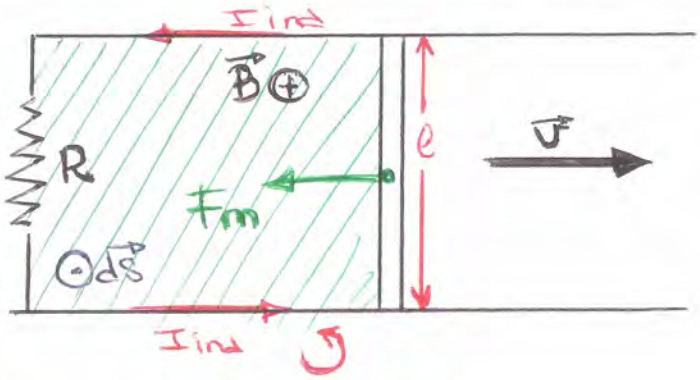
EJERCICIOS DEL LIBRO

T.5 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1. Una barra metálica de masa m desliza sin rozamiento sobre dos rieles conductores paralelos separados a una distancia ℓ, con una resistencia R que conecta ambos rieles y un campo $\vec{B}$ homogeneo y cte, ⊥ al plano.

a. Si la barra se mueve hacia la derecha con velocidad v, ¿cuál es la I y en qe sentido circula?
↓ en la R



FÓRMULAS

$$\boxed{\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}} = B \cdot \iint_S dS \cdot \cos 180 = -B \cdot \underset{\text{Área}}{S} = -B \times L$$

$$\boxed{\mathcal{E} = \frac{-d\Phi}{dt}} = -\left(-B \cdot L \frac{dx}{dt}\right) = B \cdot L \cdot \frac{dx}{dt} = B \cdot L \cdot V$$

↓ positivo antihorario ↺

$$\boxed{I_{ind} = \frac{\mathcal{E}}{R}} = \frac{B L V}{R} = I \circlearrowright$$

b) Fm sobre la barra, dirección y sentido.

$$d\vec{F} = I_{ind} \cdot d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

esa L no se integra — OJO !!

$$dF = I\, d\ell\, B \Rightarrow dF_m = \frac{B \ell V}{R} \cdot d\ell \cdot B$$

$$F_m = \frac{B^2 L V}{R} \int d\ell = \frac{B^2 v L^2}{R}$$

$$\boxed{F_m = -\frac{B^2 L^2 \vec{V}}{R}}$$

Fm es para la izquierda porque se opone al cambio.

* S aumenta → Φ aumenta

Ley de Lorentz $\mathcal{E}_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt}$

c) Si la barra parte con v_0 en $t=0$, ¿cuál es su velocidad en el instante t? $v(t)=?$

$$F = m \cdot a$$

$$\frac{B^2 \cdot e^2 \cdot v}{R} = m\frac{dv}{dt} \rightarrow \int_0^t -\frac{B^2 e^2}{mR}dt = \int_{v_0}^{v(t)} \frac{dv}{v} = Ln\,v(t) - L(v_0) =$$

$$= L\frac{v(t)}{v_0} = \text{se iguala} = \frac{-B^2 e^2}{mR}t$$

$$\boxed{v(t) = v_0 \cdot e^{\frac{-B^2 e^2}{mR}t}}$$

d) Demostrar que $\underset{\text{en barra}}{\Delta E_m} = \underset{\text{en resistencia}}{E_{disp}}$ en t

$$\Delta E_m = E_c = 1/2\, m v^2 = 1/2\, m\left[v(t)^2 - v_0^2\right] =$$

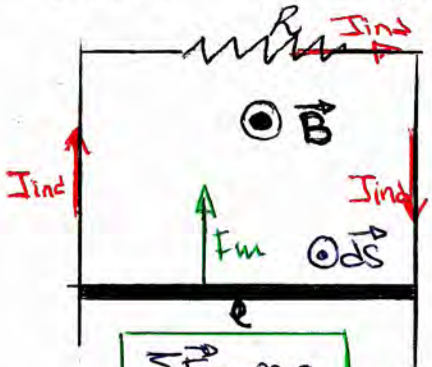
$$= 1/2\, m v_0^2\left[e^{\frac{-B^2e^2 2}{mR}t} - 1\right] = \Delta E_m$$

$$P_{\substack{disp\\ resistencia}} = R \cdot I^2_{ind} = R\left(\frac{B e V}{R}\right)^2 = \frac{B^2 e^2 V^2}{R}$$

$$P = \frac{dw}{dt} \Rightarrow dw = P \cdot dt = \frac{B^2 e^2 V^2}{R}dt = \frac{B^2 e^2}{R} V_0^2 \int_0^t e^{\frac{-2B^2e^2t}{mR}} \cdot dt$$

$$\boxed{\Rightarrow W = \frac{B^2 e^2}{R} V_0^2\left[e^{\frac{-2B^2e^2}{mR}t} - 1\right]}$$

