COLOQUIO FÍSICA II **Tema 2** 15 de febrero de 2018

Nombre y Apellido:.. Padrón: ....

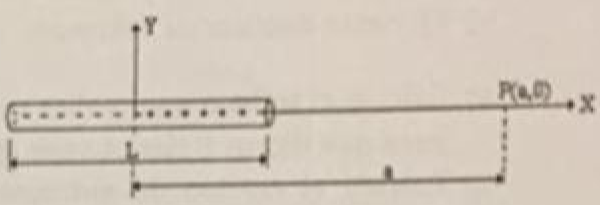
Correo electrónico: ....Física II A / B / 82.02

Cuatrimestre y año: ....JTP:........................ Profesor: ....N⁰ hojas:

1	2	3	4	5	Nota

$\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ Tm/A R=8,31 Pa m^3/Kmol $\varepsilon_0 = 8{,}85\ 10^{-12}\ C^2/Nm^2$

Problema 1: Se tiene una varilla dieléctrica de longitud L y espesor despreciable, cargada con una densidad lineal de carga λ. En la figura se puede ver que media varilla está cargada positivamente (con carga *+q, para x>0*) y la otra media varilla negativamente (con carga *–q, para x<0*), (siendo la densidad de carga constante en cada tramo).

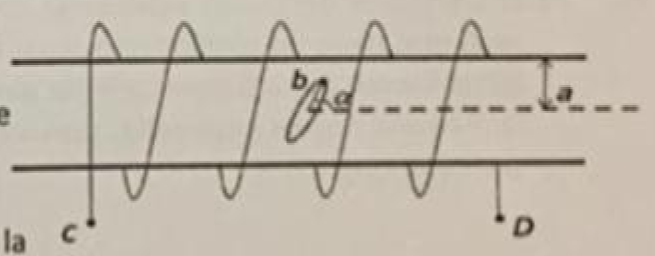


a) Si $L = 20\ cm$, $a = 2\ m$ y que campo eléctrico en P(a,0) vale 200 N/C (E(P)= ~~400~~ 200 N/C), calcular el valor de q y del campo eléctrico para todo x> L/2,

b) Determinar el trabajo que se debe realizar para desplazar una carga q_0= *1 mC* desde el infinito al punto *P(a, 0) en forma cuasi estacionaria. Explique el resultado obtenido.*

Sugerencia $\int \frac{1}{x(x^2-a^2)}dx = \frac{\ln\left(\left|\frac{a^2}{x^2}-1\right|\right)}{2a^2} + cte$

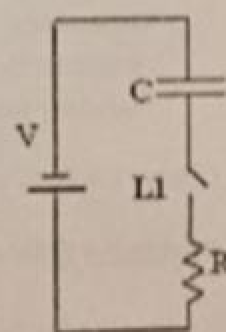
Problema 2: Considere una bobina muy larga de radio a = *20 cm* y vueltas por unidad de longitud *n=100/m*. En el interior de la bobina hay aire, y existe una espira de radio *b=10 cm* que forma un ángulo $\alpha = 45°$ respecto al eje de la bobina.



a) Determine la inductancia mutua entre la bobina y la espira.

b) Si por la espira empieza a circular un corriente *I(t) = -10 t A/s*, ¿cuál es la fem inducida entre los terminales *C* y *D* ? ¿Bajo estas condiciones, existe una corriente inducida por la bobina? Si la respuesta es afirmativa indique el sentido de dicha corriente.

Problema 3: En el circuito de la figura, C está descargado y la llave L_1 abierta. En $t = 0$ se cierra la llave L_1.



a) Deduzca la expresión de la corriente que circula para 0 < t. Grafique I(t) en función del tiempo.

b) Calcule y grafique la evolución temporal de la energía en el capacitor. Una vez cargado C, compare la energía total almacenada en el capacitor, con la entregada por la batería y la disipada en la resistencia.

15 de febrero de 2018

COLOQUIO FÍSICA II

Tema 2

Nombre y Apellido:.. Padrón: ....

Correo electrónico: ....Física II A / B / 82.02

Cuatrimestre y año: ....JTP:.......................... Profesor: ....N° hojas:

1		2		3		4		5		Nota

Problema 4(Física IIA y 82.02): Se tienen dos recipientes iguales e independientes, el primero contiene n_a moles de gas ideal monoatómico y el segundo n_b moles de gas ideal diatómico. Ambos se expanden reversible y adiabáticamente desde el mismo estado inicial (p_i, V_i, T_i), hasta duplicar su volumen.

a) Calcule el trabajo que realiza cada uno y encuentre la relación que debe haber entre n_a y n_b para que dichos trabajos sean iguales.

b) Calcule el cambio de entropía del sistema y del medio ambiente en los dos procesos descriptos.

Problema5(Física IIA y 82.02)

a) Para refrigerar el lubricante del motor de una embarcación se decide utilizar $1\ m^2$ de su fondo plano que está en contacto con el agua de mar, cuya temperatura es $20°C$. El fondo está construido en aluminio de espesor $12\ mm$. La temperatura en régimen estacionario del lubricante es $70°C$. Calcular y graficar el perfil de temperatura dentro del metal, indicando las temperaturas en ambas superficies del mismo. (Aluminio: $\lambda = 200\ W/m\ °C$, $h_{lubricante}=170 W/m^2\ °C$, $h_{agua\ de\ mar}=250 W/m^2\ °C$).

b) El lubricante del punto anterior se considera como fuente fría utilizada por una máquina real, que tiene un rendimiento igual al 60% de una máquina de Carnot que trabaja entre dicha fuente y una fuente caliente que está a $600\ °C$. Calcular el trabajo que se obtiene de la máquina real en una vuelta, suponiendo que el motor gira a $300\ rpm$ cumpliendo un ciclo por cada vuelta.

