

## Práctica 11. Magnetismo

### Constantes:

$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ ;  $eV = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;  $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $m_p = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

### Unidades:

**Campo magnético:** [B] - **SI:**  $T \equiv N/(Am) = A/m = \text{Wb}/m^2$ ; **CGS:** Gs;  $1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gs}$

**Notación:** T : Tesla ; Gs : Gauss.

**Esfera de radio R.** Superficie:  $S = 4\pi R^2$  ; volumen:  $V = 4 \pi R^3/3$

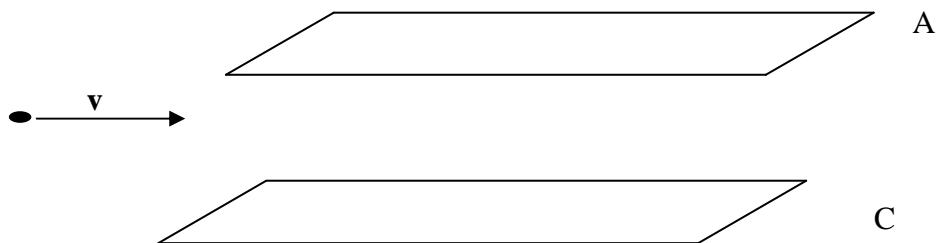
**Cilindro de radio R y largo L.** Superficie lateral:  $S = 2\pi R L$  ; volumen:  $V = \pi R^2 L$

### Fuerza de Lorentz

- 1) Un protón es lanzado con una velocidad de  $3 \times 10^7 \text{ m/s}$  dentro de una zona del espacio donde hay un campo magnético uniforme, perpendicular a la velocidad, de magnitud 10 T. Calcule la magnitud de la fuerza magnética ejercida sobre el protón y compárela con su peso.

Resp.:  $4,8 \times 10^{-11} \text{ N} = 2,87 \times 10^{15} m_p g$

- 2) En un tubo de rayos catódicos un haz de electrones con velocidad  $v = 5.7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  en la dirección indicada en la figura, es dirigido hacia la región del espacio comprendido entre las dos placas metálicas plano-paralelas A y C, entre las que se puede establecer un campo eléctrico **E**.



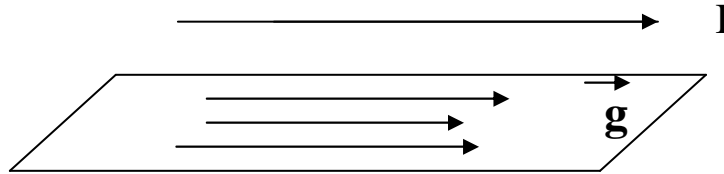
- a) ¿Cuál es la trayectoria de un electrón si  $\mathbf{E} = 0$  y se aplica un campo magnético **B** uniforme de  $5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ , en dirección paralela a la superficie de las placas y perpendicular al haz de electrones? Calcule la frecuencia de rotación de los electrones. Resp. 88 MHz
- b) ¿Es posible elegir **E** y **B** para que el electrón no se desvíe? Calcule el valor de E.
- 3) Suponga que se tiene un campo magnético **B** uniforme en dirección z.
- a) En qué plano se podrá mantener un electrón describiendo trayectorias circulares?
- b) Si  $B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$  y se requiere que el radio de las circunferencias sea de 0,5 m, ¿cuál debe ser la frecuencia de giro del electrón? ¿Cuál es entonces el módulo de su velocidad?

Resp.  $f = 560 \text{ kHz}$ ;  $v = 1.76 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

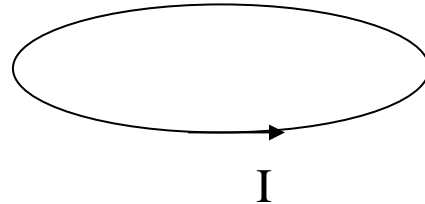
### Campo magnético, Ley de Ampere

4) Dibuje las líneas del campo magnético generado por las siguientes configuraciones y calcule el campo magnético en todo el espacio para los casos a), b), d), e) y sobre el eje de simetría para el caso c) (la espira circular)

