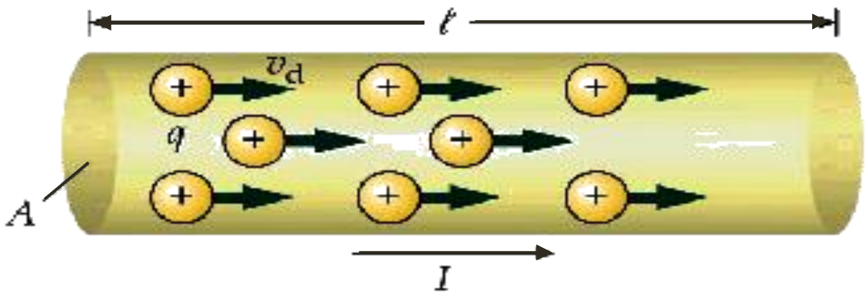
Instituto Tecnológico Metropolitano ITM

6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

Supongamos un alambre situado en el interior de un campo magnético.



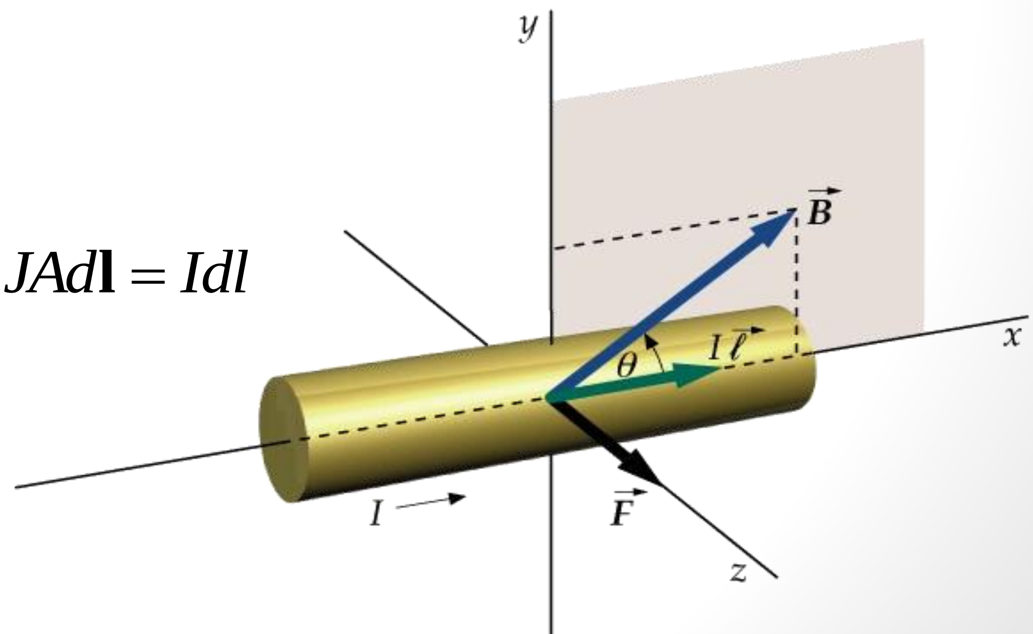
El campo magnético interacciona con cada una de las partículas cargadas cuyo movimiento produce la corriente

$$d\mathbf{F} = dQ\mathbf{v}_d \times \mathbf{B}$$

$$dQ = nqAdl$$

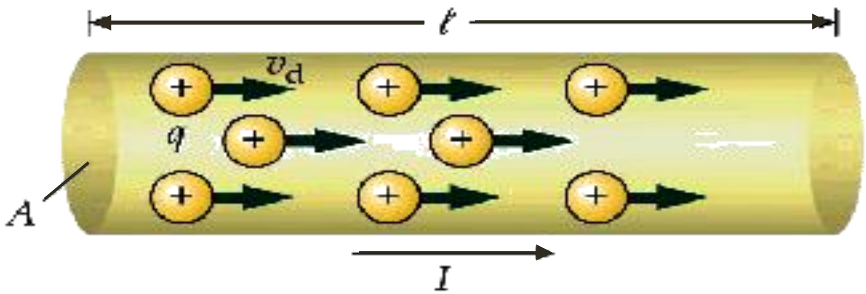
$$\mathbf{v_d}dQ = \mathbf{v_d}nqAdl = \mathbf{J}Adl = JAd\mathbf{l} = Idl$$

$$d\mathbf{F} = Id\vec{l} \times \mathbf{B}$$



6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

Supongamos un alambre situado en el interior de un campo magnético.