Problema 4(Sólo Física II B). En el circuito RLC de la figura circula una corriente eficaz de 2A y la frecuencia es 50 Hz. Determinar:

a) la impedancia del circuito en módulo y fase, la tensión eficaz aplicada y las que actúan sobre cada elemento;

b) el factor de potencia ¿el circuito es inductivo o capacitivo? Dibuje el diagrama fasorial del circuito, representando la corriente total, la tensión de la fuente y las que actúan sobre cada elemento;

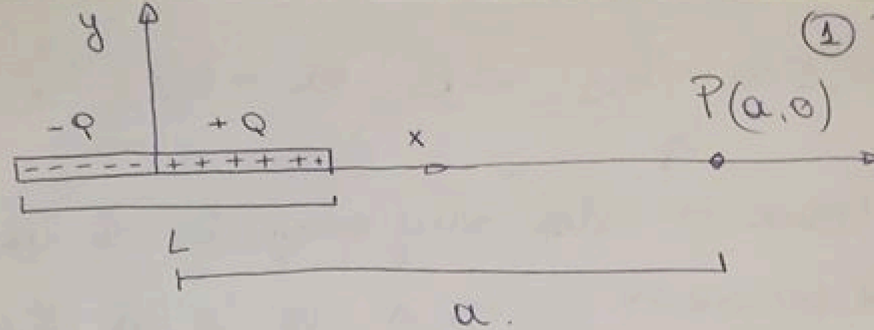
Datos: L = 0,40 H; R = 100 Ω; C = 100 µF.-

Problema 5(Sólo Física II B).

a) Escriba las Ecuaciones de Maxwell en forma integral en función de los vectores ***E, B, D*** y ***H***. Indique claramente el significado de cada uno de sus términos.

b) A partir de ellas, deduzca las condiciones de contorno en la superficie de separación de dos medios (donde no existe ni carga ni corrientes superficiales en dicha superficie de separación).

1)

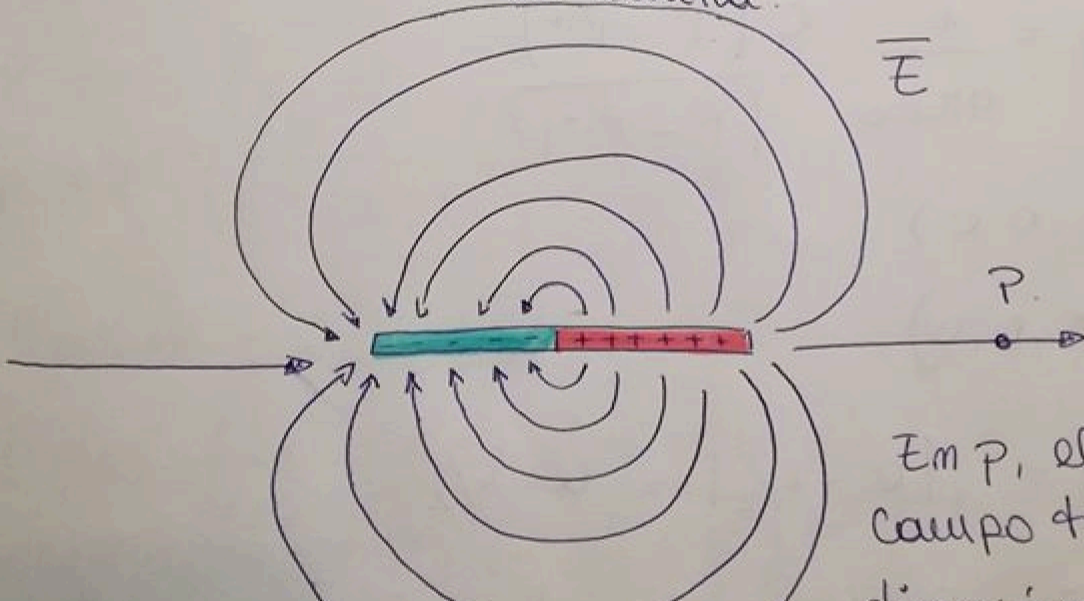


a) L = 20 cm = 0,2 m
a = 2 m

$\bar{E}(P(a,0)) = 200\ N/C\ \check{i}$ (Por estar en el eje del dipolo)

