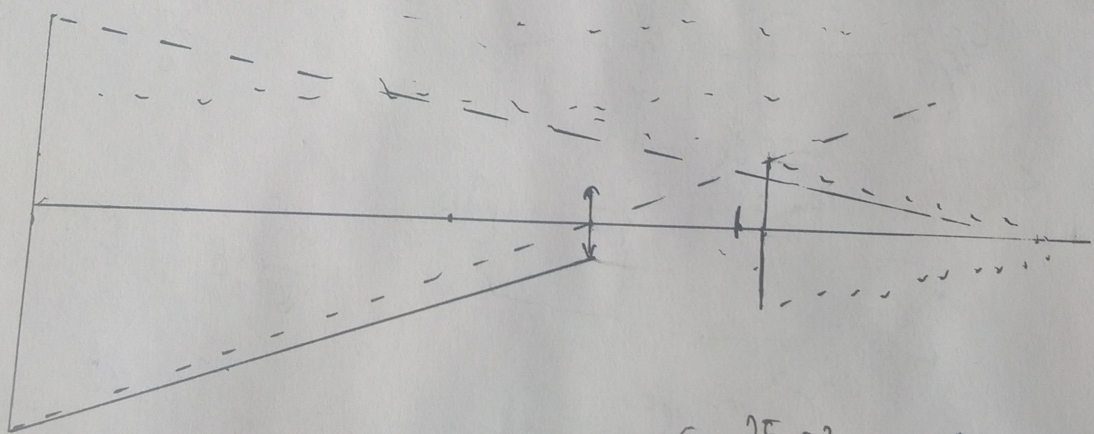
$$f = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{2304}{72} = 32 см$$

$$x = y + f = 56 см$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{32}{96} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

$h = 3 см$





$$\frac{C \cdot \frac{25}{36}\varepsilon^2}{2} + \frac{5C \cdot \varepsilon^2}{2 \cdot 36} =$$

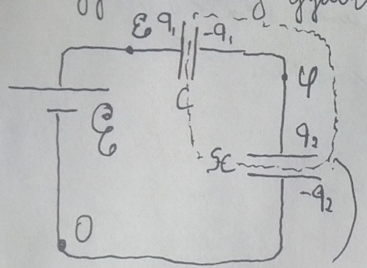
$$= \frac{\cancel{30}^{5} C\varepsilon^2}{\cancel{36}_{6} \cdot \cancel{2}_{1}} = \frac{5C\varepsilon^2}{12}$$

21201005 (U382340 M1267219)

Пестовик В 11-04 стр 1

№3

1) Рассмотрим цепь в установившемся режиме до замык. ключа
Использую метод узловых потенциалов (МУП):



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

$U_{5C} = \varphi - 0 = \varphi$

изолированная область

Запишем закон сохранения заряда для изолированной области:
(В начале, по условию, конденсаторы были незаряжены)

$0 = -q_1 + q_2$

$q_1 = q_2 = q$ => заряды на обкладках конденсатора равны.

$q_1 = C(\mathcal{E}-\varphi)$; $q_2 = 5C\cdot(\varphi - 0)$

$C(\mathcal{E}-\varphi) = 5C\varphi \; / : C$

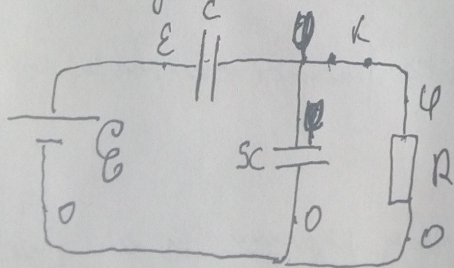
$\mathcal{E}-\varphi = 5\varphi$

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

Найдем ~~начальную~~ энергию конденсаторов до замык. ключа: $W_0 = W_{C0} + W_{5C0} = \frac{C(\mathcal{E}-\varphi)^2}{2} + \frac{5C\varphi^2}{2}$

