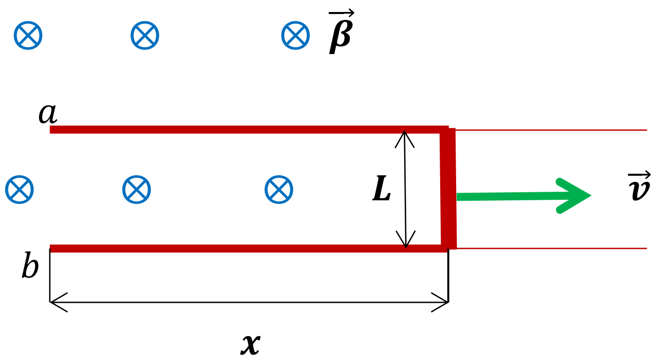
Producción de fuerza electromotriz. 1 VARILLAS EN MOVIMIENTO

Ejemplo 1

El siguiente problema es muy típico. Sea una varilla conductora de longitud L que se mueve dentro de un campo magnético $\vec{\beta}$, de módulo constante y dirección perpendicular al plano del papel y hacia dentro de él, tal como indica la figura. La varilla se mueve con velocidad v constante también, sobre los rieles también conductores A y B. Calcular la fuerza electromotriz que se genera entre los bornes a y b extremos de los rieles. Deducir el sentido de la corriente inducida y la fuerza que el campo magnético ejerce sobre la varilla.



Consideramos la espira formada por la varilla conductora y los dos rieles remarcados en rojo que definen la superficie a estudiar. El vector superficie, perpendicular a ella, lo elegimos del mismo sentido que el campo magnético (en principio esta elección es arbitraria al ser una superficie abierta). Lo primero que hacemos en estos problemas es calcular el flujo por la espira:

$$\mathbf{\Phi} = \beta \cdot S \cdot cos\varphi = |S = xL| = \beta \cdot xL \cdot cos0 = \boldsymbol{\beta x L}$$

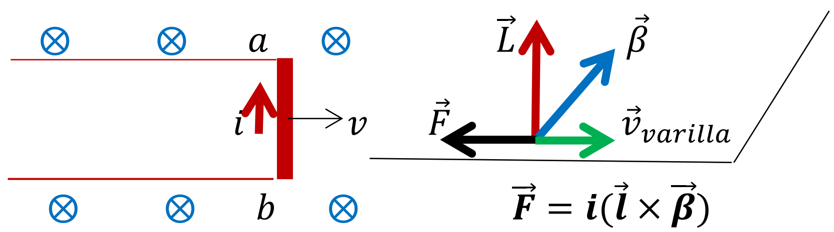
Y, como vemos, depende de la variable x que es función del tiempo por estar moviéndose la varilla. Por lo tanto, el flujo está variando y se va a producir una fuerza electromotriz.

La ley de la inducción nos da el valor de la fuerza electromotriz entre los extremos ***a y b***.

$$\boldsymbol{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(\beta x L)}{dt} = -\beta L\frac{dx}{dt} = -\boldsymbol{\beta L v}\ (voltios)$$

Donde, a la hora de derivar, se ha tenido en cuenta que L y β son constantes y que la derivada de la variable *x*, posición, respecto del tiempo, es la velocidad con la que se mueve la varilla.

Para deducir el sentido de la corriente suponemos uno arbitrario**, en nuestro caso hacia arriba**. **Si la fuerza que el campo magnético ejerce sobre la corriente es en contra del movimiento de la varilla hemos acertado al suponer ese sentido (la corriente se opone a la causa que la produce).** La producción de la corriente eléctrica es “a costa” de un trabajo exterior. Lo que no puede pasar es que se produzca la corriente eléctrica y además la varilla se mueva sola, el principio de la conservación de la energía, por ejemplo, no se cumpliría. Si con el sentido elegido para la corriente, la fuerza magnética fuera a favor del movimiento el sentido de la corriente sería el contrario.



Hemos supuesto que la corriente va desde b hasta a y, como observamos en la figura de la derecha, **efectivamente la fuerza que el campo ejerce sobre esa corriente es contraria al movimiento de la varilla** y, por lo tanto, **ese es el sentido de la corriente**. Podemos decir ahora, con más rigor:

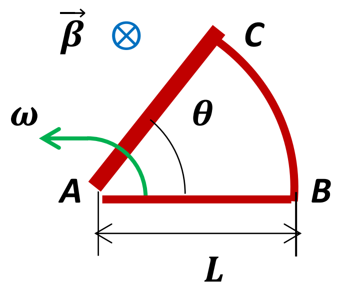
$$\boldsymbol{V_b - V_a = \beta L v}$$

Puesto que la intensidad va mayor a menor potencial.

Ejemplo 2

En este caso, la varilla gira respecto de uno de sus extremos, el extremo b, con velocidad angular constante en el sentido contrario a las agujas del reloj. El campo magnético es perpendicular a la pizarra y de sentido "hacia dentro" de ella.

Lo primero que tenemos que calcular es el flujo. Vamos a calcularlo sobre el sector circular ***ABC***. Se producirá una fuerza electromotriz entre sus extremos.



El área formada por los puntos $a, b\ y\ c$ es

$$\begin{matrix} 2\pi\ (Rd) \rightarrow \pi R^2 \\ \theta \rightarrow A \end{matrix} \rightarrow \boldsymbol{A = \frac{1}{2}\theta L^2}$$

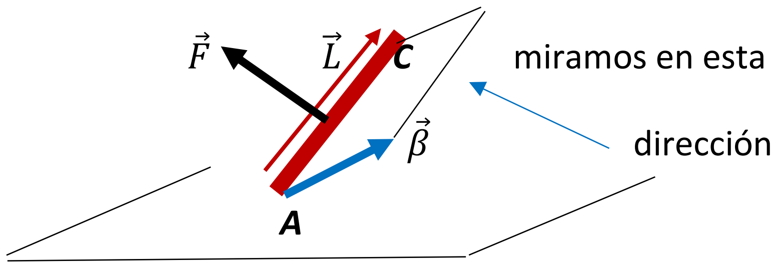
El flujo por ella

$$\emptyset = \boldsymbol{\frac{1}{2}\theta L^2 \beta} \rightarrow$$

Aplicando la ley de Faraday:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = -\frac{d\emptyset}{dt} = -\frac{1}{2}\beta L^2 \frac{d\theta}{dt} = \boldsymbol{-\frac{1}{2}\beta L^2 \omega}$$

Para calcular el sentido de la corriente, el proceso es el mismo que en el ejemplo anterior. Suponemos que por la varilla en movimiento la intensidad de corriente inducida va en uno de los dos sentidos posibles, por ejemplo, del extremo ***A*** al extremo ***C***.



Hemos intentado representar en la figura las direcciones de los vectores $\vec{L}$ y $\vec{\beta}$ para poder visualizar el vector $\vec{F}$ sobre la varilla. Si miramos a esos vectores desde la derecha, veremos que al llevar $\vec{L}$ sobre $\vec{\beta}$ **giramos en el sentido de las agujas del reloj** y, por lo tanto**, el tornillo se aleja de nuestros ojos**. La fuerza irá entonces de derecha a izquierda, como se ha representado. Como **esa fuerza va a favor del movimiento** (fijarse en la primera figura en donde se ha representado la velocidad angular y el giro de varilla en el sentido contrario a las agujas del reloj), **deducimos que el sentido de la intensidad es el contrario**, del extremo ***C*** al extremo ***A***. Podemos decir entonces

$$\boldsymbol{V_C - V_A = \frac{1}{2}\beta L^2 \omega}$$