$\mathbf{r}_A$ $\mathbf{r}_B$

a) Caso particular: B=cte

$$\mathbf{F} = \int_A^B I d\vec{l} \times \mathbf{B} = I\left(\int_A^B d\vec{l}\right) \times \mathbf{B} = I\left(\mathbf{r_B} - \mathbf{r}_A\right) \times \mathbf{B}$$

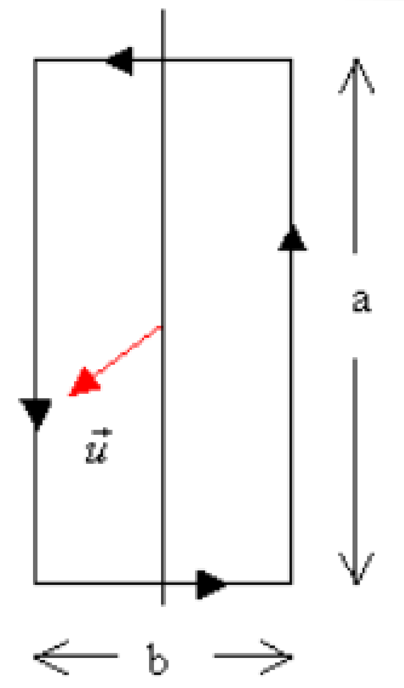
Conductor rectilíneo

la fuerza neta será $\mathbf{F} = I\,\vec{l} \times \mathbf{B}$

6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

b) Caso particular: Conductor de forma arbitraria, para el ejemplo usaremos una espira de corriente.

$$I d\vec{l}$$ Elemento de corriente



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

$$F_1 = Il_1(\hat{\jmath})\ x\ B_0(\hat{k}) \longrightarrow F_1 = IaB_0(\hat{\imath})$$

$$F_2 = Il_2(\widehat{-i})\ x\ B_0(\hat{k}) \longrightarrow F_2 = -IbB_0(\hat{\jmath})$$

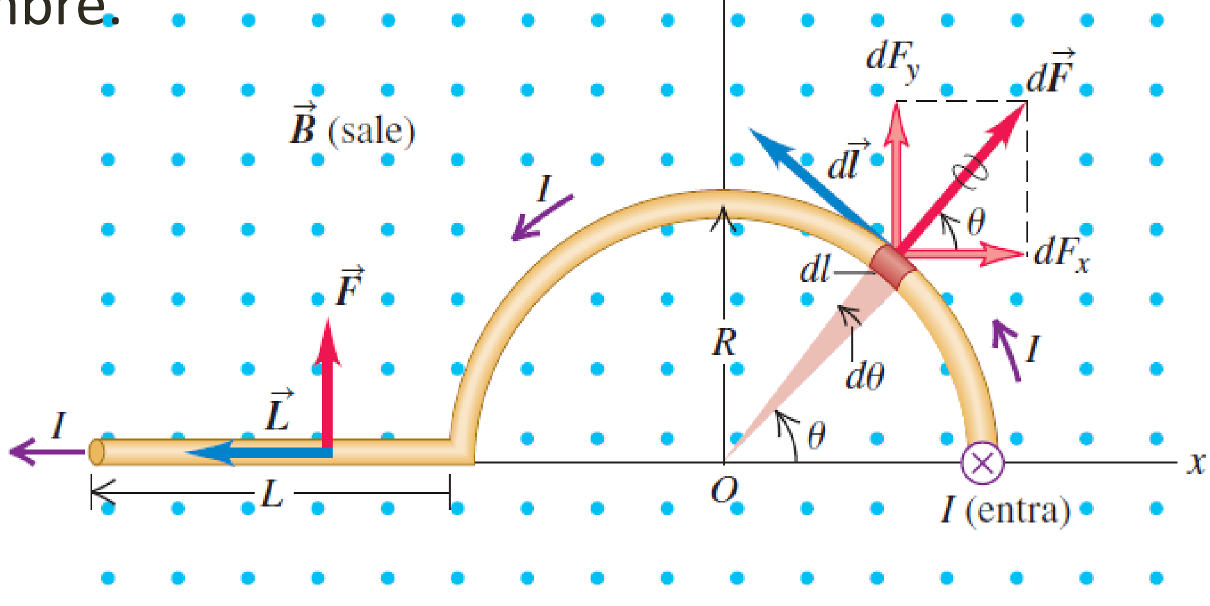
$$F_3 = Il_3(-\hat{\jmath})\ x\ B_0(\hat{k}) \longrightarrow F_3 = -IaB_0(\hat{\imath})$$