$W_0 = \frac{C\cdot\frac{25}{36}\mathcal{E}^2}{2} + \frac{5C\frac{1}{36}\mathcal{E}^2}{2} = \frac{5}{12}C\mathcal{E}^2$

2) Рассмотрим цепь сразу после замык. ключа, напряжения на конденсаторах скачком не изменятся: Использую МУП:



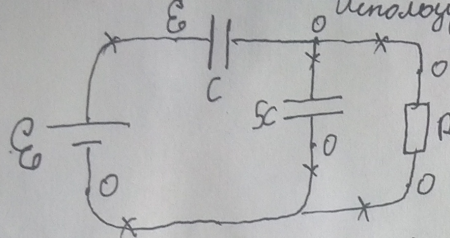
$U_R = \varphi - 0 = \varphi$

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

Т.к. напряжение на конденсаторах сразу после замыкания не поменялось, то энергия конденсаторов будет равна W_0.

3) Рассмотрим цепь в уст. режиме после замыкания ключа, тока через конденсатор нет, а значит и во всей цепи нет тока:

Используя МУП:



Т.к. тока через резистор нет, то и напряжения на нем тоже нет.

Из МУП получаем, что $U^*_{5C} = 0$

$$U^*_C = \mathcal{E} - 0 = \mathcal{E}$$

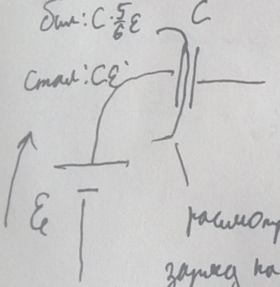
Найдем энергию конденсаторов в уст. режиме: $W = \overset{=0}{W_{5C}} + W_C = W_C = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

4) Рассмотрим процесс от момента замыкания ключа, до установившегося режима: ~~[illegible]~~

Запишем ЗСЭ для цепи: $A_б = W - W_0 + Q$

$$q^* \cdot \mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{5}{12}C\mathcal{E}^2 + Q$$

$$Q = q^*\mathcal{E} - \frac{1}{12}C\mathcal{E}^2$$



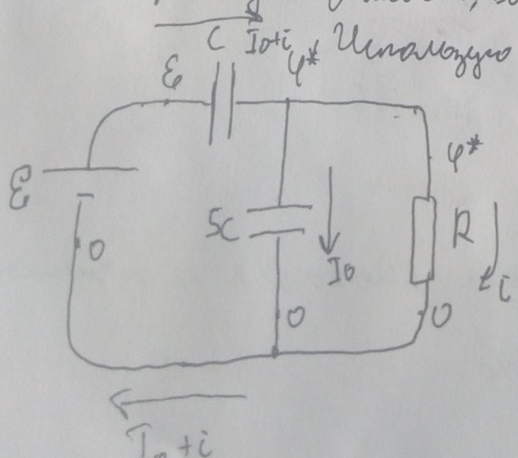
рассмотрим заряд на левой обкладке

$q^* = C\mathcal{E} - \frac{5}{6}C\mathcal{E} = \frac{1}{6}C\mathcal{E}$ – заряд протекший через источник за всё время рассматриваемого процесса.

$$Q = \frac{1}{6}C\mathcal{E}^2 - \frac{1}{12}C\mathcal{E}^2 = \frac{1}{12}C\mathcal{E}^2$$

5) Рассмотрим цепь в момент, когда ток через конденсатор 5C равен I_0:

Используя МУП:



Пусть через резистор течет ток i; тогда через источник течет ток I_0+i

Распишем определение силы тока на конденсаторах:

$$I_0 + i = C((\mathcal{E} - \varphi^*)') \Rightarrow I_0 + i = C(0 - (\varphi^*)') \quad (1)$$

$$I_0 = 5C((\varphi^*)') \Rightarrow (\varphi^*)' = \frac{I_0}{5C}$$

Чистовик 11-04 стр 3

Подставим $(\varphi^*)'$ в уравнение (1): $I_0 + i = C(0 - \frac{I_0}{5C})$

$I_0 + i = -\frac{I_0}{5}$

$i = -\frac{6}{5}I_0$ – ток получился отрицательным, значит он идет в другую сторону

