Часть 1

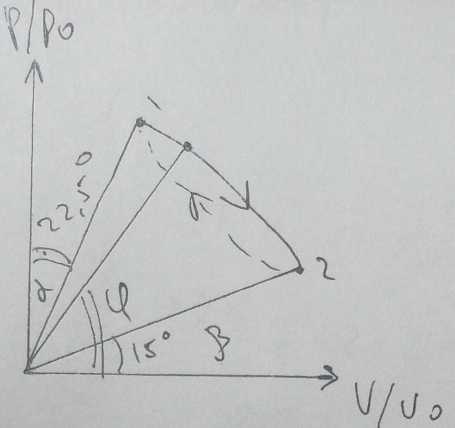
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21202521**

ID профиля: **212197**

Вариант 8

№2. чистовик



Дано: идеальный двухатомный газ, $C_V = \frac{5}{2}R$; $\alpha = 22{,}5^\circ$; $\beta = 15^\circ$.

Решение:

① Т.к. 1–2 – дуга окружности, то пусть r – радиус окружности (r – безразмерная величина)

$$\Rightarrow \begin{cases} p_1 = p_0 r\cos\alpha \\ V_1 = V_0 r\sin\alpha \\ p_2 = p_0 r\sin\beta \\ V_2 = V_0 r\cos\beta \end{cases}$$

По уравн. Менделеева-Клайп.:

$$\begin{cases} p_1V_1 = \nu RT_1 \\ p_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\frac{p_1V_1}{\nu R} - \frac{p_2V_2}{\nu R}}{\frac{p_2V_2}{\nu R}} = \frac{p_1V_1 - p_2V_2}{p_2V_2} =$$

$$= \frac{p_1V_1}{p_2V_2} - 1 = \frac{p_0 r\cos\alpha \cdot V_0 r\sin\alpha}{p_0 r\sin\beta \cdot V_0 r\cos\beta} - 1 = \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\beta\cos\beta} - 1 = \frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\beta} - 1 =$$

$$= \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} - 1 = \sqrt{2} - 1 \approx 0{,}41$$

② Пусть φ – искомый угол $\Rightarrow p(\varphi) = p_0 r\sin\varphi$; $V(\varphi) = V_0 r\cos\varphi$

$pV = \nu RT$

При изменении V и p на малую величину получаем:

$p\,dV + V\,dp = \nu R\,dT$ (1)

Т.к. газ двухатомный

$dU = \frac{5}{2}\nu R\,dT$ (2)

(1) → (2): $dU = \frac{5}{2}\left(-p_0V_0r^2\sin^2\varphi\,d\varphi + p_0V_0r^2\cos^2\varphi\,d\varphi\right)$

$dA = p\,dV = -p_0V_0r^2\sin^2\varphi\,d\varphi$

$dQ = dA + dU = -p_0V_0r^2\sin^2\varphi\,d\varphi + \frac{5}{2}p_0V_0r^2\cos^2\varphi\,d\varphi - \frac{5}{2}p_0V_0r^2\sin^2\varphi\,d\varphi =$

$= \frac{5}{2}p_0V_0r^2\cos^2\varphi\,d\varphi - \frac{7}{2}p_0V_0r^2\sin^2\varphi\,d\varphi =$

$= p_0V_0r^2\left(\frac{5}{2}\cos^2\varphi - \frac{7}{2}\sin^2\varphi\right)d\varphi$

Из условия $dQ \to 0 \Rightarrow \frac{5}{2}\cos^2\varphi - \frac{7}{2}\sin^2\varphi = 0 \Rightarrow \operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{5}{7}} \approx 0{,}845$

③ В процессе 1-2 газу подводится Q_{12}, в процессе 21 $Q_{21} = 0$ по условию $\Rightarrow \eta = \frac{Q_{12} - 0}{Q_{12}} \approx 100\%$

Ответ: 1) 0,41; 2) $\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{5}{7}}$; 3) 100%.