$$F_4 = Il_4(\hat{\imath})\ x\ B_0(\hat{k}) \longrightarrow F_4 = IbB_0(\hat{\jmath})$$

Por tanto la fuerza neta será =0

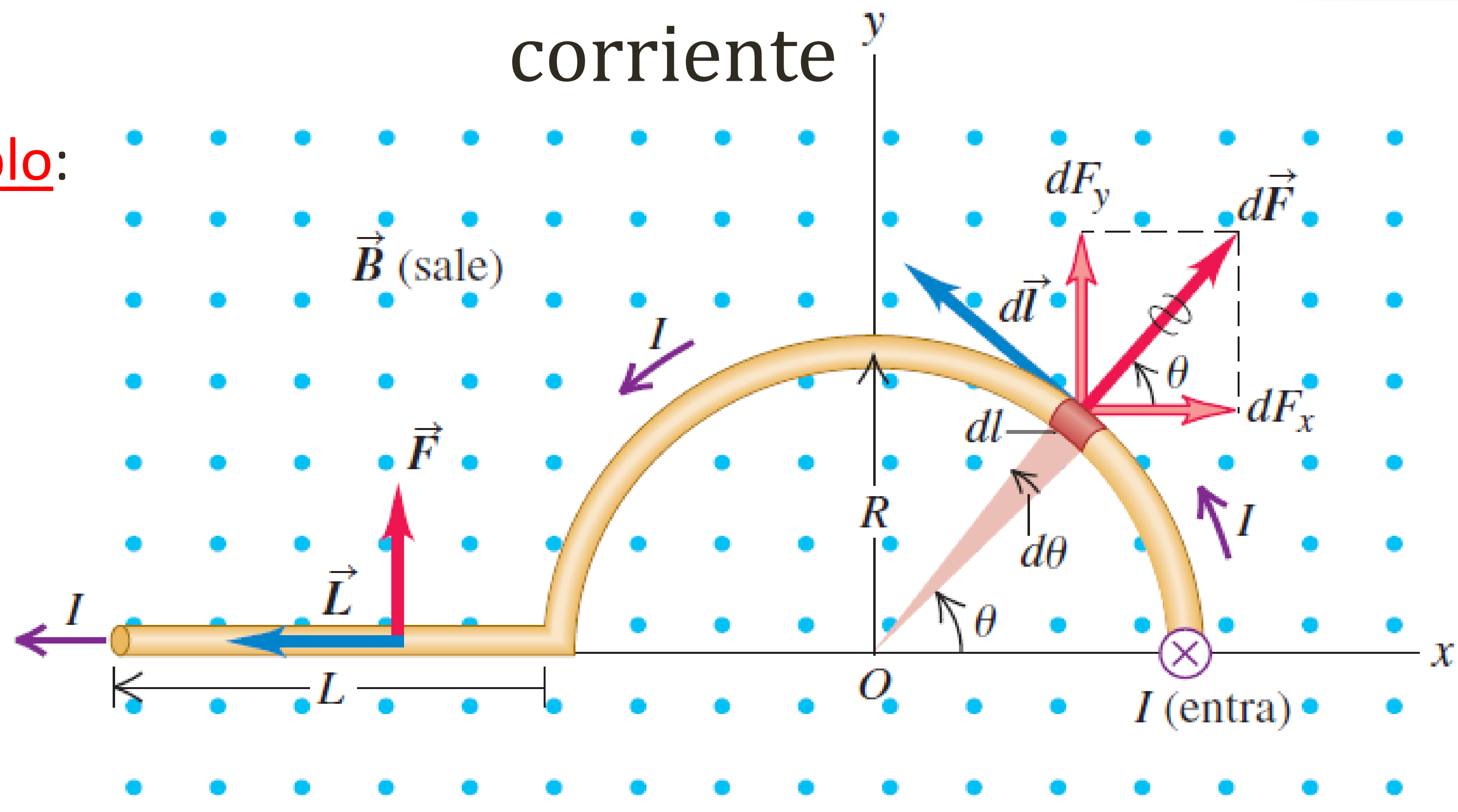
6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