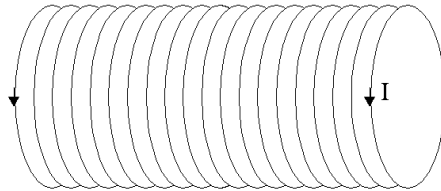
a) Un cable delgado, recto e infinito, por donde circula una corriente  $I$ :



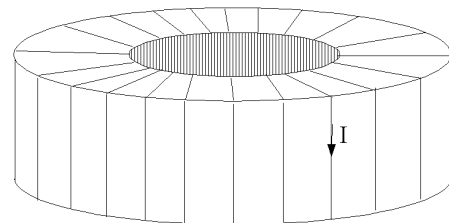
c) Una espira circular por la cual circula una corriente  $I$ :



d) Solenoide infinito por el que circula una corriente  $I$ :



e) Toroide por el que circula una corriente  $I$ :

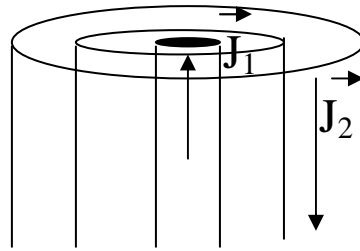


Sugerencia: Para el solenoide y el toroide suponga que las espiras están muy juntas

5) Considere un par de cilindros infinitos concéntricos. El interior es macizo, de radio  $a$ , y el exterior es hueco, de radio interno  $b$  y radio externo  $c$ . Por estos cilindros circulan densidades de corriente de volumen  $\mathbf{J}_1$  y  $\mathbf{J}_2$  respectivamente en sentido opuesto, como muestra la figura.

a) Calcule el campo magnético en todo punto del espacio.

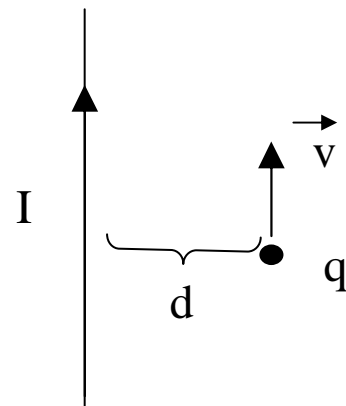
b) Halle la relación que debe haber entre  $|\mathbf{J}_1|$  y  $|\mathbf{J}_2|$  para que el campo en el exterior del cilindro mayor sea nulo.



6) Considere un cable recto infinito por el cual circula una corriente  $I = 1\text{A}$ .

a) Calcule la fuerza que se ejerce sobre una partícula cargada de  $1\mu\text{C}$  que se desplaza paralela al cable con velocidad  $10^3\text{ m/s}$ , en el mismo sentido de la corriente. ¿Qué cambia si la partícula se desplaza en sentido contrario? ¿Qué fuerza se ejerce sobre el cable? ( $d=1\text{cm}$ )

b) Calcule la fuerza por unidad de longitud que se ejerce sobre un segundo cable recto, infinito, paralelo al primero, por el cual circula una corriente  $I$  en sentido opuesto.

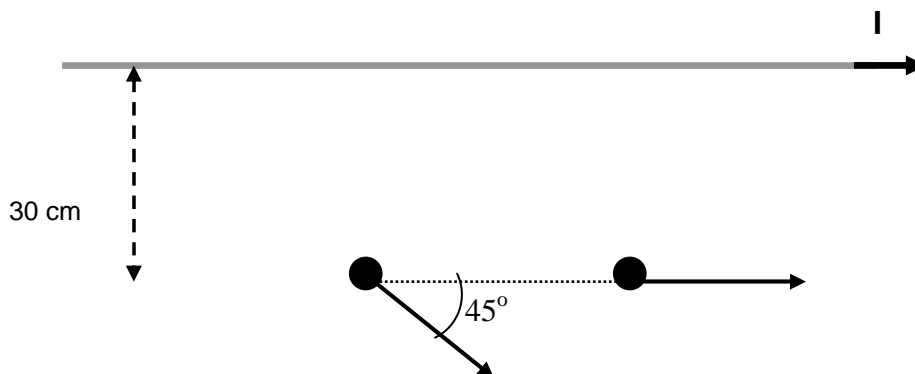


Resp.: a)  $2 \times 10^{-8}\text{ N}$ , b)  $2 \times 10^{-5}\text{ N/m}$

7) Se tiene un cable recto muy largo (infinito) por el que circula una corriente de  $10\text{ A}$ .