2. Un conductor puede deslizar por un par de guías metálicas verticales conectadas a una resistencia R como se indica en la figura. El conjunto está inmerso en un campo $\vec{B}$ $\perp$ al plano, ¿qué v_{limite} alcanzará el conductor bajo la acción del campo gravitatorio?



$$\boxed{I = \frac{\varepsilon_i}{R}}$$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow d\Phi = B v dt \cdot \ell \cos 0$$

$$\varepsilon_i = -Be v$$

$$\boxed{\frac{d\Phi}{dt} = Be v}$$

$$I = \frac{Be v}{R}$$ (no se puede poner nunca signo)

$$\boxed{\Sigma \vec{F} = ma}$$

$F_m = I \cdot de \times B$

$F_m = \frac{Bev}{R} \cdot de \cdot B$

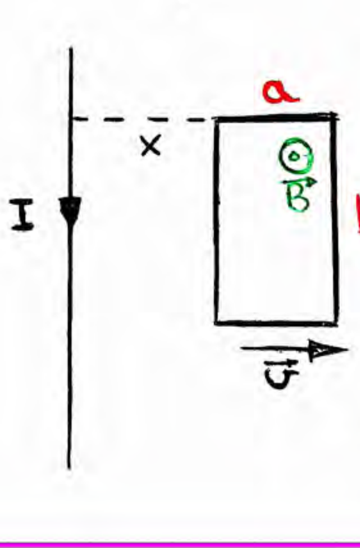
$F_m = \frac{B^2 e^2 v}{R}$

$$mg - F_m = ma \rightarrow mg - \frac{B^2 e^2 v}{R} = m \cdot \underset{0}{a}$$

Velocidad límite será la que haga que la aceleración sea cero $a = 0$

$$mg = \frac{B^2 e^2 v}{R} \longrightarrow \boxed{v = \frac{mgR}{B^2 e^2}} \ m/s$$

3. La espira [] y el alambre se encuentran sobre un plano horizontal sin rozamiento. El alambre transporta una corriente cte I y la espira tiene una resistencia R, calcular la fuerza para mover la espira con v=cte.



Ley de Ampère $\oint_c \bar{B} d\ell = \mu_0 \cdot I_{enc}$

$$B 2\pi x = \mu_0 I \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

• Si I cambia, $\vec{B}$ cambia en el tiempo

$$\varepsilon_{ind} = -d\Phi$$

$$\Phi = \iint \underset{dxdy}{\bar{B} d\vec{S}} = \iint_{x(t)}^{x(t)+a} \frac{}{} dxdy = \int_{x(t)}^{x(t)+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \underbrace{b\, dx}_{dS} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} b \cdot L\left(\frac{x+a}{x}\right)$$

$$\varepsilon_{ind} = \frac{-d}{dt}\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot L\left(\frac{x+a}{x}\right)\right) = \frac{-\mu_0 I b}{2\pi}\cdot \underbrace{\frac{d}{dt}\left(L\,\frac{x+a}{x}\right)} =$$

$$= + \frac{\mu_0\, a b I v}{2\pi x (x+a)}$$

$$\frac{d}{dt}\left(L\,\frac{x+a}{x}\right) = \frac{d}{dt}\left(L(x+a) - L(x)\right) = \frac{d}{dt} m(x+a) - \frac{d}{dt} Lx =$$

$$= \frac{1}{x+a}\cdot\frac{dx}{dt} - \frac{1}{x}\,\frac{dx}{dt} = \frac{v_x - v_x - v_a}{x(x+a)}$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{\mu_0\, a b I v}{2\pi x (x+a) R}$$

$$\left.\begin{aligned} |F_{m1}| &= I_{ind}\cdot b\cdot B_1 = I_{ind}\cdot \frac{b\cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi x} \\ |F_{m2}| &= I_{ind}\cdot b\cdot B_2 = I_{ind}\cdot b\cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi (x+a)} \end{aligned}\right\} F_m = F_{m2} - F_{m1}$$

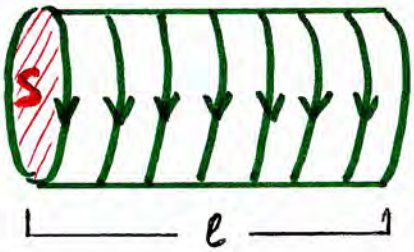
$$F_m = I_{ind}\cdot b\cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{x+a} - \frac{1}{x}\right) =$$

$$= \frac{-\mu_0\, a b I \vec{v}}{2\pi x (x+a) R}\cdot \frac{\mu_0 I b}{2\pi}\cdot\left(\frac{a}{x(x+a)}\right) \Rightarrow$$

$$\boxed{\vec{F}_{m\,TOTAL} = -\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\frac{ab}{x(x+a)}\right)^2 \frac{\vec{v}}{R}}$$

- Nosotros tenemos que hacer una fuerza externa igual pero de sentido contrario.