Ejemplo: En un campo magnético uniforme B y perpendicular al plano saliente, donde un conductor que tiene un segmento rectilíneo con longitud en la derecha, con la corriente en sentido opuesto a seguido de un semicírculo con radio R y, por último, otro segmento rectilíneo con longitud L paralelo al eje x (como se indica). El conductor transporta una corriente I. Obtenga la fuerza magnética total sobre estos tres segmentos de alambre.



6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

Ejemplo:



En el semicírculo $dl = R\, d\theta$

La dirección de $d\vec{l} \times \vec{B}$ es radialmente hacia fuera del centro

$$dF_y = IR\, d\theta\, B \operatorname{sen}\theta$$

6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

Ejemplo:

$$dF_y = IR\,d\theta\,B\,\text{sen}\,\theta$$

$$F_y = IRB\int_0^{\pi} \text{sen}\,\theta\,d\theta = 2IRB$$

En el alambre que entra

$$\mathbf{F} = \int_A^B I d\vec{l} \times \mathbf{B}$$

$$F_x = 0$$

En el alambre frontal

$$\boldsymbol{F_y = -Idx(\hat{\imath})\ x\ B(\hat{k})}$$

$$\boldsymbol{F_y = \int_{-R-l}^{-R} IBdx(\hat{\jmath})}$$

6.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

<u>Ejemplo</u>:

En el alambre frontal

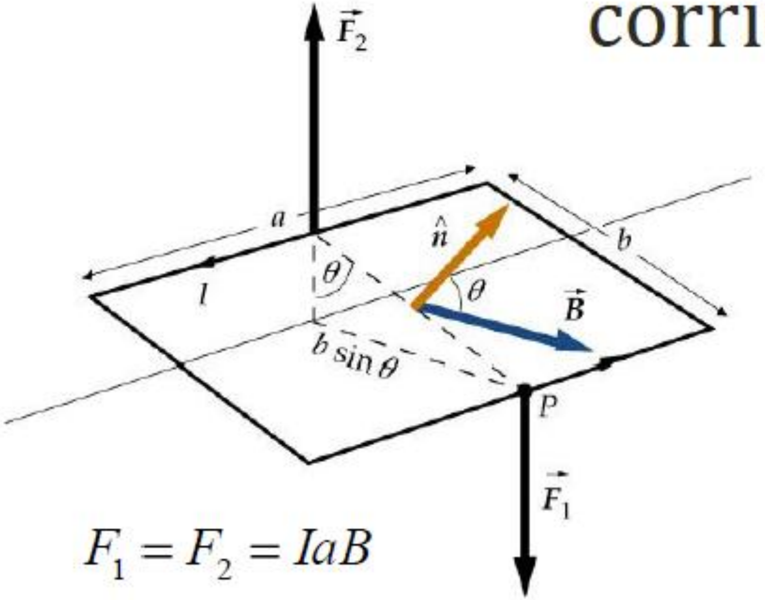
$$F_y = -Idx(\hat{\imath})\ x\ B(\hat{k}) \qquad F_y = \int_{-R-l}^{-R} IBdx(\hat{\jmath})$$