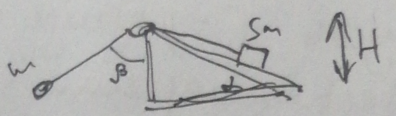
черновик

$\frac{12}{13}\cdot\frac{\sqrt{3}}{5}$

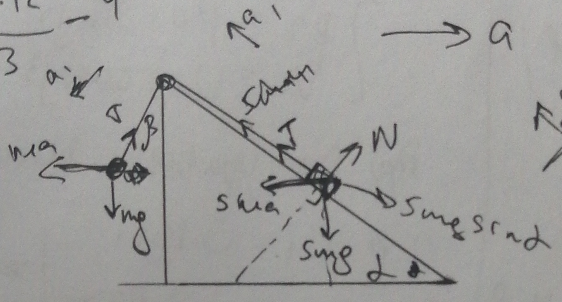
$\cos\beta = \frac{a_{1y}}{a_1}$

$5+2,4\cdot 3+2,4\cdot 12-4\cdot 13$

$122,4+5-52=75,4$



$\frac{5}{13}+2,4\cdot\beta+\frac{2,4\cdot 12}{13}-4=$

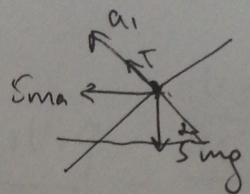


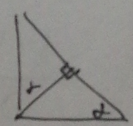
$\frac{2\cdot 13}{9,67\cdot 5}$

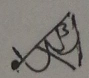
Oy: брусок:

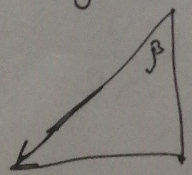
$5m\vec{a_1} = \vec{T} + 5m\vec{a} + 5m\vec{g} + \vec{N}$

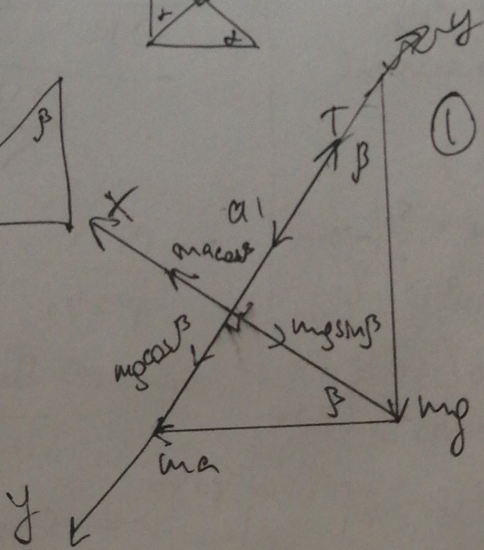
Ox: $5ma_1 = T + 5ma\cos\alpha - 5mg\sin\alpha$ (1)











Ox:

(1) $ma\cos\beta = mg\sin\beta$

$a = g\,tg\beta$

Oy:

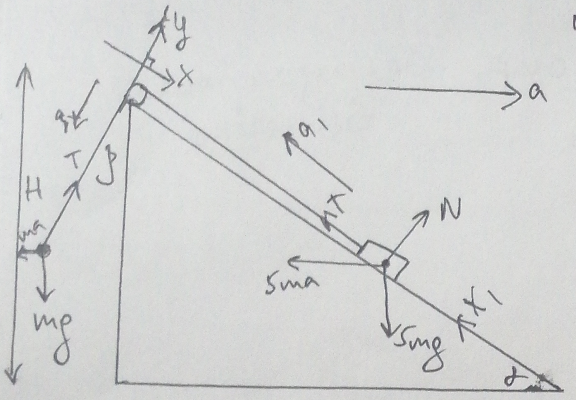
$ma_1 = mg\cos\beta - T + ma\sin\beta$ (2)

~~$5ma = 5mg\cos\beta - T$~~

(1) + (2): $6ma_1 = mg\cos\beta + 5ma\cos\alpha + ma\sin\beta - 5mg\sin\alpha$

$6a_1 = g\cos\beta + 5g\,tg\beta\cos\alpha$

№ 1. (I) шиловин



Дано: $m_{бруска} = 5mg$; $m_{шарика} = mg$; $\cos\beta = \frac{5}{13}$; $\cos\alpha = \frac{3}{5}$.