$i = \frac{6}{5}I_0$

Ответ: 1) $I_R = \frac{\mathcal{E}}{6R}$

2) $Q = \frac{1}{12}C\mathcal{E}^2$

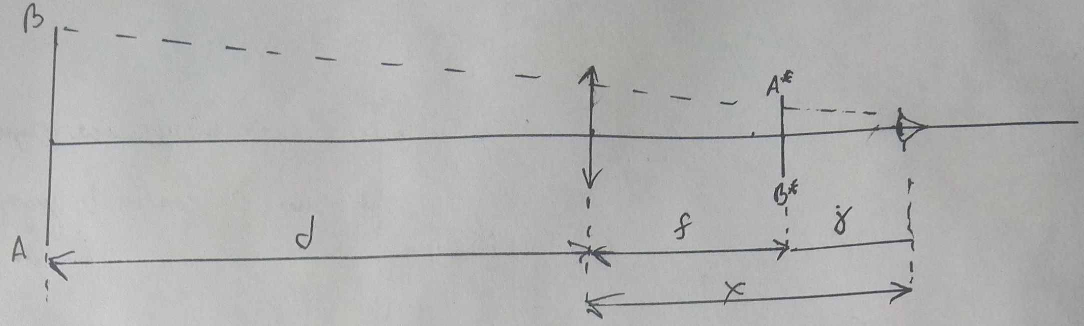
3) $i = \frac{6}{5}I_0$

Чистовик 11-04 Стр. 4

№5

$F = 24$ см
$H = 9$ см
$d = 96$ см
$y = 24$ см

1) x - ?
2) D_{min} - ?
3) l - ?



1) Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$f = \frac{d \cdot F}{d - F} = 32$ см

$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1}{3}$

$h = \Gamma \cdot H = 3$ см. - диаметр изобр.

$x = f + y = 32 + 24 = 56$ см

2) Наблюдатель увидит целиком циферблат тогда, когда все лучи идущие от предмета AB направлено в глаз встретят на пути линзу, т.е крайние лучи идущие от точек A и B в глаз пройдут через края линзы.

Рассмотрим подобные треугольники: $\frac{D_{min}}{H} = \frac{x}{d+x}$

$D_{min} = \frac{x \cdot H}{d+x} = \frac{504}{152} \approx 3.32$ см.

Ответ: 1) $x = 56$ см

2) $D_{min} \approx 3.32$ см.

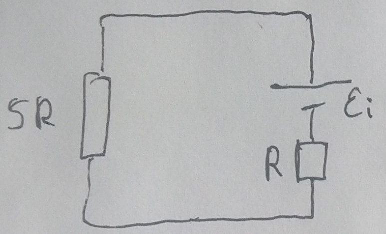
21201005 (U382340 M1267219)

Чистовик 11-04 стр 5

№4

Сразу после того, как первой перемычке сообщили скорость, внутри проводника возникла сила действующая на заряды.

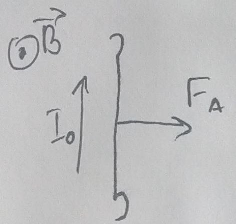
В данный момент можно заменить эту перемычку на источник и резистор, а вторую на резистор



$\mathcal{E}_i = B\cdot L\cdot v_0$

Значит ток в цепи равен $I_0 = \frac{\mathcal{E}_i}{6R} = \frac{BLv_0}{6R}$

Рассмотрим первую перемычку и запишем 2ЗН:



$F_A = 2m\cdot a_1$

$a_1 = \frac{F_A}{2m} = \frac{BLI_0}{2m} = \frac{BL}{2m}\cdot\frac{BLv_0}{6R} = \frac{B^2L^2v_0}{12mR}$

Ответ: 1) $a_1 = \frac{B^2L^2v_0}{12mR}$