Hallar Q y $\bar{E}\ \forall\ x > L/2$

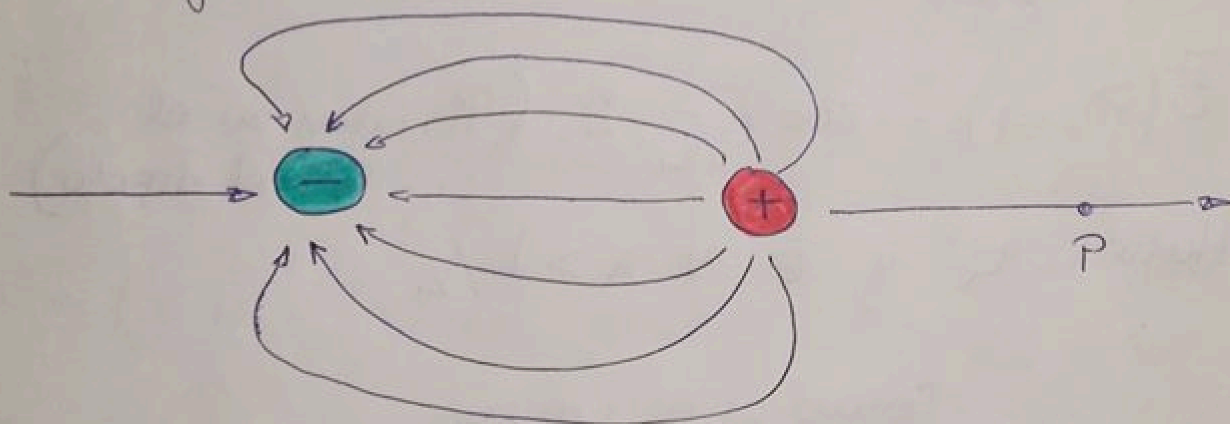
¿Cómo es el campo en la varilla?



En P, el campo tendrá dirección en $\check{i}$

$0{,}1\,m = L/2 \ll a - L/2 = 1{,}9\,m$

Como P está muy alejado de la barra y se encuentra en el eje de la misma, voy a considerarla como un dipolo puntual de carga Q.



$$\bar{E}(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q(\bar{P} - \bar{r}^+)}{|P - \bar{r}^+|^3}$$

$\bar{P} = (a, 0, 0)$

$\bar{r}^+ = (L/2, 0, 0)$

$|P - \bar{r}^+| = |a - L/2| = a - L/2$

$$200\, N/C\, \check{i} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{(a - L/2, 0, 0)}{(a - L/2)^3} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 (a - L/2)^2}\, \check{i}$$

$$200 \cdot 4\pi\varepsilon_0 (a - L/2) = Q$$

$$\boxed{4{,}23 \cdot 10^{-8} C = Q}$$

Hallar $\overline{E}$ $\forall$ $x > L/2$

Por Coulomb:

$$\overline{E}(\overline{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int \frac{dQ' (\overline{r} - \overline{r}')}{|\overline{r} - \overline{r}'|^3}$$

$$\lambda = \frac{dQ'}{dl'}$$

$$\lambda . dl' = dQ'$$

$$dl' = dx'$$

$\overline{r} = (x \; y \; z)$ con $x > L/2$

$\overline{r}' = (x', 0, 0)$ con $x \in [0, L/2]$

$$\overline{r} - \overline{r}' = (x - x', y, z)$$

$$|\overline{r} - \overline{r}'|^3 = \left(\sqrt{(x-x')^2 + y^2 + z^2}\right)^3$$

Vuelvo a coulomb.

$$\overline{E}(\overline{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int \frac{\lambda \, dx' \, (x - x', y, z)}{((x-x')^2 + y^2 + z^2)^{3/2}}$$

Quito las constantes y resuelvo la integral

integral en $\hat{i}$

μ' en

$$\int \frac{(x-x')\,dx'}{\left((x-x')^2+y^2+z^2\right)^{3/2}} =$$

$u = x - x'$

$du = -dx'$

$$E = \int \frac{-u\,du}{\left(u^2+y^2+z^2\right)^{3/2}} = \left[+\left[u^2+y^2+z^2\right]^{1/2}\right]_{x-0}^{x-L/2}$$

$$E = \left((x-L/2)^2+y^2+z^2\right)^{1/2} - \left(x^2+y^2+z^2\right)^{1/2}$$

$$E_x^+(\bar{r}) = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[\left((x-L/2)^2+y^2+z^2\right)^{1/2} - \left(x^2+y^2+z^2\right)^{1/2}\right]$$

integral en $\hat{j}$

$$\int \frac{y\,dx'}{\left((x-x')^2+y^2+z^2\right)^{3/2}} = \left[-\frac{(x-x')\cdot y}{(y^2+z^2)\left((x-x')^2+y^2+z^2\right)^{1/2}}\right]_0^{L/2} =$$

$$\frac{-(x-L/2)\cdot y}{(y^2+z^2)\left((x-L/2)^2+y^2+z^2\right)^{1/2}} + \frac{x\cdot y}{(y^2+z^2)\left((x)^2+y^2+z^2\right)^{1/2}}$$

$$E_y^+(\bar{r}) = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{x\cdot y}{(y^2+z^2)(x^2+y^2+z^2)^{1/2}} - \frac{(x-L/2)\cdot y}{(y^2+z^2)\left((x-L/2)^2+y^2+z^2\right)^{1/2}}\right]$$

③

integral en x: $\int \frac{z\,dx'}{((x-x')^2+y^2+z^2)^{3/2}}$ = Mismo Procedimiento que para E_y

$$E_z^+(\bar{r}) = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{xz}{(y^2+z^2)(x^2+y^2+z^2)^{1/2}} - \frac{(x-L/2)\cdot z}{(y^2+z^2)((x-L/2)^2+y^2+z^2)^{1/2}}\right]$$