Решение:

Пусть сила натяжения нити — T; сила реакции опоры — N; клин движется с ускорением a. Для дальнейшего удобства определим $\sin\beta$, $tg\beta$, $\sin\alpha$, $tg\alpha$:

$\alpha \le \frac{\pi}{2}$, $\beta \le \frac{\pi}{2}$ $\Rightarrow$ $\sin\beta = \sqrt{1-\left(\frac{5}{13}\right)^2} = \frac{12}{13}$

$tg\beta = \frac{12\cdot 13}{13\cdot 5} = 2,4$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}$

$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{4\cdot 5}{5\cdot 3} = \frac{4}{3}$

1) Клин будет двигаться с горизонтальным ускорением a, при этом брусок и шарик будут дополнительно двигаться с ускорением a_1, направленным вдоль нити, $\angle\beta$ будет const. Тогда перейдём в СО, связанную с клином $\Rightarrow$ на брусок и шарик влево действует сила инерции $5ma$ и ma соответсвенно. Рассмотрим по II з-ну Ньютона шарик:

$m\vec{a_1} = m\vec{a} + m\vec{g} + \vec{T}$

$\Rightarrow$ Ox: $\cancel{m}a\cos\beta = \cancel{m}g\sin\beta$

$\Rightarrow$ $a = g\,tg\beta = 2,4g \approx 24\ м/с^2$ (1)

2) a_1 — ускорение бруска относительно клина.

Запишем II з-н Ньютона для шарика по OY:

$ma_1 = mg\cos\beta - T + ma\sin\beta$ (2)

Запишем II з-н Ньютона для бруска:

$5m\vec{a_1} = \vec{N} + \vec{T} + 5m\vec{a} + 5m\vec{g}$

OX1: $5ma_1 = T + 5ma\cos\alpha - 5mg\sin\alpha$ (3)

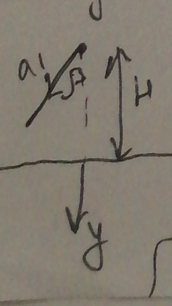
(2)+(3): $6ma_1 = mg\cos\beta + 5ma\cos\alpha + ma\sin\beta - 5mg\sin\alpha$. Подставим (1):

$6a_1 = g\cos\beta + 5g\,tg\beta\cos\alpha + g\,tg\beta\sin\beta - 5g\sin\alpha =$

$= \frac{5}{13}g + 5\cdot 2,4\cdot\frac{3}{5}g + g\cdot 2,4\cdot\frac{12}{13} - 5\cdot\frac{4}{5}g \Rightarrow a_1 = \frac{5,8}{6}g \approx$

$\approx 9,67\ м/с^2$

3) Шарик изначально находится на высоте H и двигается под углом β к вертикальной стене клина вниз с ускорением a_1. ~~Изн~~ Начальная скорость $V_0 = 0$.



$a_{1y} = a_1\cos\beta$

$H = \cancel{V_0 t} + \frac{a_{1y}t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_{1y}}} =$

$= \sqrt{\frac{2H}{a_1\cos\beta}} \approx \sqrt{0,54H}$.

Ответ: 1) $24\ м/с^2$; 2) $9,67\ м/с^2$; 3) $\sqrt{0,54H}$.

Черновик

r – радиус окр. – безразмерная величина

1) $p_1 = p_0 r\cos\alpha$ ~~$V_1 = V_0 r\cos\alpha$~~

$V_1 = V_0 r\sin\alpha$

$p_2 = p_0 r\sin\beta$

$V_2 = V_0 r\cos\beta$

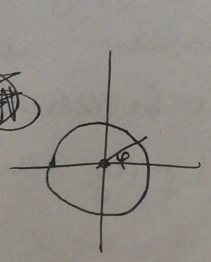
$$\begin{cases} p_1V_1 = \nu RT_1 \\ p_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{p_1V_1 - p_2V_2}{p_2V_2} =$$

$$= \frac{p_0 r\cos\alpha \cdot V_0 r\sin\alpha - p_0 r\sin\beta \cdot V_0 r\cos\beta}{p_0 r\sin\beta \cdot V_0 r\cos\beta} = \frac{\sin\alpha\cos\alpha - \sin\beta\cos\beta}{\sin\beta\cos\beta} =$$

$$= \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\beta\cos\beta} - 1 = \frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\beta} - 1 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} - 1 = \sqrt{2} - 1 \approx 0{,}41$$

2) $p(\varphi) = p_0 r\sin\varphi$

$V(\varphi) = V_0 r\cos\varphi$



$pV = \nu RT$

$pdV + Vdp = \nu RdT$

$$dU = \frac{5}{2}\nu RdT = \frac{5}{2}\left(-p_0V_0r^2\sin^2\varphi\, d\varphi + p_0V_0r^2\cos^2\varphi\, d\varphi\right)$$

$dA = pdV = -p_0V_0r^2\sin\varphi\, d\varphi$

$dQ = dA + dU = -p_0V_0r^2\sin\varphi\, d\varphi$

Часть 2

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

Шифр: **21202521**

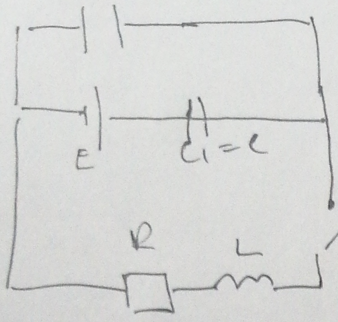
ID профиля: **212197**

Вариант 8

(I)

№ 3. листовик.

