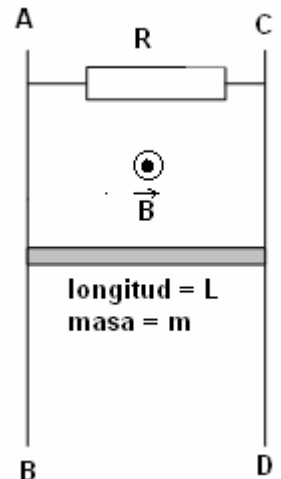


## OPOSICIONES DE FÍSICA Y QUÍMICA 2004. C.V. PRUEBA PRÁCTICA

3.- Entre dos varillas metálicas verticales AB y CD, unidas por una resistencia R, puede deslizarse, sin rozamiento, un conductor de longitud L y masa m. El sistema se halla dentro de un campo magnético homogéneo  $\vec{B}$  dirigido perpendicularmente al plano del papel y sentido hacia fuera como indica la figura. Si se desprecia la resistencia eléctrica del propio conductor y de las varillas:

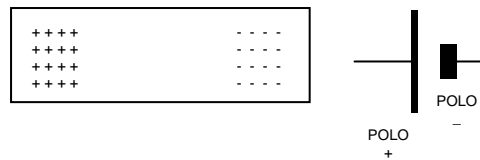


- Indique razonadamente el sentido de la corriente inducida en el conductor
- ¿Cómo se moverá el conductor? Analice la respuesta
- Si el conductor se mueve hacia abajo con velocidad constante de  $v = 30 \text{ m/s}$  y  $B = 0,5 \text{ T}$ ,  $R = 50 \Omega$ ,  $L = 10 \text{ cm}$ ,  $m = 2 \text{ g}$ , calcular la aceleración y la intensidad de corriente que circula por el conductor.

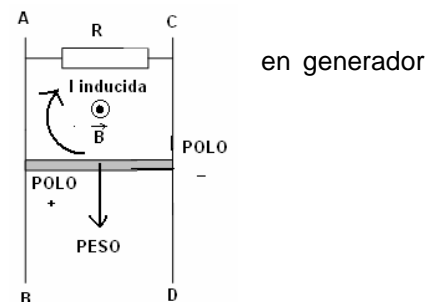
a) Dentro del conductor de longitud L hay cargas eléctricas negativas libres (los electrones de valencia). La fuerza peso de la varilla, de masa m, hace que ésta caiga y por ello los electrones se moverán verticalmente hacia abajo dentro de un campo magnético constante, B, orientado hacia fuera del plano de la figura. Actuará sobre ellos la fuerza de Lorentz:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

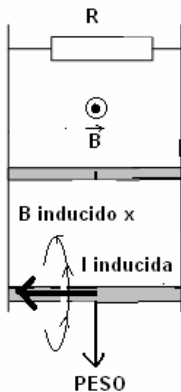
La resolución de este producto vectorial, o la aplicación de la regla de Maxwell para determinar el sentido de F, nos indica que los electrones se desplazarán hacia la derecha (en sentido contrario al que lo harían las cargas positivas) produciéndose una diferencia de potencial en nuestra varilla:



El sentido de la corriente inducida,  $I_{IND}$ , que produce la varilla convertida en nuestro circuito es horario.



Otra forma de deducir el sentido de la corriente inducida es utilizar la ley de Lenz:  $\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt}$ ,



donde el signo  $-$  indica que la *fem* inducida se produce en el sentido de oponerse a la causa que lo produce. Así, al desplazarse la varilla hacia abajo aumenta la superficie encerrada en el circuito, lo que hace aumentar el flujo magnético dentro de dicha superficie. Para disminuir el flujo magnético se creará una corriente inducida en sentido horario porque así dicha corriente producirá a su alrededor un campo magnético con las líneas de fuerza dirigidas hacia el interior de la superficie (x), justo al contrario del sentido de las líneas de campo existentes (salen de la superficie).

b) ¿Cómo se moverá el conductor? Analice la respuesta

Tenemos un conductor (la varilla) recorrido por una corriente inducida  $I_{IND}$  que se encuentra dentro de un campo magnético externo B. Actuará sobre dicha varilla una fuerza magnética que podemos calcular en

