



DEPARTAMENTO DE  
FÍSICA E QUÍMICA

## Física 2º Bach.

Campo magnético. Inducción electromagnética.

11/03/11

Nombre:

### Problemas

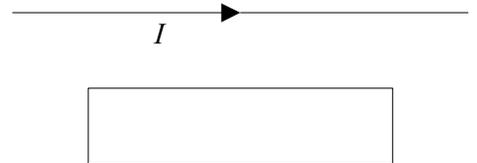
[3 PUNTOS/UNO]

- Dos hilos conductores rectos muy largos y paralelos (A y B) con corrientes  $I_A = 5$  A e  $I_B = 3$  A en el mismo sentido están separados 0,2 m. Calcula:
  - El campo magnético en el punto medio entre los dos conductores (D)
  - La fuerza ejercida sobre un tercer conductor C paralelo los anteriores, de 0,5 m y con  $I_C = 2$  A y que pasa por D.Dato:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$  S.I.
- En un espectrómetro de masas en el que actúa un campo magnético constante de 0,30 T penetra un isótopo de magnesio ( ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ) con una velocidad de 60 km/s. Si el radio de la trayectoria es de 2,70 cm, ¿cuál es la masa del isótopo en u?  
DATOS: Datos:  $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27}$  kg ;  $q_e = -1,60 \times 10^{-19}$  C;  $q({}_{12}\text{Mg}^{2+}) = 3,20 \times 10^{-19}$  C

### Cuestiones

[2 PUNTOS/UNA]

- Un hilo recto largo está en el plano de un bucle de hilo conductor rectangular. El hilo recto conduce una corriente constante  $I$  como se indica en la figura y se mueve hacia el bucle rectangular. Mientras el hilo se mueve hacia el bucle rectangular, la corriente en el bucle:
  - Es siempre cero.
  - Circula en sentido horario.
  - Circula en sentido antihorario.
- Cuando una partícula cargada se mueve dentro de un campo magnético, la fuerza magnética que actúa sobre ella realiza un trabajo que siempre es:
  - Positivo, si la carga es positiva.
  - Positivo, sea como sea la carga.
  - Cero.



# Soluciones

## Problemas

1. Dos hilos conductores rectos muy largos y paralelos (A y B) con corrientes  $I_A = 5 \text{ A}$  e  $I_B = 3 \text{ A}$  en el mismo sentido están separados  $0,2 \text{ m}$ . Calcula:
- El campo magnético en el punto medio entre los dos conductores (D)
  - La fuerza ejercida sobre un tercer conductor C paralelo los anteriores, de  $0,5 \text{ m}$  y con  $I_C = 2 \text{ A}$  y que pasa por D.

Dato:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ S.I.}$

Rta.: a)  $B = 4,0 \times 10^{-6} \text{ T}$ ; b)  $F = 4,0 \times 10^{-6} \text{ N}$  hacia A

### Datos

intensidad de corriente por el conductor A  
 intensidad de corriente por el conductor B  
 distancia entre los conductores  
 permeabilidad magnética del vacío  
 intensidad de corriente por el conductor C  
 longitud del conductor C

### Cifras significativas: 3

$I_A = 5,00 \text{ A}$   
 $I_B = 3,00 \text{ A}$   
 $d = 0,200 \text{ m}$   
 $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$   
 $I_C = 2,00 \text{ A}$   
 $l = 0,500 \text{ m}$

### Incógnitas

campo magnético en el punto D medio entre los dos conductores  $B_D$   
 fuerza ejercida sobre un tercer conductor C que pasa por D  $F_C$

### Ecuaciones

ley de Laplace: fuerza magnética que ejerce un campo magnético  $\mathbf{B}$  sobre un tramo  $l$  de conductor recto por el que circula una intensidad de corriente  $I$   $\mathbf{F}_B = I (\mathbf{l} \times \mathbf{B})$

ley de Biot y Savart: campo magnético  $\mathbf{B}$  creado a una distancia  $r$  por un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente  $I$   $B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r}$

principio de superposición:

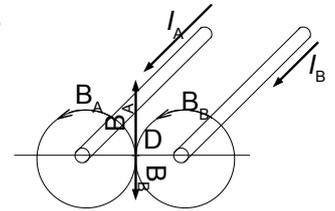
$$\mathbf{B} = \sum \mathbf{B}_i$$

### Solución:

a) El campo magnético creado por un conductor rectilíneo es circular y su sentido viene dado por la regla de la mano derecha: el sentido del campo magnético es el de cierre de de mano derecha cuando el pulgar apunta en el sentido de la corriente.