$C_2 = 5C$



1) Когда ключ разомкнут, ток идёт только через верхний контур.

=> по II з-ну Кирхгофа:

$E = U_{C_1} + U_{C_2} = \frac{q_0}{C} + \frac{q_0}{5C}$

q_0 - изнач. заряд.

$=> E = \frac{6q_0}{5C} => q_0 = \frac{5CE}{6}$

Ключ замкнули => ток пошёл через нижний контур.

$=> U_L = E - U_{C_1}$

$=> L\dot{I} = E - \frac{q_0}{C} = E - \frac{5CE}{6C} = \frac{1}{6}E => \dot{I} = \frac{E}{6L}$.

2) В какой-то момент режим станет установившимся => Весь ток будет течь через катушку, ток через C_2 течь не будет =>

В этот момент $E = U_{C_1}$

$=> E = \frac{q}{C} => q = EC$ (в этот момент заряд будет q).

Тогда через E протёк заряд

$\Delta q = q - q_0 = \cancel{q_0} EC - \frac{5EC}{6} = \frac{EC}{6}$

После этого энергия выделяться не будет => по ЗСЕ:

$E_k - E_0 + Q = A_{ист}$

конечная энергия; начальная энергия; выделившаяся энергия; работа источника

$=> \frac{q^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2(5C)} - \frac{q_0^2}{2C} + Q = E(q - q_0)$

$=> Q = 14\frac{2}{3}CE^2$

3)

Ответ: 1) $\frac{E}{6L}$; $14\frac{2}{3}CE^2$

черновик.

черновик.

D_2 - вдали
D_1 вблизи

$$\begin{cases} D_1 - D_2 = \frac{1}{0{,}25} \Rightarrow 5D_2 - D_2 = \frac{1}{0{,}25} \\ \frac{D_1}{D_2} = 5 \Rightarrow D_1 = 5D_2 \end{cases}$$

$4D_2 =$

$$D_2 = \frac{1}{16}$$

$$D_1 = \frac{5}{16}$$

$$\frac{1}{0{,}5} + \underbrace{\frac{1}{f}}_{= const} = D_3 + D_{гл.}$$

$$\frac{1}{0{,}25} + \frac{1}{f} = D_{гл.} + D_1$$

$$\Rightarrow D_3 - D_1 = \frac{1}{0{,}5} - \frac{1}{0{,}25} \Rightarrow D_3 = D_1 + \frac{1}{4} = \frac{9}{16}$$

$$\frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{f} = D_{гл} + D_1$$

$$\frac{1}{f} = D_{гл} + D_2$$

$$\Rightarrow D_1 - D_2 = \frac{1}{0{,}45}$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{f} = D_{гл} \Rightarrow \frac{1}{x} = D_{гл} \cdot \frac{1}{f}.$$

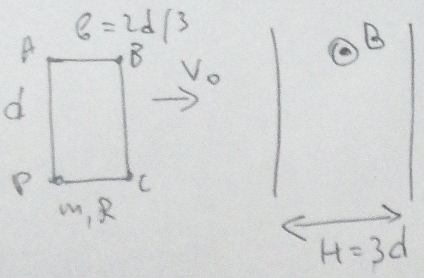
$$\frac{1}{0{,}25} = D_1 - D_2 = 2\left(D_{гл} - \frac{1}{f}\right) \Rightarrow D_{гл} \cdot \frac{1}{f} = \left(4 - \frac{3}{8}\right) : 2.$$

$$x = \frac{16}{29}.$$

21202521 (U212197 M1263582)

(II)

№ 4 чистовик.



1) $R \sim L$

$L_{\text{всей рамки}} = 2(b+d) = \frac{10d}{3} = L$

=> т.к. рамка прямоугольная $AD = BC$

$\frac{R_{AB}}{R} = \frac{L_{AB}}{L} = \frac{d \cdot 3}{10d} = 0{,}3$ =>

$R_{AB} = 0{,}3R = R_{BC}$.