4. a) Calcular el coeficiente de autoinducción de un solenoide ideal de n espiras por unidad de longitud, sección S y long = ℓ.



FÓRMULAS

$n = \frac{N}{\ell} \Rightarrow N = n \cdot \ell$ número de vueltas

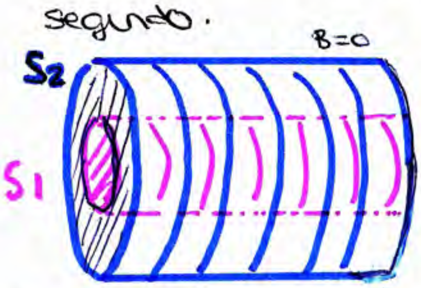
$\boxed{B = \mu_0 n I}$

$\boxed{\Phi = B \cdot S} = \mu n I S N = \mu_0 n I S n \ell = \mu_0 n^2 I s \ell$

$\boxed{\Phi = L \cdot I} \Rightarrow L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 n^2 \cancel{I} s \ell}{\cancel{I}} = \boxed{\mu_0 n^2 s \ell = L}$

coef. autoinducción

b) Calcular el coeficiente de inducción mutua entre dos solenoides ideales coaxiales de n_1 y n_2 espiras por unidad de longitud, secciones S_1 y S_2, long. ℓ, estando el primero en el interior del segundo.



$\Phi_{21} = M_{2-1} \cdot I_2$

superficie que atraviesa al 1

$\Phi = BS = \mu_0 n_2 \cdot I_2 \cdot \overbrace{N_1 S_1}$

$\mu_0 \cdot n_2 \cdot \cancel{I_2} N_1 S_1 = M_{2-1} \cdot \cancel{I_2}$

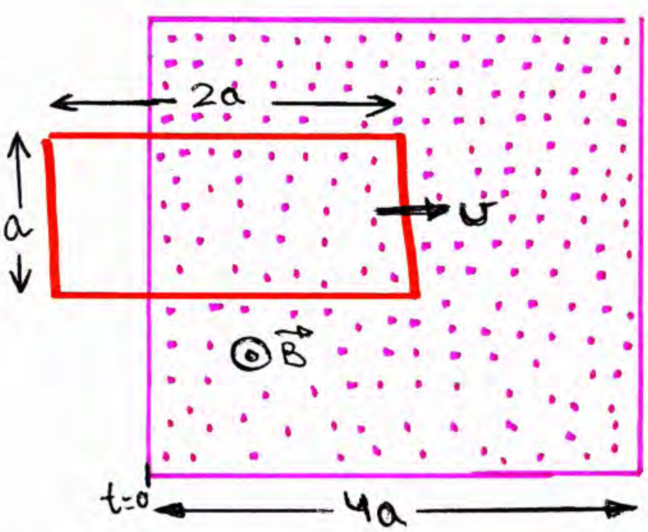
$\frac{N_1}{\ell} = n_1 \Rightarrow N_1 = n_1 \ell$

$\boxed{M_{2-1} = \mu_0 \cdot n_2 \cdot n_1 \cdot \ell \cdot S_1}$

haciendo $\Phi_{1-2} = M_{1-2} \cdot I_1 = BS = \mu_0 n_1 I_1 \cdot \overbrace{N_2 S_1}$ • Da lo mismo

5. a) Calcula el flujo que atraviesa la espira en función del tiempo desde $t=0$ hasta que sale completamente de él.

FÓRMULA $\boxed{s = vt} \rightarrow t = s/v$



① $0 \leq t \leq \frac{2a}{v}$ → desde el borde, hasta que está dentro

② $\frac{2a}{v} \leq t \leq \frac{4a}{v}$ → desde que está dentro en un extremo al otro.

③ $\frac{4a}{v} \leq t \leq \frac{6a}{v}$

↑ desde el extremo derecho, que esté dentro entero, hasta que sale entero (6a)

1. $0 \le t \le \frac{2a}{v}$

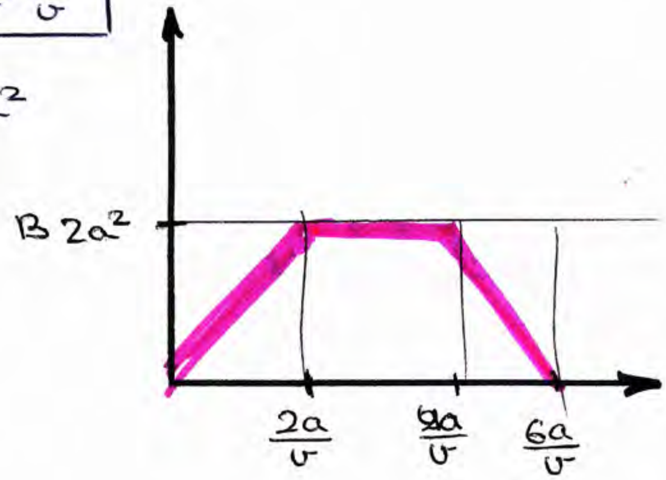
$\Phi = BS = B$ base·altura$=$
$= B\,2 \cdot a \cdot a = Bvt \cdot a$