Ahora busco $\bar{E}$ para el pedazo negativo

$$E_x^-(\bar{r}) = \frac{-\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[\left[u^2+y^2+z^2\right]^{1/2}\right]_{x+L/2}^{x-0}$$

$$E_x^-(\bar{r}) = \frac{-\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[\left[x^2+y^2+z^2\right]^{1/2} - \left[(x+L/2)^2+y^2+z^2\right]^{1/2}\right]$$

$$E_y^-(\bar{r}) = \frac{-\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{-(x-x')\,y}{(y^2+z^2)((x-x')^2+y^2+z^2)^{1/2}}\right]_{-L/2}^{0}$$

$$E_y^-(\bar{r}) = \frac{-\lambda\cdot y}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{(x+L/2)}{(y^2+z^2)((x+L/2)^2+y^2+z^2)^{1/2}} - \frac{x}{(y^2+z^2)(x^2+y^2+z^2)^{1/2}}\right]$$

$$E_z^-(\bar{r}) = \frac{-\lambda z}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{x+L/2}{(y^2+z^2)((x-L/2)^2+y^2+z^2)} - \frac{x}{(y^2+z^2)(x^2+y^2+z^2)^{1/2}}\right]$$

$$\bar{E}_{tot}(\bar{r}) = \left(E_x^+ + E_x^-,\ E_y^+ + E_y^-,\ E_z^+ + E_z^-\right)$$

b) Busco el potencial en P.

P es un punto muy alejado de la varilla, puedo analizar su potencial como si fuera un dipolo puntual.

$$\bar{E}(\bar{r}) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{(\bar{r}-\bar{r}')}{|\bar{r}-\bar{r}'|^3}$$

analizaré el potencial a través de un camino en x.

$$\bar{E}(\bar{r}) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{x - L/2}{|x-L/2|^3} \check{i}$$

$x - L/2 > 0$

$x \in [a, +\infty)$

$$\bar{E}(\bar{r}) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} (x - L/2)^{-2}$$

$$dV = -\bar{E}\, d\bar{\ell}$$

④

$$\Delta V_{\infty \to a} = \underbrace{V_{\infty}}_{0 \text{ (referencia)}} - V_a = \int_{\infty}^{a} -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}(x-L/2)^{-2}\,dx$$

$u = x - L/2 \qquad du = dx$

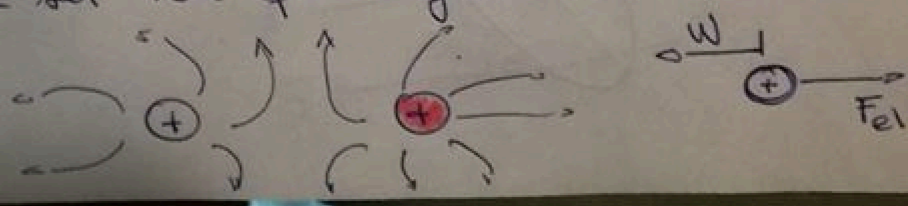
$$= \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_{\infty}^{a-L/2} u^{-2}\,du = \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[-u^{-1}\right]_{\infty}^{a-L/2} =$$

$$\frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[-(a-L/2)^{-1}\right] = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(a-L/2)}$$

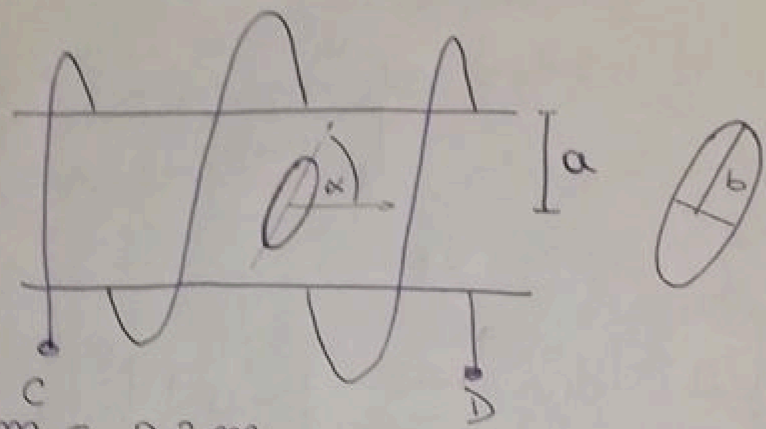
$$W^{Q_0}_{\infty \to a} = Q_0 \cdot \Delta V_{\infty \to a} = \frac{Q_0 \cdot Q}{4\pi\varepsilon_0(a-L/2)}$$

$$W_{\infty \to a} = \frac{10^{-6} \cdot 4{,}23 \cdot 10^{-8}}{4\pi\varepsilon_0 \cdot 1{,}9} = \boxed{2 \cdot 10^{-4}\ J}$$

El trabajo es positivo porque cuando quiero introducir una carga positiva en un campo generado por otra carga positiva, surge una fuerza repulsiva que tiende a separarlas. El trabajo debe ser tal que ayude a la carga a moverse



3) 2) a)



Pe $a = 20\,cm = 0{,}2\,m$

$b = 10\,cm = 0{,}1\,m.$

$\alpha = 45°$

① → Espira

② → Bobina

B $M = \dfrac{\Phi_{12}}{I_2} = \dfrac{\Phi_{21}}{I_1}$

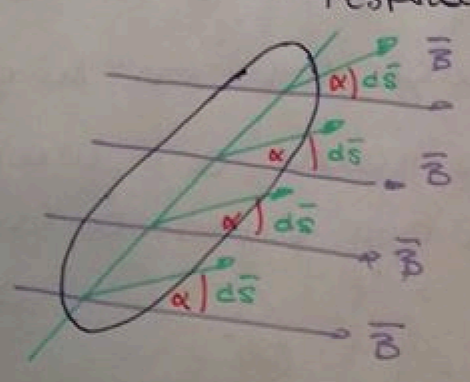
F

La bobina es muy larga, si le aplicara
R una corriente, el campo magnético tendrá
la dirección del eje de la bobina. Supongo
que $\overline{B}$ no varía dentro de la misma.

