

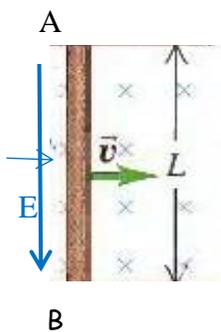
## F.E.M. DE MOVIMIENTO

Muchas veces en ciencias es común razonar por simetría. Veamos un ejemplo: Mientras aquí estábamos en pleno período de independencia, en las universidades europeas se estudiaba el reciente descubrimiento de **Oersted** es decir, que **la corriente eléctrica tiene efectos magnéticos**, crea un campo magnético. La pregunta obligada era, entonces, si pasaría lo contrario, **si un campo magnético produciría una corriente eléctrica**.

Y sobre esto trabajaron un estadounidense (J. Henry) y un inglés (Michael Faraday), de manera completamente independiente, llegando, en el mismo año, 1831, a la misma conclusión. Antes de analizar sus experimentos y conclusiones, vamos a analizar una situación "extraña" a modo de introducción:

### Barra metálica en un campo magnético

- Imaginemos que colocamos una barra AB, metálica, dentro de un campo magnético, moviéndose con una velocidad  $\vec{v}$ .



Como sabemos, el metal tiene **electrones libres**, que reciben una **fuerza magnética** ¿hacia dónde, en este caso? Usando el RMI e invirtiendo el sentido, la fuerza magnética será hacia abajo en el dibujo.

Si la carga negativa se acumula en el extremo B de la barra, existe en ella una separación de cargas, y, dentro de ella, un campo eléctrico, señalado en el dibujo.

Entre los extremos de la barra hay, entonces, una diferencia de potencial, que se calcula como  $\Delta V = E \cdot L$ . ¿de acuerdo? Este voltaje es inducido por el campo sobre la barra en movimiento.

Pero ¿por qué se mantienen aglutinados los electrones en este extremo, si se repelen por fuerzas electrostáticas?

Lo que explica que se mantenga la situación de equilibrio dentro de la barra (es decir, la separación entre cargas y el voltaje constante), a pesar de la existencia de fuerza eléctrica, es una fuerza magnética, de sentido contrario y con el mismo módulo. (ver figura)

Entonces:

$$\vec{F}_E = -\vec{F}_B$$

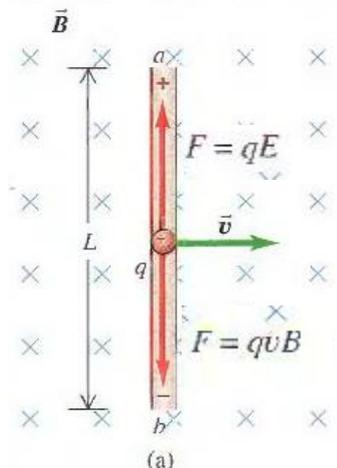
$$F_E = F_B$$

$$qvB = qE \quad \Rightarrow \quad \text{si multiplicamos ambos miembros por la longitud } L$$

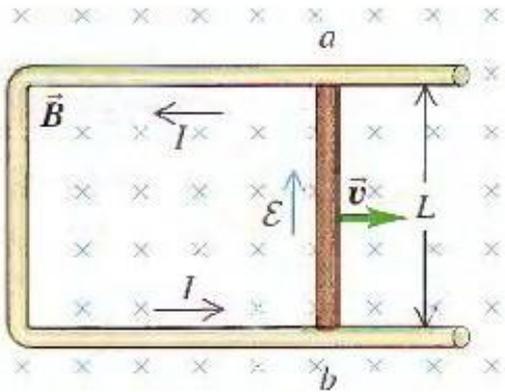
$$vBL = E \cdot L \quad \text{de la barra}$$

$$\boxed{vBL = \Delta V}$$

recordando que  $E \cdot L$  es la diferencia de potencial entre los extremos de la barra.



Si pudiéramos hacer que la barra se deslizara por un riel metálico, conductor, sin ningún tipo de roce, daríamos un camino para que las cargas positivas, aglutinadas en A se trasladaran hacia el extremo negativo (B), de acuerdo al sentido de la corriente convencional -cargas positivas en movimiento-. Tendríamos, entonces, un circuito: una espira por la que circula corriente.



Note que la barra en movimiento se comporta como un generador en este pequeño circuito. Y ¿qué hace un generador? Transforma energía de otro tipo en energía eléctrica.

Vamos a llamar **fem (fuerza electromotriz)** a la capacidad que tiene un generador de transformar energía de otro tipo en energía eléctrica, en forma reversible, por unidad de carga.

► Se simboliza con la letra griega épsilon ( $\epsilon$ ), y se mide en volts. El nombre es solo anecdótico (NO es una fuerza).