2. $\frac{2a}{v} \le t \le \frac{4a}{v}$

$\Phi = BS = B2a^2$

3. $\frac{4a}{v} \le t \le \frac{6a}{v}$

$\Phi = A - B \cdot vat$
$0 = A - B \cdot v \cdot a \cdot \frac{6a}{v} \Rightarrow A = B \cdot 6a^2$
$\Phi = B6a^2 - Bvta$



b) Fuerza electromotriz e intensidad de corriente inducidas en la espira en funcion del tiempo.

1. $\varepsilon = -\frac{d(Bvta)}{dt} = \boxed{\varepsilon = -Bva} \longrightarrow \boxed{I = \frac{Bva}{R}}$

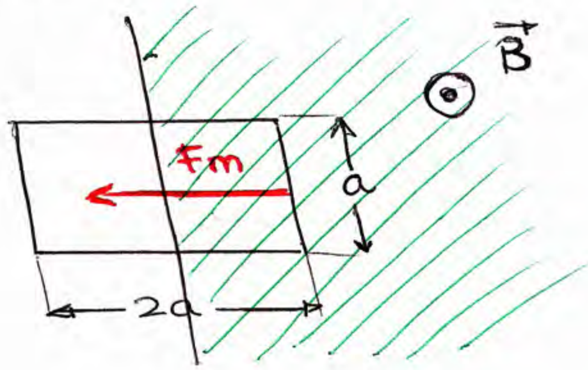
2. $\boxed{\varepsilon = 0} \longrightarrow \boxed{I = 0}$

3. $\varepsilon = -\frac{d(+B6a^2 - Bvat)}{dt} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = +Bva} \longrightarrow \boxed{I = \frac{Bva}{R}}$

c) Valor de la fuerza que has que aplicar en la espira para mantener su movimiento durante la travesía.

FÓRMULA

$$\boxed{d\vec{F} = I\,d\vec{l} \times \vec{B}}$$



$dF = I\,dl \cdot B \cdot \text{sen}90 = I\,dl\,B$

$F_m = I \cdot B \int dl = IBa$

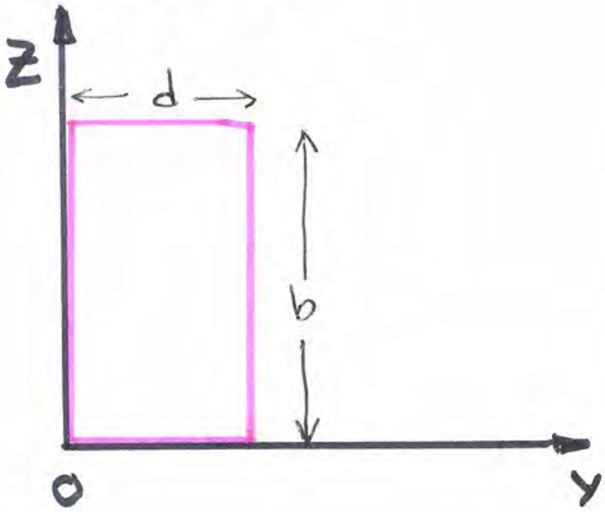
$F_m = \frac{Bva}{R} = \frac{B^2 a^2}{R} v$

$$\boxed{\vec{F_m} = -\frac{B^2 \cdot a^2 \cdot \vec{v}}{R} \hat{i}}$$

→ Va a ser igual al entrar que al salir.

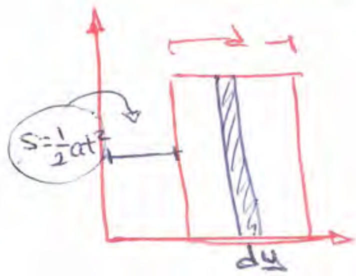
6. Una espira rectangular se mueve en un campo magnético externo dado por $\vec{B} = (6-y)\hat{\imath}$ T. Hallar la fuerza electromotriz inducida de la espira como función del tiempo si parte del reposo y se mueve en dirección positiva OY con $a = 2\,m \cdot s^{-2}$