¿Cómo sería $\Phi_B\big|_{espira}$?

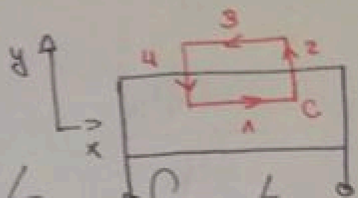
T

F



a)

Planteo Ampere para Hallar la expresión de $\bar{B}$. ⑤



$$\oint_C \bar{B}\,d\bar{\ell} = \underbrace{\int_1 \bar{B}_1\,d\bar{\ell}_1}_{\neq 0} + \underbrace{\cancel{\int_2 \bar{B}_2\,d\bar{\ell}_2}}_{0 \to \bar{B}_2 \perp d\bar{\ell}_2} + \underbrace{\cancel{\int_3 \bar{B}_3\,d\bar{\ell}_3}}_{0 \to \bar{B}_3 = \bar{0}} + \underbrace{\cancel{\int_4 \bar{B}_4\,d\bar{\ell}_4}}_{0 \to \bar{B}_4 \perp d\bar{\ell}_4}$$

$d\bar{\ell}_1 = dx\,\check{i}$

$\bar{B}_1 = B\,\check{i}$

$$\oint_C \bar{B}\,d\bar{\ell} = \int_1 B\,.dx = \mu_0\,I_2\,.N \qquad n = \frac{N}{L}$$

$$B\,.\cancel{L} = \mu_0\,.I_2\,.n\,.\cancel{L} \dashrightarrow B = \mu_0\,I_2\,n$$

$$\Phi_{12} = \Phi_B = \iint \bar{B}\,d\bar{S} = \iint B\,.dS\,.\cos(45)\,. =$$

$$B\,.\pi r_b^2\,.\cos(45) = \mu_0\,.I_2\,.n\,.\pi\,.r_b^2\,\cos(45)\,.$$

$$= \mu_0\,.\,100\,.\pi\,.(0,1)^2\,.\frac{\sqrt{2}}{2}\,.I_2 = 2{,}79\,.10^{-6}\,.I_2$$

$$M = \frac{2{,}79\,.10^{-6}\,I_2}{I_2} = 2{,}79\,.10^{-6}\,H\,.$$

3) b) $\Phi_B = \iint \bar{B} \cdot d\bar{S} = M \cdot I(t)$.

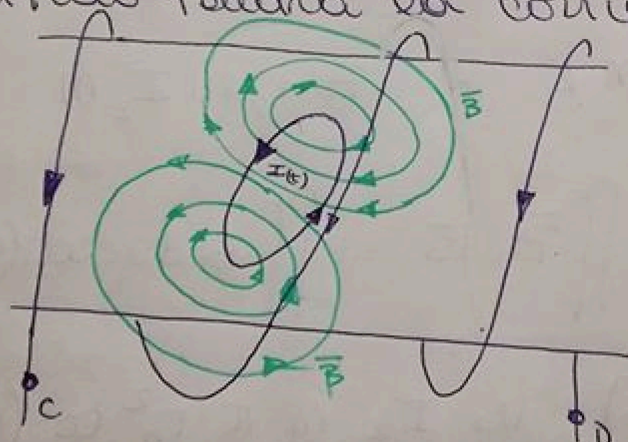
$$femi = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -M \cdot \frac{dI}{dt} = -2{,}79 \cdot 10^{-6} \cdot (-10)$$

$$\boxed{femi = 2{,}79 \cdot 10^{-5}\ V.}$$

Por ley de OHM, se inducirá una corriente en la bobina.

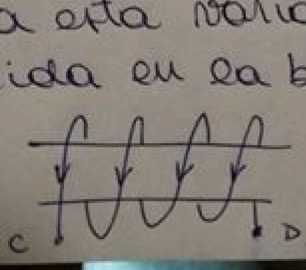
$$I_{ind} = \frac{femi}{R_{bobina}}$$

¿Qué sentido tendrá la corriente?