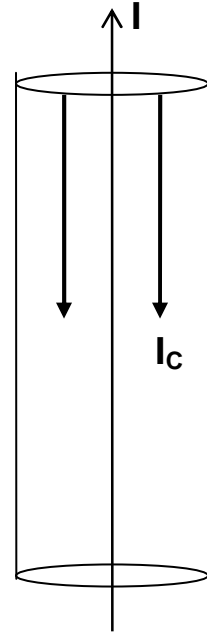
a) Dibuje las líneas de campo magnético. Utilizando el teorema de Ampere calcule el valor del campo magnético a  $30\text{ cm}$  de cable (expreselo en forma vectorial)

b) Calcule la fuerza sobre una carga de  $-2\text{ mC}$  moviéndose con velocidad de  $300\text{ m/s}$  en las dos direcciones indicadas en la figura (los vectores  $\mathbf{v}$  y el cable están en el mismo plano). Expresar las fuerzas vectorialmente, indicando el sistema de referencia utilizado. Represente gráficamente los vectores velocidad, campo magnético y fuerza en cada caso.



8) Se tiene una configuración de corrientes dada por un cable muy delgado (o hilo) y un cilindro de radio  $R=2\text{cm}$  y espesor despreciable, ambos infinitos y concéntricos, como se ve en la figura. Por el cilindro circula corriente superficial  $I_c$  por todo su perímetro, en sentido antiparalelo al de la corriente  $I$  que circula por el cable. Sabiendo que el campo magnético total (generado por el cable más el cilindro) es

$$\begin{cases} \vec{B} = 0.3/r \cdot 10^{-6} \text{ Tm } \vec{\theta} & (\text{para } r < R) \\ \vec{B} = -1.71/r \cdot 10^{-6} \text{ Tm } \vec{\theta} & (\text{para } r > R). \end{cases}$$



donde  $\vec{\theta}$  tiene sentido antihorario, calcule

- la corriente  $I$  por el cable
- la corriente superficial  $I_c$  por el cilindro
- la fuerza ejercida sobre una partícula cargada que se mueve paralela (en el mismo sentido) a la corriente  $I$ , con una velocidad  $|v|=2\text{m/s}$  y a una distancia de  $10\text{ cm}$  del cable.

## Ley de Faraday

9) Los rieles de una vía están separados por  $1,5\text{ m}$  y están aislados entre sí. Se conecta entre ellos un milivoltímetro. ¿Cuánto indica el instrumento cuando pasa un tren a  $200\text{ km/h}$ ? Suponga que la componente vertical del campo magnético de la Tierra mide  $1,5 \cdot 10^{-5}\text{ T}$ .

Resp.:  $1,25 \times 10^{-3}\text{ V}$

10) Una espira circular de  $1000$  vueltas y  $100\text{ cm}^2$  de área está colocada en un campo magnético uniforme de  $0,01\text{ T}$  y rota  $10$  veces por segundo en torno de uno de sus diámetros que es normal a la dirección del campo. Calcule:

- La f.e.m. inducida en la espira, en función del tiempo  $t$  y, en particular, cuando su normal forma un ángulo de  $45^\circ$  con el campo.
- La f.e.m. máxima y mínima y los valores de  $t$  para que aparezcan estas f.e.m.

Resp.: fem max  $6,28\text{V}$

11) Una espira cuadrada de lado  $d = 10 \text{ cm}$  y resistencia  $R = 10 \ \Omega$  atraviesa con velocidad constante  $v = 10 \text{ m/s}$  una zona de campo magnético uniforme de magnitud  $10^{-2} \text{ T}$  y ancho  $D = 3d$ , como muestra la figura. Calcule y grafique en función de la posición de la espira:

- El flujo magnético,
- La f.e.m. inducida
- La corriente que circula por la espira