$d = 0'2\,m$
$b = 0'5\,m$



FÓRMULA

$$\boxed{\mathcal{E} = \frac{-d\Phi}{dt}}$$



$$d\Phi = \vec{B}\, d\vec{S} = (6-y)\hat{\imath} \cdot 0'5\, dy\, \hat{\imath} = 0'5(\;\; - y)\, dy$$

$$\Phi = 0'5 \int_{1/2\, at^2}^{1/2\, at^2 + 0'2} (6-y)\, dy = 0'5 \left\{ 6\left[\tfrac{1}{2}at^2 + 0'2 - \tfrac{1}{2}at^2\right] - \frac{1}{2}\left[\left(\tfrac{1}{2}at^2 + 0'2\right)^2 - \left(\tfrac{1}{2}at^2\right)^2\right] \right\} \Rightarrow \Phi = 0'5 \cdot 1'2 - 0'5\left[\frac{1}{2}\left(0'2\, at^2 + 0'04\right)\right] =$$

$$= 0'6 - 0'25\left[0'4t^2 + 0'02\right] = 0'6 - 0'005 - 0'1t^2$$

$$\mathcal{E} = \frac{-d\Phi}{dt} = \frac{-d(0'6 - 0'05 - 0'1t^2}{dt} = -(-2 \cdot 0'1\, t)$$

$$\boxed{\mathcal{E} = 0'2\, t}$$

7. Una espira se introduce en una región con campo magnético. En el momento en que empieza a introducirse la espira tiene $\underset{\text{nula}}{\underline{v=0}}$. Calcular en función de **t** y mientras la espira entra en la región:

a) La fuerza electromotriz inducida en la espira

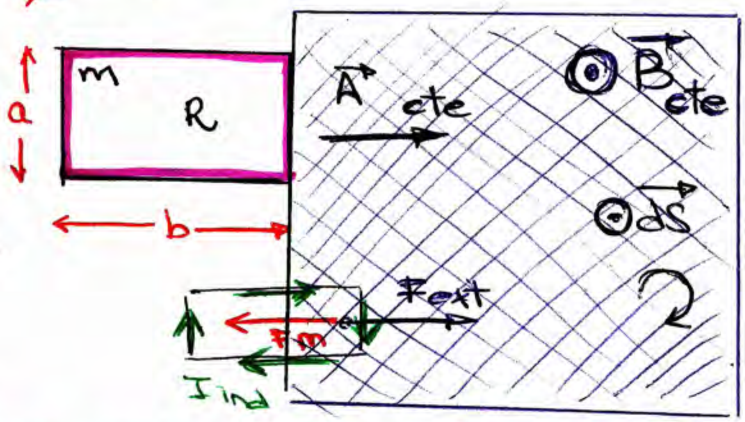
FÓRMULA

$$\boxed{\varepsilon_i = \frac{-d\Phi}{dt}} \quad \Phi = \vec{B}\cdot\vec{dS} = B\frac{1}{2}At^2\cdot a$$

quiere decir que es en el sentido horario.

$$\varepsilon_i = \frac{-d(B\ 1/2 \cdot A \cdot t^2 \cdot a)}{dt} = -B\cancel{2}\cdot\frac{1}{\cancel{2}}\Delta t a = -BAta$$

$$\boxed{\varepsilon_i = BAta}$$



b) Intensidad que circulará por ella

$$\boxed{I = \frac{\varepsilon}{R}} \Rightarrow \boxed{I = \frac{BAta}{R}}$$

SENTIDO HORARIO, PERO NUNCA PONER EL SIGNO.

c) La Fm sobre la espira

FORMULA

$$\boxed{d\vec{Fm} = I\cdot d\vec{\ell}\times\vec{B}} \Rightarrow |Fm| = I\cdot L\cdot B\cdot \operatorname{sen} 90 = ILB = \frac{B^2\cdot A\cdot a^2}{R}$$

$$\boxed{\vec{F_m} = -\frac{B^2 a^2 t A}{R}\hat{\imath}}$$

d) Fuerza externa para mantener el movimiento de la espira

$$\vec{F}_{ext} + \frac{(-B^2a^2tA)}{R} = m\vec{A}$$

FORMULA

$$\Sigma F = mA$$

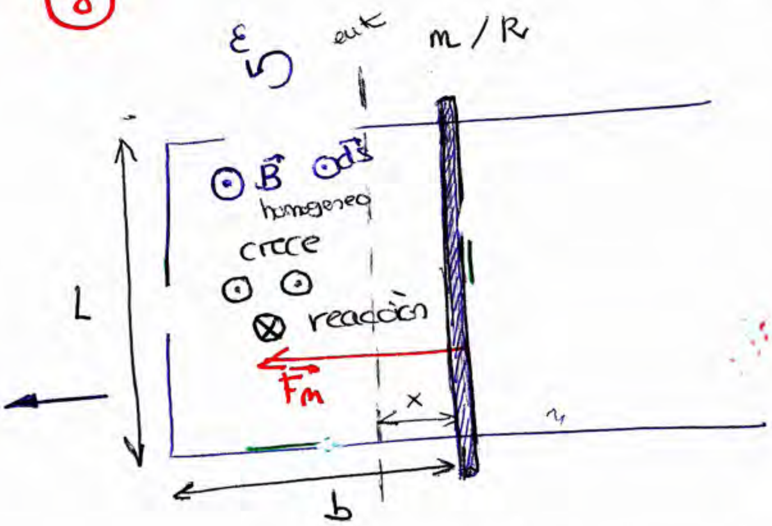
$$F_{ext} - F_m = mA$$

$$\boxed{\vec{F}_{ext} = \left(\frac{B^2a^2At}{R} + mA\right)\hat{\imath}}$$

→ A favor del movimiento de la espira.