En el diagrama se dibujan los campos magnéticos  $\mathbf{B}_A$  y  $\mathbf{B}_B$  creados por ambos conductores en el punto medio D.

El campo magnético creado por el conductor A en el punto D equidistante de ambos conductores es:



$$\vec{\mathbf{B}}_{A \rightarrow D} = \frac{\mu_0 I_A}{2 \pi r} \vec{\mathbf{j}} = \frac{4 \pi 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 5,00 [\text{A}]}{2 \pi 0,100 [\text{m}]} \vec{\mathbf{j}} = 1,00 \times 10^{-5} \vec{\mathbf{j}} \text{ T}$$

El campo magnético creado por el conductor B en el punto D equidistante de ambos conductores es:

$$\vec{\mathbf{B}}_{B \rightarrow D} = \frac{\mu_0 I_B}{2 \pi r} (-\vec{\mathbf{j}}) = -\frac{4 \pi 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 3,00 [\text{A}]}{2 \pi 0,100 [\text{m}]} \vec{\mathbf{j}} = -6,00 \times 10^{-6} \vec{\mathbf{j}} \text{ T}$$

y el campo magnético resultante es la suma vectorial de ambos:

$$\mathbf{B}_D = \mathbf{B}_{A \rightarrow D} + \mathbf{B}_{B \rightarrow D} = 1,00 \times 10^{-5} \text{ j [T]} + -6,00 \times 10^{-6} \text{ j [T]} = 4,0 \times 10^{-6} \text{ j T}$$

b) La fuerza que se ejerce sobre un conductor C situado en D es:

$$\mathbf{F}_B = I (\mathbf{l} \times \mathbf{B}) = 2,00 [\text{A}] (0,500 [\text{m}] \mathbf{k} \times 4,0 \times 10^{-6} \text{ j [T]}) = -4,0 \times 10^{-6} \text{ i N}$$

hacia el conductor A si el sentido de la corriente es el mismo que el de los otros conductores.

*Análisis: Los conductores que transportan la corriente en el mismo sentido se atraen y en sentido opuesto se repelen. Aunque se ve atraído por ambos conductores, lo será con mayor fuerza por el que circula mayor intensidad, o sea el A.*

2. En un espectrómetro de masas en el que actúa un campo magnético constante de 0,30 T penetra un isótopo de magnesio ( ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ) con una velocidad de 60 km/s. Si el radio de la trayectoria es de 2,70 cm, ¿cuál es la masa del isótopo en u?

DATOS: Datos:  $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $q({}_{12}\text{Mg}^{2+}) = 3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$

Rta.:  $m = 26 \text{ u}$

Solución:

La ley de Lorentz dice que cuando una partícula de carga  $q$  entra en un campo magnético de intensidad  $\mathbf{B}$ , con una velocidad  $\mathbf{v}$ , la fuerza  $\mathbf{F}_B$  que ejerce el campo magnético sobre la partícula viene dada por el producto vectorial:

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

O vector  $\mathbf{F}_B$  será siempre perpendicular a la velocidad  $\mathbf{v}$ . Siendo la fuerza resultante, por la segunda ley de Newton, la aceleración

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}_{\text{RESULTANTE}} / m$$

será también perpendicular a la velocidad, o sea, será una aceleración normal.

$$|\mathbf{a}| = |\mathbf{a}_N| = v^2 / R$$

en la que  $v$  es el módulo de la velocidad, y  $R$  el radio de la circunferencia. Igualando los módulos:

$$q v B \sin \pi/2 = m v^2 / R$$

y despejando la masa del isótopo

$$m = q B R / v$$

La carga del ion es  $2+$ , o sea, el doble de la carga del electrón (y positiva)

$$q = 2 e = 3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$$

La velocidad en el S.I. es:

$$v = 60 \text{ [km/s]} \cdot 10^3 \text{ [m/km]} = 6,0 \times 10^4 \text{ m/s}$$