$$F_y = IBL$$

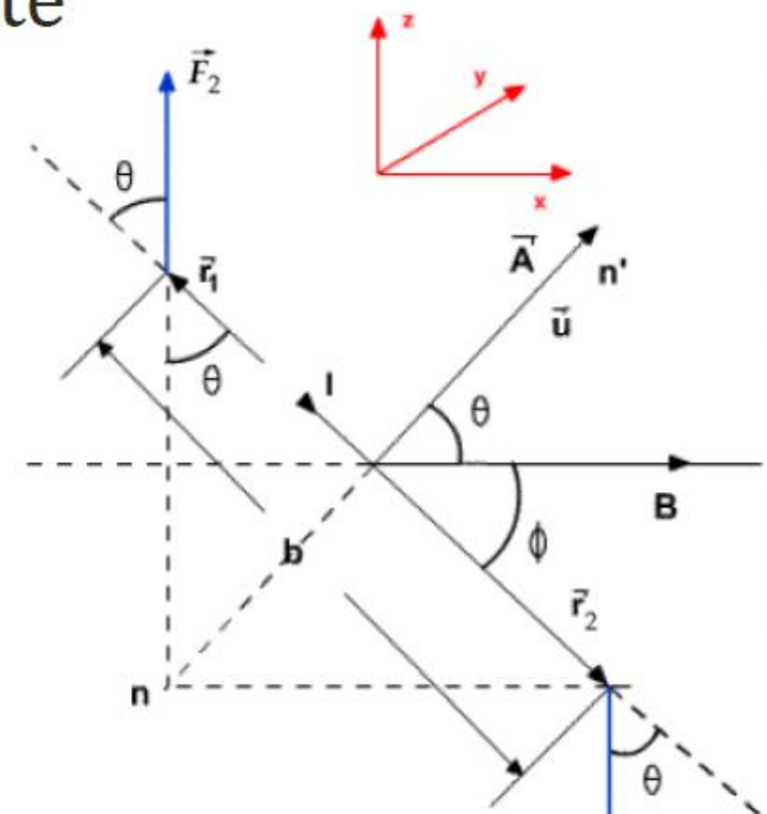
La fuerza total es:

$$\vec{F} = IB(L + 2R)\hat{\jmath}$$

6.5 Momento Magnético sobre una espira de corriente

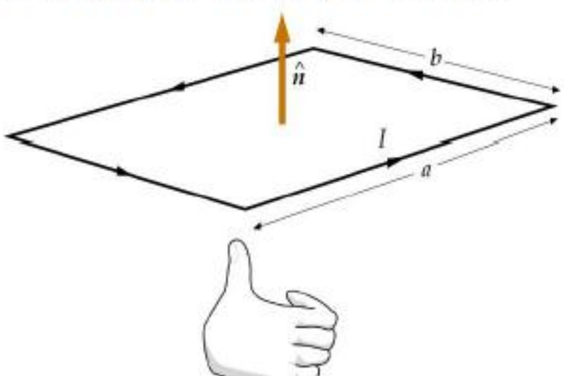


$$F_1 = F_2 = IaB$$



$$\vec{\tau} = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2$$

Criterio para la elección de la dirección del vector normal



$$\tau = IaB\left(\frac{b}{2}\right)sen\,\theta + IaB\left(\frac{b}{2}\right)sen\,\theta$$

$$\tau = F_{total}\,bsen\,\theta = IaBbsen\,\theta = IABsen\,\theta \quad \tau = IABsen\theta = \mu Bsen\theta$$