$B = 2\left(\frac{t}{s}\right)t = At$

8



$V_0 = 0$

$\vec{B}$ = crece con el tiempo según:

$\vec{B} = 2t$

a) Se moverá la barra? Si es así, en que sentido lo hará? Razonar.

b) Φ en cada instante que atraviesa el circuito

c) Intensidad

d) Fuerza para que se mueva con $\vec{v}$ cte.

a) Sí se moverá, por un efecto de inducción electromagnética. En $t=0 \Rightarrow v=0$ pero luego empezará a moverse.

b) El flujo crece asique el sistema tiende a que decrezca reduciendo el area

$$\Phi = B \cdot L \cdot (b - x(t)) = 2t \cdot L \, (b - x(t))$$

c) $\boxed{I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}}$ $\boxed{\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}}$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\,(2t)\,L\,(b - x(t))}{dt} = -\left[2L(b - x(t)) - 2Lt\,\dot{x}(t)\right] = 2t \cdot L\,x^2 - 2L(b-x) =$$

$$= -\left[AL(b-x) + ALt - (v(t))\right] =$$

$$= -AL\left[b - x(t) - t\,v(t)\right]$$

no es en ese sentido, es contrario

$$I = \frac{2L}{R}\left[\dot{x}t - b + x\right]$$

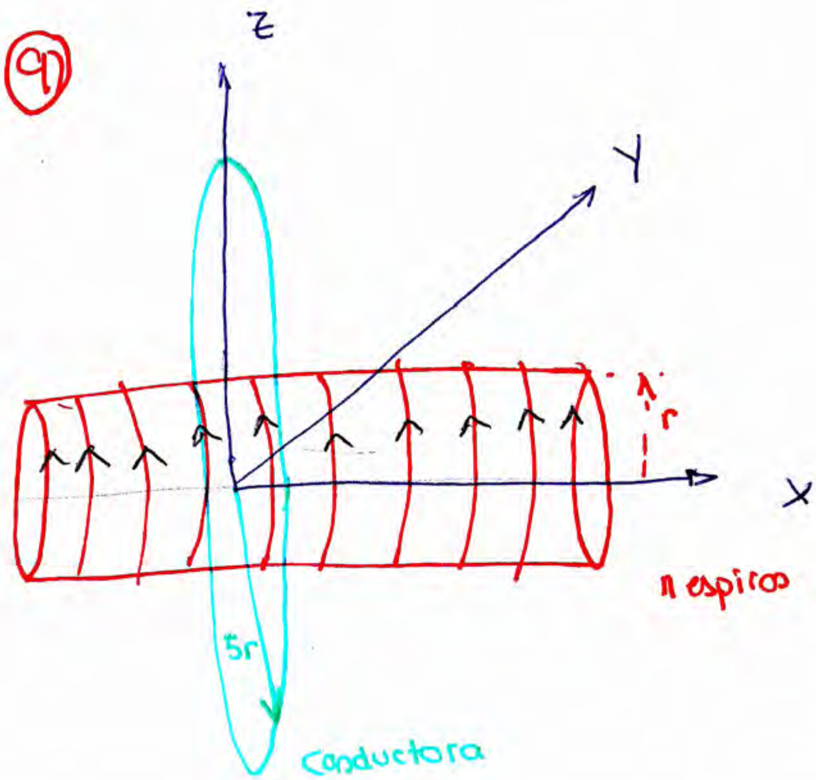
$|\vec{F}_{ext}| = |\vec{F}_m|$ pero opuestos

d) $F_m = I \cdot d\vec{l} \times \vec{B} = I \cdot L \cdot B = I \cdot L \cdot B = \frac{2L^2}{R}(\dot{x}t - b + x)\,B =$

$$= \frac{2L^2}{R}(\dot{x}t - b + x) \cdot 2t$$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{2L^2}{R}(\dot{x}t - b + x)\,2t\,\hat{i}}$$

9



ε_i? Si:

a) Espira rota alrededor de X con ω cte

b) plano de la espira oscila en torno a Z según:

$\theta(t) = 0'03 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{20}t\right)$ rad

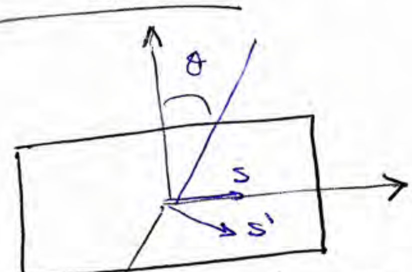
ángulo entre plano espira e YZ.

c) $V(t) = 3t$

d) $V(t) = 3t$, $I(t) = 3 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{20}t\right)$

a) $\boxed{\varepsilon_i = \frac{-d\Phi}{dt} = 0}$ $\Rightarrow$ porque $\Phi = \mu_0 \cdot n \cdot I \cdot \pi r^2$, no depende de t

b)



Φ antes $= B \cdot S$

Φ después $= B \cdot S' \cos\theta = B \cdot S$

$\boxed{\varepsilon_i = 0}$

c) $I = \frac{\varepsilon}{R}$ $\quad \varepsilon = \frac{-d\Phi}{dt}$, $d\Phi = B \cdot S$

no hay D porque no cambia B ni S.