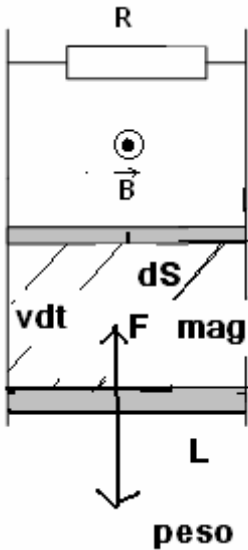
módulo y dirección con la expresión de Laplace:

$$\vec{F} = I_{IND} (\vec{\ell} \times \vec{B})$$

Donde el sentido del vector  $\vec{\ell}$ , longitud del conductor, será el sentido de la corriente que se ha inducido en él,  $I_{IND}$ , es decir,  $\vec{\ell} = -L\vec{j}$  y como indica el enunciado,  $\vec{B} = B\vec{i}$ . Entonces, aplicando la regla de Maxwell para el producto vectorial o simplemente resolviendo el producto vectorial con los datos anteriores:  $\vec{F}_{MAG} = F\vec{k}$

Calcularemos primero la  $I_{IND}$ ,

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{S})}{dt} = -\frac{d(BS \cos \theta)}{dt} = -B \cos \theta \frac{dS}{dt} = -B \frac{Lv dt}{dt} = -BLv$$



Donde observamos que  $B = \text{cte}$ , y el ángulo entre  $B$  y  $S$  también es constante e igual a cero, por lo que su coseno vale uno, y el elemento diferencial de superficie que se produce al moverse la varilla infinitesimalmente hacia abajo debido a la fuerza peso y a la fuerza magnética es:  $dS = v \cdot dt$ . Además, el módulo de la longitud de la varilla es  $|\vec{\ell}| = L$

Aplicando la ley de Ohm obtendremos el valor de  $I_{IND}$ :

$$\varepsilon = I_{IND} \cdot R \Rightarrow I_{IND} = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{BLv}{R}$$

Si llamamos  $\alpha = 90^\circ$  al ángulo entre  $\vec{B}$  y  $\vec{\ell}$  y sustituimos estos valores en la expresión de Laplace podemos hallar el módulo de la fuerza magnética:

$$F_{MAG} = I_{IND} L B \sin \alpha = I_{IND} L B = \frac{B^2 L^2 v}{R}$$

Para determinar el tipo de movimiento aplicamos la 2ª ley de Newton:  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$\vec{P} + \vec{F}_{MAG} = m\vec{a}$$

Cómo todas las fuerzas están aplicadas en el eje vertical escribimos la ecuación escalar:

$$-mg + \frac{B^2 L^2 v}{R} = ma_k$$

Esta ecuación nos permite describir el movimiento:

*“La varilla comienza su movimiento con una aceleración  $g$  debido a la fuerza gravitatoria. A partir del primer instante actúa también sobre la varilla una fuerza magnética opuesta al peso y que aumenta con la velocidad, dando como resultado un movimiento acelerado hacia abajo. La aceleración de este movimiento irá disminuyendo pues conforme aumenta la velocidad la fuerza magnética aumenta hasta que llegará a igualarse a la fuerza peso. En ese instante la aceleración será cero y la varilla continuará moviéndose hacia abajo con movimiento rectilíneo y uniforme.”*

c) Si el conductor se mueve hacia abajo con velocidad constante de  $v = 30 \text{ m/s}$  y  $B = 0,5 \text{ T}$ ,  $R = 50 \Omega$   $L = 10 \text{ cm}$ ,  $m = 2 \text{ g}$ , calcular la aceleración y la intensidad de corriente que circula por el conductor.

En primer lugar hemos de indicar que el enunciado está mal expresado: si la  $v = \text{cte}$  la aceleración es nula.

Interpretaremos la pregunta entendiendo que nos piden calcular la aceleración en el instante en que  $v = 30 \text{ m/s}$ :

$$a_k = -g + \frac{B^2 L^2 v}{m R} = -9,8 + \frac{0,5^2 \cdot 0,1^2 \cdot 30}{0,002 \cdot 50} = -9,05 \text{ m/s}^2$$

El sentido de la aceleración es hacia abajo, por tanto:

$$\vec{a} = -9,05 \vec{k} \text{ m/s}^2$$

Y respecto al valor de la intensidad:

$$I = -\frac{B L v}{R} = -\frac{0,5 \cdot 0,1 \cdot 30}{50} = -0,03 \text{ A}$$

Donde el signo – que viene de la ley de Lenz nos indica que en la varilla la intensidad circula hacia la izquierda (sentido horario dentro del circuito) como ya habíamos comentado.