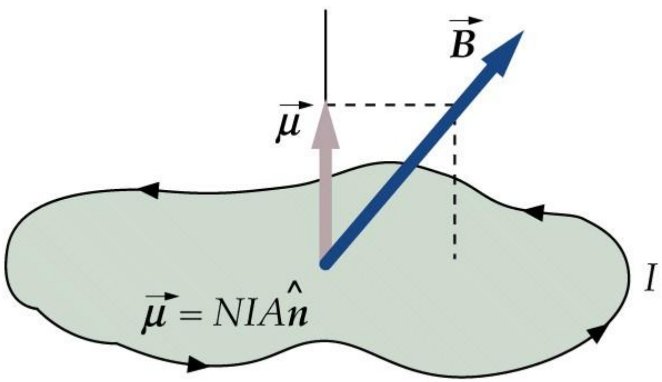
6.5 Momento sobre una espira de corriente

$$\tau = F_2 b sen\theta = IaBb sen\theta = IAB sen\theta$$

$$\tau = IAB sen\theta = \mu B sen\theta$$

$$\Downarrow$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \mathbf{B}$$



Momento magnético de una espira

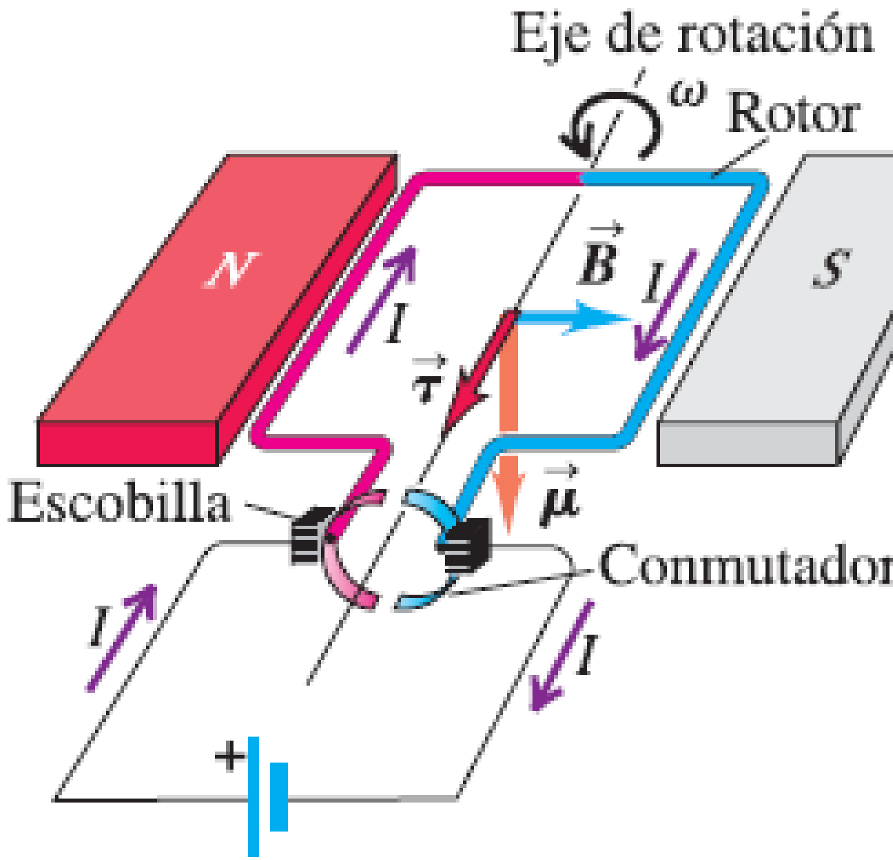
Torque o momento sobre una espira de corriente en un campo magnético

Se acostumbra agrupar a la corriente **I** con el vector de área **A** para formar un nuevo vector asociado con la espira con corriente. El nuevo vector se define como.

$$\vec{\mu} = I\vec{A}$$

Y se llama **momento dipolar magnético** de la espira de corriente

6.5 Momento sobre una espira de corriente



- La corriente ingresa por el lado rojo del rotor y sale por el lado azul.
- Por lo tanto, el par de torsión magnético hace que el rotor gire en sentido antihorario.

6.6 Energía potencial de un Momento dipolar Magnético

Un dipolo magnético tiene una energía potencial asociada con su orientación en un campo magnético externo.

Se define esta energía potencial como el trabajo que debe realizar un agente externo para hacer girar el dipolo desde su posición de energía cero (α = 90º) hasta una posición α .