$\boxed{\varepsilon = 0}$

d) $B = \mu_0 \cdot n \cdot I = \mu_0 n \cdot 3 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{20}t\right)$

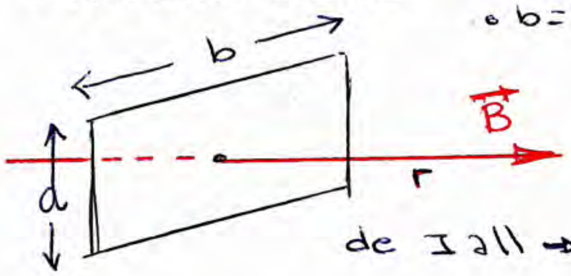
$\Phi = \left(\mu_0 n \cdot 3 \operatorname{sen} \frac{\pi}{20} t\right) \cdot \pi r^2$

va en sentido horario

$$\varepsilon = -\frac{d\left(\mu_0 n\, 3 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi t}{20}\right) \cdot \pi r^2\right)}{dt} = \boxed{-\frac{3}{20} \cdot \mu_0 \cdot n \cdot r^2 \cdot \pi^2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{20}t\right) = \varepsilon_i}$$

10. Una bobina se conecta a un integrador de corrientes. La resistencia total es de $20\,\Omega$. Tras girar $90°$ la bobina, la carga total que ha pasado por el integrador es igual a $9.4\,\mu C$. Calcular el valor del campo magnético en el punto:

- $N = 300$ vueltas
- $a = 5\,cm$
- $b = 15\,cm$



de I a II $\rightarrow q = 94\,\mu C$

FÓRMULA

$$q = \int I(t)\,dt \rightarrow dq = I(t)\,dt$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{dq}{dt}$$

$$I = \frac{d\Phi}{\cancel{dt}} \cdot \frac{1}{R} = \frac{dq}{\cancel{dt}}$$

$$\int_{I}^{II} dq = \int_{I}^{II} \frac{1}{R} \cdot d\Phi \rightarrow q = 9'4\,\mu C = \frac{1}{R}\,(\Phi_{M} - 0) = \frac{\Phi_{MÁX}}{R} = 94\,\mu C$$

$$9'4\,\mu C = \frac{B\,a\,b\,N}{R} \rightarrow \boxed{\vec{B} = 8'35 \cdot 10^{5}\ T}$$

11. Utilizando el mismo sistema que en el 10, lo ponemos en una disposición en la que no se acople $\vec{B}$ con la bobina y después le acoplamos un electroimán que produce $\vec{B} = 1T$ $\perp$
¿Qué carga mediría ahora el integrador de corriente?

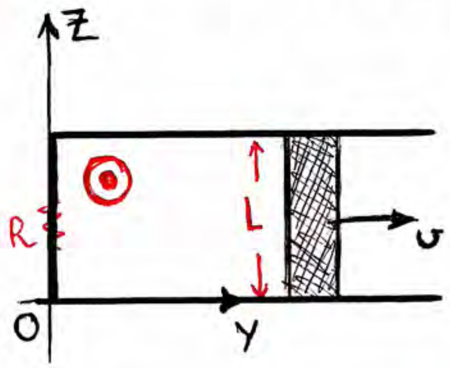
- Usamos el mismo procedimiento que en el ejercicio anterior, solo que ahora $\vec{B} = 1T$ del electroimán.

Por lo tanto:

$$q = \frac{BabN}{R} = \frac{1 \cdot 0'05 \cdot 0'15 \cdot 300}{20} \Rightarrow \boxed{q = 0'1125\ C}$$

12. Una barra conductora se mueve con $v_{cte} = v_0\,\hat{j}$ sobre dos raíles conductores sin rozamiento. El campo magnético exterior es estacionario pero no uniforme, y viene dado por $\vec{B}(\vec{r}) = (5y - 0'5y^2)\,\hat{\imath}$ T ($[y]$ = metros). Si en el instante inicial la barra se encuentra a $y=0$:

a. Calcular I que circula por el circuito en función del tiempo.