Sustituyendo los datos

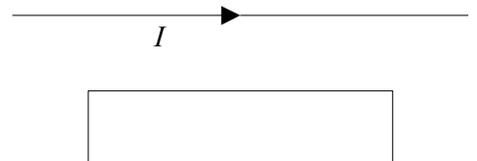
$$m = q B R / v = 3,20 \times 10^{-19} \text{ [C]} \cdot 0,30 \text{ [T]} \cdot 2,70 \times 10^{-2} \text{ [m]} / 6,0 \times 10^4 \text{ [m/s]} = 4,32 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$m = 4,32 \times 10^{-26} \text{ [kg]} \cdot 1 \text{ [u]} / 1,66 \times 10^{-27} \text{ [kg]} = 26 \text{ u}$$

## Cuestiones

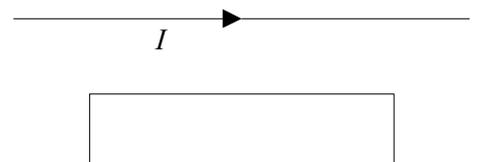
1. Un hilo recto largo está en el plano de un bucle de hilo conductor rectangular. El hilo recto conduce una corriente constante  $I$  como se indica en la figura y se mueve hacia el bucle rectangular. Mientras el hilo se mueve hacia el bucle rectangular, la corriente en el bucle:

- A) Es siempre cero.  
B) Circula en sentido horario.  
C) Circula en sentido antihorario.



Solución:

- a) Por la ley de Faraday – Lenz, se inducirá en la espira una corriente



que se oponga a la variación de flujo a través de la espira.

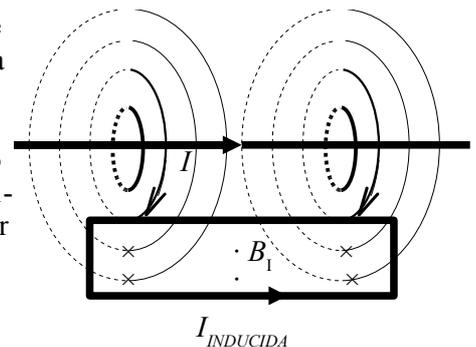
$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

El campo magnético creado por una corriente rectilínea indefinida es circular alrededor del hilo, y el sentido viene dado por la regla de la mano derecha. (Colocando el pulgar de la mano derecha en el sentido de la intensidad, de corriente, el sentido del campo magnético es el del cierre de la mano)

El campo magnético  $B$  creado por una corriente  $I$  rectilínea indefinida es inversamente proporcional a la distancia  $R$ :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

A medida que el hilo se acerca a la espira, el flujo magnético entrante aumenta, al aumentar la intensidad de campo magnético, por lo que la corriente inducida circulará en el sentido de “corregir” el aumento de la intensidad de campo, es decir lo hará de forma que el campo magnético  $B_i$  debido a la corriente  $I$  inducida en la espira, tenga el sentido contrario al que tenía el campo entrante del hilo recto, es decir, saliente. Por la regla de la mano derecha, la corriente en la espira debe tener sentido antihorario.



2. Cuando una partícula cargada se mueve dentro de un campo magnético, la fuerza magnética que actúa sobre ella realiza un trabajo que siempre es:
  - a) Positivo, si la carga es positiva.
  - b) Positivo, sea como sea la carga.
  - c) Cero.

*Solución:*

Cero, porque la fuerza magnética que actúa sobre una carga en movimiento es siempre perpendicular a ella. Por la ley de Lorentz

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

El vector  $\mathbf{F}$  es igual a la carga  $q$  que se desplaza multiplicada por el producto vectorial del vector velocidad  $\mathbf{v}$  y el vector inducción magnética  $\mathbf{B}$ . El producto vectorial de dos vectores es otro vector perpendicular a ellos.

El trabajo elemental  $dW$  de una fuerza  $\mathbf{F}$  en un desplazamiento  $d\mathbf{r}$  elemental es el producto escalar:

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

El vector  $d\mathbf{r} = \mathbf{v} dt$  tiene la misma dirección y sentido que el vector velocidad. Es perpendicular a la fuerza magnética. El producto escalar de dos vectores perpendiculares es nulo.