$R_{AB} = R_{DC} = 0{,}2R$

2) Рамка движется => у нее создается $\mathcal{E}_{ci}$ на отрезке BC:

$\mathcal{E}_{ci} = V_0 B \cdot L_{BC} = V_0 B d$

3) В момент входа правого края рамки в магнитное поле:

$ma = F_A$ (на неё будет действовать только F_A => она будет сонаправлена с ускорением.)

=> $ma = BIL_{BC}$; $I = \frac{U_{BC}}{R_{BC}} = \frac{V_0 B d}{R_{BC}} = \frac{V_0 B d}{0{,}2R}$

=> $ma = \frac{B \cdot V_0 B d \cdot d}{0{,}2R} = \frac{V_0 B^2 d^2}{0{,}2R}$

=> (1) $a = \frac{V_0 B^2 d^2}{0{,}2mR}$.

4) ~~Горизонтальные~~ Вертикальные силы на рамку скомпенсированы постоянно => ~~горизонт~~ вертикального ускорения у рамки не будет.

~~Дальше~~ Как только рамка полностью зайдет в магнитное поле, горизонтальные силы ампера на правую и левую стороны тоже скомпенсируются => она начнет двигаться равномерно, до того момента, как правый край не выйдет из магнитного поля. Тогда рамка будет иметь ровно противоположный характер движения нежели при вхождении правого края в магнитное поле.

=> V_0 увеличится и уменьшится на равную величину => (3) $V_2 = V_0$.

5) Для того чтобы найти V_1 нужно рассмотреть насколько изменилась $V_{\text{рамки}}$, пока она не вошла полностью в магнитное поле.

(III) №4 (продолжение).

Изначально рамка будет ~~ускоряться~~ иметь ускорение a, а дальше ускорение будет уменьшаться до 0 и к этому моменту оно пройдет расстояние $b = \frac{2d}{3}$. Пусть в произвольный момент тело имеет ускорение a_1.

$\Rightarrow ma_1 = F_{ABC} - F_{AAD} = BIA - B$

Рамка пройдёт длину, равную b с ускорением a, после этого ускорение станет равно 0.

$$\Rightarrow \frac{2d}{3} = \cancel{\frac{v_0+v_1}{2}} \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow \frac{4ad}{3} + v_0^2 = v_1^2$$

$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{4 v_0 B^2 d^3}{0{,}6R} + v_0^2}$$

Ответ: 1) $\frac{v_0 B^2 d^2}{0{,}2mR}$

2) $\sqrt{\frac{4 v_0 B^2 d^3}{0{,}6R} + v_0^2}$

3) $v_2 = v_0$

(III) №5. чистовик.

Решение:

Дано:
$\frac{D_1}{D_2} = 5$
$d_1 = 25$ см

1) D_2 – вдаль; D_1 – вблизи.

$\Rightarrow \begin{cases} D_1 - D_2 = \frac{1}{0,25} \\ \frac{D_1}{D_2} = 5 \end{cases} \Rightarrow D_2 = 1$ дптр, $D_1 = 5$ дптр

$\frac{1}{f} = const$, т.к. сетчатка глаза всё время на одном расстоянии

2) $\begin{cases} \frac{1}{0,5} + \frac{1}{f} = D_3 + D_{гл.} \\ \frac{1}{0,25} + \frac{1}{f} = D_{гл.} + D_1 \end{cases} \Rightarrow D_3 = D_1 + \frac{1}{4} = 5,25$ дптр.

3) $\begin{cases} \frac{1}{0,5} + \frac{1}{f} = D_{гл} + D_1 \\ \frac{1}{f} = D_{гл} + D_2 \end{cases} \Rightarrow D_1 - D_2 = \frac{1}{0,45}$

4) $\begin{cases} \frac{1}{x} - \frac{1}{f} = D_{гл} \Rightarrow \frac{1}{x} = D_{гл} + \frac{1}{f} \\ \frac{1}{0,25} = D_1 - D_2 = 2\left(D_{гл} - \frac{1}{f}\right) \end{cases} \Rightarrow D_{гл} \cdot \frac{1}{f} = (4-6)2 = -1 = x$

5) $\begin{cases} \frac{1}{0,5} + \frac{1}{f} = D_{гл} + D_3 \\ ~~Ответ: x = -1~~ \\ \frac{1}{0,25} + \frac{1}{f} = D_{гл} + D_1 \end{cases} \Rightarrow D_3 - D_1 = \frac{1}{0,5} - \frac{1}{0,25} = \Rightarrow$

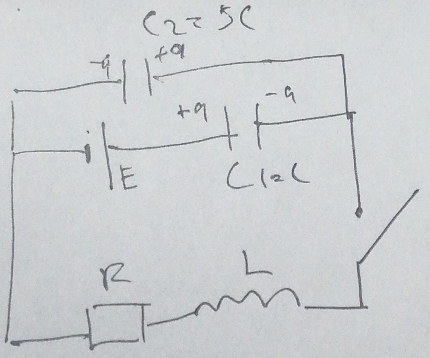
$\Rightarrow D_3 = D_1 - 2 = 3$ дптр.