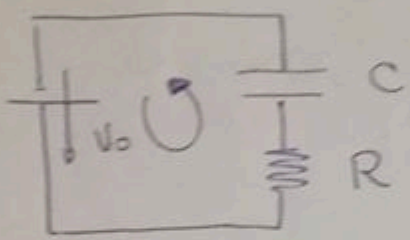
A medida que aumenta el tiempo, la espira ve un flujo mayor sobre su superficie con direcciones de $\bar{B}$ que tienen componentes en $(-\hat{\imath})$

Para oponerse a esta variación de flujo, la corriente inducida en la bobina tendrá esta dirección:



3)

a)



$$V_0 - V_R - V_C = 0$$

$$V_0 - R I(t) - \frac{Q(t)}{C} = 0$$

Planteo la ecuación diferencial.

$$R I - \frac{Q}{C} = V_0.$$

Busco la Homogénea

$$R.Q' - \frac{Q}{C} = 0 \qquad \text{Propongo } e^{rt}$$

$$R.r\,e^{rt} + \frac{e^{rt}}{C} = 0$$

$$\cancel{e^{rt}} R\,r = -\frac{\cancel{e^{rt}}}{C}$$

$$r = -\frac{1}{RC} \longrightarrow Q_H = A e^{-\frac{1}{RC}t}$$

$\hookrightarrow A \in \mathbb{R}$

Busco la particular.

$$RQ' + \frac{Q}{C} = V_0 \qquad \text{Propongo cte}: d$$

$$+\frac{d}{C} = V_0 \longrightarrow d = +V_0.C$$

$$Q_P = +V_0.C$$

Si se que en $t=0$ $Q=0$ --> Busco A

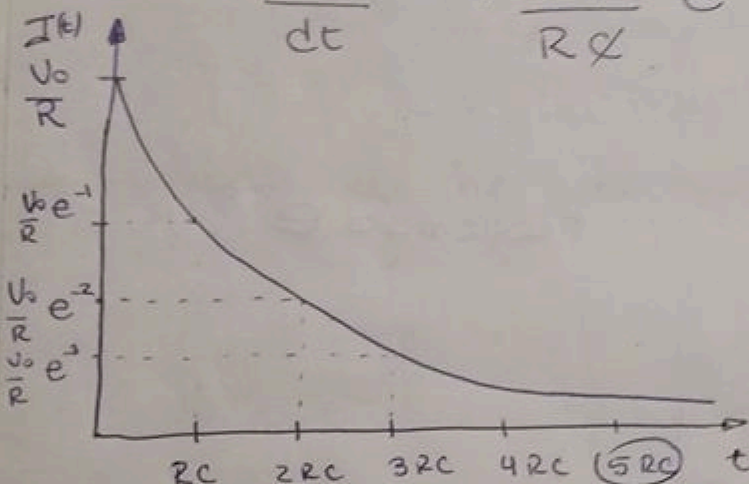
$$Q(t) = A\, e^{-\frac{1}{RC}t} - V_0 C \qquad Q(t) = 0$$

$$A + V_0 C = 0$$

$$A = -V_0 C$$

$$Q(t) = -V_0 C\, e^{-\frac{1}{RC}t} + V_0 C$$

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = +\frac{V_0 \cancel{C}}{R \cancel{C}}\, e^{-\frac{1}{RC}t}$$



↳ Descargado

T	$I(t)$
RC	$\frac{V_0}{R} e^{-1}$
$2RC$	$\frac{V_0}{R} e^{-2}$
$3RC$	$\frac{V_0}{R} e^{-3}$

b)

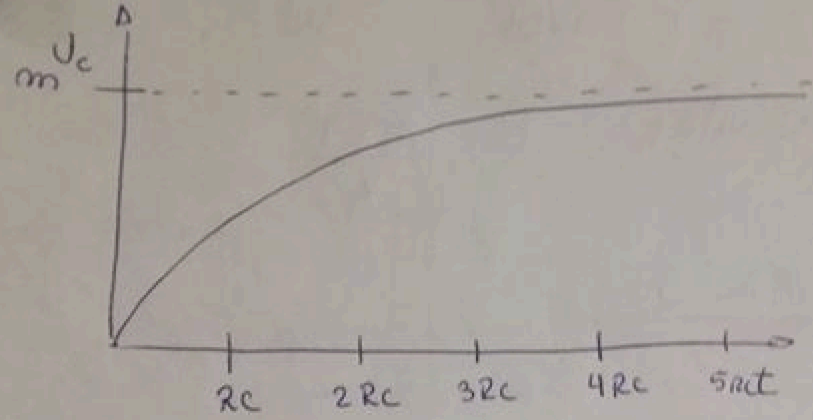
$$\Delta V_c = \frac{Q}{C}$$

$$U_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} V_c \cdot Q$$

$$U_c = \frac{-1}{2} \cdot V_c \cdot V_0 \cdot C \cdot e^{-\frac{1}{RC}t} + \underbrace{\frac{1}{2} V_0 \cdot C \cdot V_c}_{\to\, m}$$