• Teniendo en cuenta $y = vt$, ponemos el campo magnético en función del tiempo.

$$\vec{B}(r) = (5y - 0'5y^2)\,\hat{\imath}$$
$$\vec{B}(r) = (5\cdot v\cdot t - 0'5\cdot v^2\cdot t^2)\,\hat{\imath}$$
$$\vec{B}(r) = \underbrace{0'05}_{5\cdot 10^{-2}}(5t - 0'025t^2)\,\hat{\imath}$$

DATOS:
$v = 5\ m\cdot s^{-1}$
$L = 10\ cm = 10^{-1}\ m$
$R = 25\ \Omega$

* Como en el ejercicio 1.a.

$$\varepsilon = -\frac{\Phi}{R} = \dots = B\ell v$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B\ell v}{R} = \frac{\cancel{5}\cdot 10^{-2}\,|5t - 0'025t^2|\cdot \cancel{5}\cdot 10^{-2}\cdot 10^{-1}}{25 = \cancel{5}\cdot\cancel{5}}$$

$$\boxed{I = 10^{-5}\,|5t - 0'025t^2|}\ \text{Amperios}$$

• Ahora calculamos cuando la intensidad vale cero

$$I = \frac{B\ell v}{R} \longrightarrow 0 = B\ell v \longrightarrow 0 = 5t - 0'025t^2 = t\,(5 - 0'025t)$$

$\longrightarrow t = 0$ s

$\longrightarrow t = 200$ s

• Para $t < 200$ s sentido horario
• Para $t > 200$ s sentido antihorario

• En $t = 200$ s no circula intensidad, y si calculamos la posición
$y = vt \rightarrow y = 0'05\cdot 200 = 10$ m

b. Fext para mantener v = cte

La fuerza magnética tiene que ser del mismo valor pero sentido opuesto a la Fext, por lo tanto → $F_{ext} = -F_m$ para que 'se compensen' y la velocidad sea constante.

$$\underbrace{F_m = F_{ext} = BbI}_{\text{FÓRMULA}} = \underbrace{5\cdot 10^{-2}\,|5t - 0'025t^2|}_{B}\cdot \underbrace{10^{-1}}_{b}\cdot \underbrace{10^{-5}\,|5t - 0'025t^2|}_{I}$$

13. Un motor eléctrico es diseñado para ser alimentado a 240 V y para que su $\omega_{MAX} = 50$ r.p.s. Calcular la constante de flujo del motor. Si su resistencia eléctrica es de 2 Ω, calcular el par motor → momento de fuerza, y la potencia mecánica que suministra cuando trabaja a 45 r.p.s.

$\omega_{MAX} = 2\pi f \rightarrow \omega_{MAX} = 100\pi$ rad/s

$\varepsilon = \underset{\uparrow \text{flujo motor}}{\Phi} \cdot \omega_{MAX} \longrightarrow \Phi = \dfrac{240}{100\pi} = \boxed{0'76 \text{ Wb} = \Phi}$

$\longrightarrow f = 45$ r.p.s $\rightarrow \omega = 2\pi 45 = \boxed{90 \text{ rad/s} = \omega}$

$$\boxed{M = \frac{\Phi}{R}(\varepsilon - \Phi\omega) = \frac{0'76}{2}(240 - 0'76 \cdot 90\pi) = 9'5 \text{ Nm}}$$

$P_{mec} = M\omega = 9'5 \cdot 90\pi \rightarrow \boxed{P_{mec} = 2'686 \text{ KW}}$

14. Para el motor del ejercicio anterior ↑ y alimentado con la misma tensión. Calcular para 50, 45, 25 y 0 r.p.s. de frecuencia de revolución: ε_{ind}, M, P_{MEC}, y Ef energética del motor.

$\boxed{50 \text{ r.p.s}}$

DATO:
$\Phi = 0'75$ Wb

Para $f = 50$ rps $\rightarrow \omega = 100\pi$ rad/s

$\varepsilon_{fcem} = \varepsilon_{ind} = \Phi\omega = 0'76 \cdot 100\pi = 240 V = \varepsilon_{ext}$

$I = \dfrac{\varepsilon - \varepsilon_{ind}}{R} = \dfrac{240 - 240}{R} = 0$

$\boxed{\eta = \dfrac{P_{mec}}{P_{fuente}}} = 0$

$M = \dfrac{\Phi}{R}(\varepsilon - \Phi\omega) = 0$

$P_{mec} = M\omega = 0$

$\boxed{0 \text{ r.p.s.}}$

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{fuente}}, \quad P_{fuente} = \mathcal{E} I$$

Para $f = 0$ rad/s $\longrightarrow \omega = 0$ rad/s

$$\boxed{I} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_{ind}}{R} = \frac{240 - 0}{2} = \boxed{120 \text{ A}}$$

$$\boxed{M} = \frac{\Phi}{R}(\mathcal{E} - \Phi\omega) = \frac{0'76}{2}(240 - 0) = \boxed{91'2 \text{ Nm}}$$

$P_{mec} = M \cdot \omega = 0 \qquad \eta = \dfrac{0}{240 \cdot 120} = 0 \qquad \boxed{\eta = 0\%}$