► Esta fem se denomina **fem inducida**, porque fue creada, inducida, por el campo magnético existente en esta región. Más allá del nombre, que recuerda su origen, no hay diferencia entre ella y la fem generada por una pila, por ejemplo.

► La diferencia de potencial entre los extremos de la barra, puede considerarse la fem del circuito, o sea :

$$vBL = \epsilon$$

Como ya hemos visto  $\Delta V = iR$ . Si R es la resistencia total del circuito, puede escribirse como:  $\epsilon = iR$   
 Conociendo la resistencia de la espira, podemos calcular la intensidad e corriente inducida.

La posibilidad de generar corriente en una espira inserta en un campo magnético se utiliza en los generadores eléctricos de las empresas que suministran energía eléctrica. En ese caso, no se mueve una barra, se hace girar la espira, porque resulta más cómodo, y tiene los mismos efectos. De esto, hablaremos más adelante; pero ya pueden ir averiguando, cómo funciona un generador.

Un ejemplo breve:

Vamos a estimar un valor de fem inducida. Supongan que queremos fabricar un generador para hacer funcionar un mp3. Se necesita una fem de  $\epsilon = 3,0V$ .

Tengo un alambre para mover de 5,0 cm.

El campo magnético que crea un imán, del que dispongo, es de 0,2 T

¿A qué velocidad debo mover la barra para crear dicha fem?

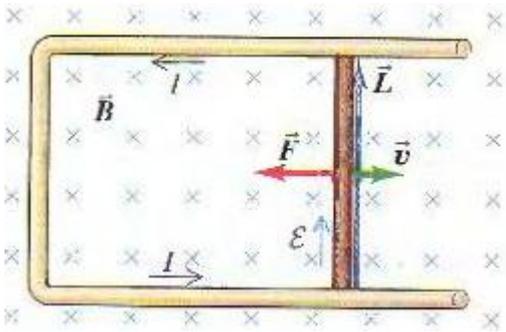
$$E = vBL \quad \text{Despejando: } v = \epsilon / BL = 3 / (0,2 \cdot 0,05) = 300 \text{ m/s}$$

Si bien esta velocidad es muy alta como para obtenerla de forma sencilla, ¿fabricar una bobina de 300 vueltas, y hacer que viaje a 1,0 m/s, generando el mismo efecto?

## Regla de Lenz

¿Cuál es el sentido de la corriente que se induce?

La corriente circula de manera tal que la fuerza magnética que experimenta la barra es en sentido contrario a su velocidad. (compruébelo con la RMI)



Esto es necesariamente así. Pensemos: ¿qué pasaría si la corriente circulara en el otro sentido? La fuerza magnética sería en sentido contrario, acelerando a la barra, y la corriente sería cada vez mayor, la fuerza también sería cada vez mayor, acelerando cada vez más la barra. Esto violaría el **Principio de Conservación de la Energía**.

El sentido de la intensidad está determinado por este Principio, no puede ser cualquiera.

Esto fue descubierto en 1834, por Heinrich Friedrich Emil Lenz, en Rusia. Por lo que se conoce

como la "Regla de Lenz":



"La fem inducida es de naturaleza tal, que sus efectos magnéticos se oponen siempre al cambio que la causó originalmente".

En nuestro ejemplo, la fem inducida produce una corriente que actúa oponiéndose al cambio que la causó, es decir al movimiento de la barra.

La diferencia de potencial de la fem, que determina el sentido de la corriente inducida, depende del cambio que la haya originado.

O sea, para la producción de corrientes inducidas es esencial el **cambio**, que es una manifestación de energía. Cuando un agente externo mueve la barra, debe contrarrestar la fuerza magnética que aparece en ella. El trabajo efectuado en ese proceso es el que suministra la energía necesaria para acumular y sostener la corriente inducida. El campo magnético actúa como intermediario entre el impulsor externo que empuja la barra, y la corriente que resulta.

Por ejemplo, si yo quisiera empujar la barra por el riel, sin roce, en una región donde no hay campo magnético externo, lo haría sin problema. Si existe, en cambio, un campo magnético, tendremos que vencer la oposición de la fuerza magnética, para poder mover la barra a velocidad constante.

Si no fuera así, la corriente se podría crear sin ningún costo energético, y la energía no se conservaría.

Existen amortiguadores magnéticos, que se utilizan, por ejemplo, en las balanzas de precisión, para frenar las oscilaciones de los brazos de la balanza, que si es muy precisa no tiene demasiado rozamiento.

Los gráficos fueron extraídos del libro "Física" Tomo II de los autores Sears- Zemansky.