Hago tabla

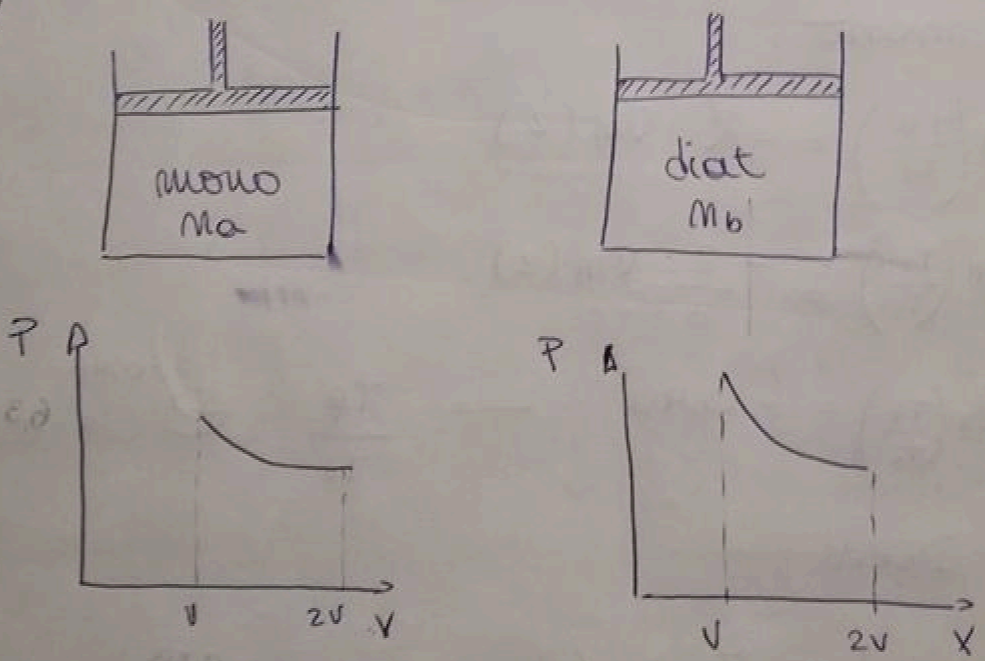
t	0	RC	$2RC$	$3RC$	$4RC$	$5RC$
$U_c(t)$	0	$m(1-e^{-1})$	$m(1-e^{-2})$	$m(1-e^{-3})$	$m(1-e^{-4})$	$m(1-e^{-5})$



$m = \frac{1}{2} V_0 V_c C$

La energía total almacenada en el capacitor sumada a la energía disipada por la resistencia es igual a la energía cedida por la pila.

4)



Proceso adiabático: $Q = \emptyset \quad \Delta U = -W$

$$U = C_v \cdot \Delta t \cdot n = -P \cdot dvol = -W$$

Supongo gases ideales: $P = \frac{nRT}{V}$

$$\frac{C_v \, dT \cdot \cancel{n}}{T} = -\frac{\cancel{n}R \, dvol}{V}$$

$$C_v \cdot \ln\left(\frac{t_f}{T_i}\right) = -R \cdot \ln\left(\frac{2V}{V}\right)$$

Para el gas monoatómico: $C_v = 3/2 \, R$

Para el gas diatómico: $C_v = 5/2 \, R$

Analizo mono.

$$3/2 \, \cancel{R} \, \ln\left(\frac{t_f}{T_i}\right) = -\cancel{R} \, \ln(2)$$

$$\ln\left(\frac{t_f}{T_i}\right) = -\frac{2}{3} \ln(2)$$

$$\ln\left(\frac{t_f}{T_i}\right) = -0{,}46 \longrightarrow \frac{t_f}{T_i} = e^{-0{,}46} = 0{,}63$$

Analizo Diat

$$5/2 \, \cancel{R} \, \ln\left(\frac{t_f}{T_i}\right) = -\cancel{R} \cdot \ln(2) \longrightarrow \frac{t_f}{T_i} = e^{-0{,}28} = 0{,}76$$

$$\ln\left(\frac{t_f}{T_i}\right) = -\frac{2}{5} \ln(2)$$

$$W_{mono} = \frac{3}{2} R \cdot n_a \cdot (0{,}63 t_i - t_i)$$

$$W_{diat} = \frac{5}{2} R \cdot n_b \, (0{,}76 t_i - t_i)$$

Si $W_{mono} = W_{diat}$

$$1 = \frac{3}{5} \frac{n_a}{n_b} \cdot \frac{(0{,}63 - 1)}{(0{,}76 - 1)} = \frac{37}{40} \frac{n_a}{n_b}$$

$$\frac{40}{37} = 1{,}08 = \frac{n_a}{n_b}$$

b) $\Delta S = \int \frac{\delta Q_{rev}}{T}$ → Ambos procesos son adiabáticos. $\delta Q = 0$

$$\Delta S_{sist_1} = \Delta S_{sist_2} = 0$$

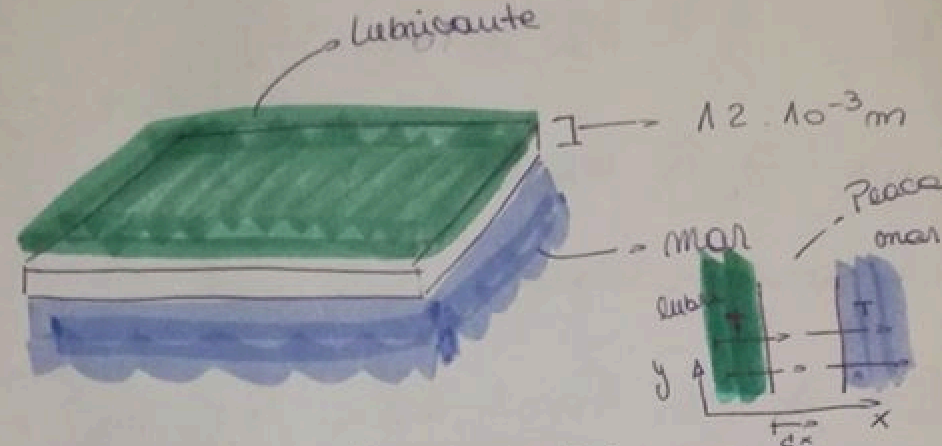
$$\Delta S_{sist} + \Delta S_{medio} = \Delta S_{universo}$$

→ Ambos procesos son reversibles $\Delta S_{universo} = 0$

$\Delta S_{medio_1} = 0$

$\Delta S_{medio_2} = 0$

5) a)



$\lambda_{aluminio} = 200\ W/m\ C°$ $\quad t_{lubri} = 70°C = 343\ K$

$h_{lubri} = 170\ W/m^2C°$ $\quad t_{agua} = 20°C = 293\ K.$

$h_{mar} = 250\ W/m^2C°$

necesito conocer las temperaturas de ~~[illegible]~~ las superficies de la placa.