$\frac{1}{x} - \frac{1}{f} = D_{гл} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{f} + D_{гл} \Rightarrow D_{гл} = \frac{1}{f} - 1$

Ответ: 1) $x = -1$; $D_3 = 3$ дптр.

21202521 (U212197 M1263582)

Черновик.



Разомкнут:

$E = U_{c1} + U_{c2}$

$E = \frac{q}{C} + \frac{q}{5C} = \frac{q}{C}\left(1 + \frac{1}{5}\right) = \frac{q}{C} \cdot \frac{6}{5}$

$\Rightarrow q_0 = \frac{5CE}{6}$

Замкнули:

1) $\cancel{E = U_{c1} + U_L + IR}$

$\cancel{U_{c2} = U_L + IR}$

$\cancel{E = \frac{5E}{6} + L\dot{I} + IR}$

$\cancel{I \to 0 \Rightarrow \frac{E}{6L} = \dot{I}}$

$L\dot{I} = \mathcal{E} - \frac{q_0}{5C} = E - \frac{5CE}{5C \cdot 6} = \frac{1}{6}E$

$\Rightarrow \dot{I} = \frac{E}{6L}$

$C = \frac{q}{U} \Rightarrow$

$\cancel{q = UC \Rightarrow U = \frac{q}{C}}$

$\cancel{W_{E_0} = \frac{q_0^2}{2C} + \frac{q_0^2}{10C}}$

$\cancel{E = U_{c1} + IR}$

$\cancel{U_{c2} = IR}$

$\cancel{E = U_{c1} + U_{c2}}$

2) $\frac{q^2}{2\cdot(5C)} - \frac{q_0^2}{2(5C)} - \frac{q_0^2}{2C} + Q = \mathcal{E}(q - q_0)$ $\quad Q = \frac{5}{2}\mathcal{E}^2 C$

$\frac{q}{5C} = \mathcal{E} \Rightarrow q = 5\mathcal{E}C \Rightarrow q - q_0 = 5\mathcal{E}C$

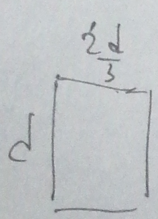
$\cancel{\frac{E^2C}{10} - 25CE^2}$

$\frac{q^2}{2C} - \frac{q_0^2}{10C} - \frac{q_0^2}{2C} + Q = \underbrace{E(q - q_0)}_{= \frac{E^2C}{6}}$

$\frac{E^2C}{2} - \frac{25CE^2}{10} - \frac{25CE^2}{2} + Q = \frac{E^2C}{6}$

$\frac{1}{6} - \frac{1}{2} + \frac{25}{10} + \frac{25}{2} = 12{,}5 + 2{,}5 - 0{,}5 + \frac{1}{6} = 14\frac{2}{3}$

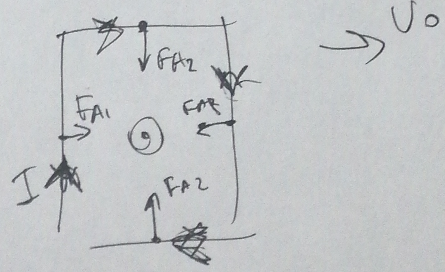
черновик



$$\frac{4d\lambda}{3} + \frac{10 d\lambda}{3} = R$$

$$d\lambda = \frac{3}{10} R$$

$$\frac{2d}{3}\lambda = \frac{2}{10} R$$



1) $\mathcal{E}_{ci} = V_0 B L$

$$\mathcal{E}_{ci} = I R \Rightarrow I = \frac{V_0 B L}{R}$$

$$ma = BIL = \frac{V_0 B^2 L^2}{R} \Rightarrow a = \frac{V_0 B^2 L^2}{mR}$$

3) V_0

2)

21202521 (U212197 M1263582)