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$$

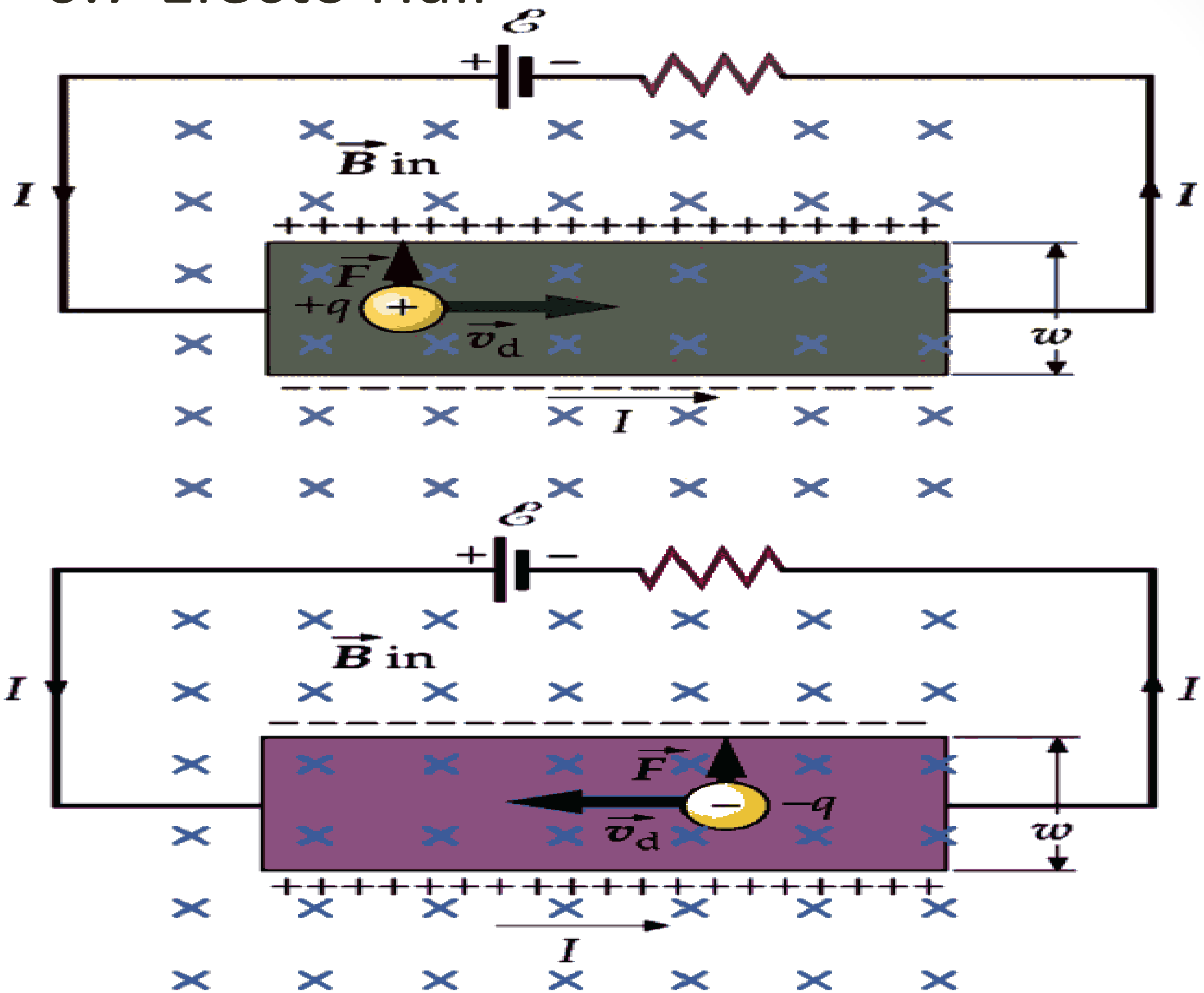
Torque o momento sobre una espira de corriente en un campo magnético

$$Up = -\vec{\mu} . \vec{B}$$

$$Up = -\vec{P} . \vec{E}$$

Energía potencial de un Momento dipolar magnético

6.7 Efecto Hall



$$\boxed{V_H = v_d\, B\, w}$$

Voltaje Hall