De lubricante a placa.

$$\dot{Q} = 170\ W/C° \cdot (343 - T_1)$$

~~Se~~ entre los bordes de la placa

$$\dot{Q} = -200 \cdot \nabla T$$

$$\dot{Q} \cdot dx = -200\ dt$$

$$\dot{Q} \cdot 12 \cdot 10^{-3} = -200\ (t_2 - T_1)$$

De la placa al mar

$$\dot{Q} = 250\ W/C° \cdot (t_2 - 293)$$

9

$$\frac{\dot{Q}}{170} + \frac{\dot{Q} \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{+200} + \frac{\dot{Q}}{250} = 343 - 293$$

$$\dot{Q}\underbrace{\left(\frac{1}{170} + \frac{12 \cdot 10^{-3}}{200} + \frac{1}{250}\right)}_{9{,}94 \cdot 10^{-3}} = 50^{\circ}$$

J/seg

$$\dot{Q} = 503 \text{ Watt}$$

$$\frac{503}{250} + 293 = T_2 = 295 \text{ K}$$

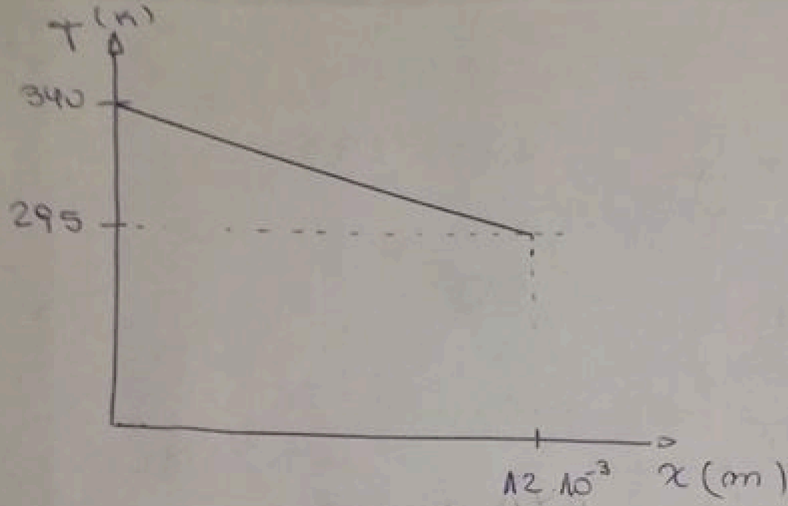
$$-\frac{503}{170} + 343 = T_1 = 340 \text{ K}$$

$$\dot{Q} \cdot esp = -\lambda(T - 340\text{ K})$$

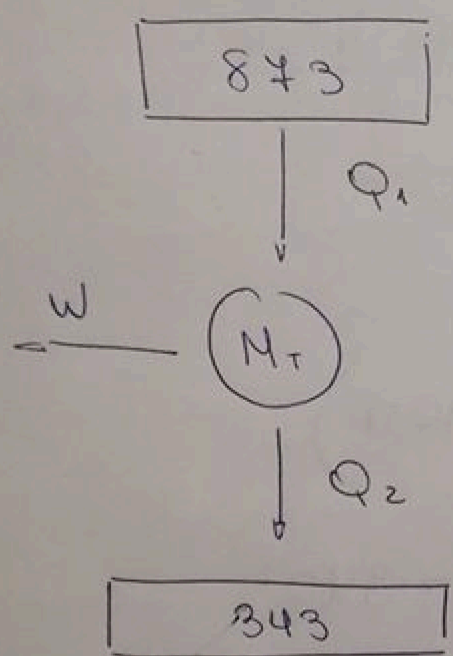
$$T = \frac{-\dot{Q} \cdot esp}{\lambda} + 340 \text{ K}$$

$$T = \frac{-\dot{Q} \cdot x}{\lambda} + 340$$

$$T = -2{,}5\, x + 340$$



b)



$\eta_{carnot} = 1 - \frac{343}{873} = 0,61$

$\eta_{M_T} = 0,6 \cdot 0,61 = 0,36$

300 rpm → 5 rps.

En una revolución hace un ciclo.

El ciclo se realiza en $\frac{1}{5}$ seg.

$\dot{Q}_1 = 503$ J/s

$Q_2 = 503$ J/s · (tiempo de ciclo)

$Q_2 = 100,6$ J.

(10)

$$\eta_{Mt} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{W}{Q_1}$$

$$Q_1 = \frac{W}{0{,}36}$$

$$Q_1 = W + Q_2$$

$$\frac{W}{0{,}36} = W + 100{,}6\ J$$

$$W\left(\frac{1}{0{,}36} - 1\right) = 100{,}6\ J$$

$$\boxed{W = 56{,}59\ J}$$