

## Práctico N° 3- Electromagnetismo

### Campo magnético, fuerza magnética, fuentes de campo magnético, inducción magnética

**3.1.1-** En un punto sobre la superficie de la Tierra el campo magnético terrestre forma un ángulo de  $17^\circ$  con la vertical y tiene una magnitud de  $5,8 \times 10^{-5}$  T.

a) Halle la fuerza magnética sobre un electrón proveniente de los rayos cósmicos que se mueve verticalmente hacia abajo a  $1,0 \times 10^5$  m/s.

b) Halle el cociente entre la fuerza magnética y el peso del electrón.

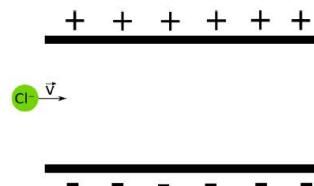
c) Si el campo eléctrico atmosférico en dicho lugar es vertical, entrante a la superficie terrestre y de una magnitud de 120 V/m ¿cuánto vale la fuerza eléctrica que actúa sobre el electrón y la fuerza resultante total?

**3.1.2-** Vamos a continuar estudiando el funcionamiento de un espectrómetro de masas.

En prácticos anteriores observamos cómo se aceleraba una partícula cargada desde el reposo en presencia de una diferencia de potencial. Sin embargo, es muy difícil controlar la velocidad con que las partículas entran al espectrómetro, asegurándose de que estén inicialmente en reposo. Por ello, luego de la diferencia de potencial que acelera las partículas, un espectrómetro de masas posee un **selector de velocidades**. Veamos cómo funciona. Un ion de  $\text{Cl}^-$ , que ya fue acelerado desde el reposo por una diferencia de potencial de 1,0 kV, se dirige a una región entre dos placas paralelas separadas 20 mm con una diferencia de potencial de 100V entre ellas, como muestra la figura. Si entra moviéndose perpendicularmente al campo eléctrico entre las placas:

a) ¿cómo debería ser un campo magnético que exista entre las placas, para que el ión continúe moviéndose en línea recta?

b) Discuta qué pasaría si el campo magnético fuera diferente al hallado en la parte anterior, o si el ion entrara a la zona entre las placas con un valor diferente de velocidad.



**3.1.3-** Un ion positivo tiene una carga +e y una masa de  $2,5 \times 10^{-26}$  kg. Después de ser acelerado a través de una diferencia de potencial de 250 V, el ion entra a un campo magnético de 0,50 T a lo largo de una dirección perpendicular a la dirección del campo.

a) Calcule el radio de la trayectoria del ion en ese campo.

b) ¿Qué sucede si la velocidad con la que ion entre a la región donde se encuentra el campo magnético en lugar de ser perpendicular al campo forma un ángulo de  $60^\circ$ ? Determine cómo es la nueva trayectoria.

**3.1.4-** Un ion formado por 8 protones, 1 neutrón y 10 electrones, es introducido en una región de campo magnético uniforme con velocidad normal al mismo. Se quiere "diseñar" un nuevo ion con 4 protones y 5 neutrones, que al introducirse con la misma velocidad en el mismo campo, describa una trayectoria exactamente igual al primero. Determine cuántos electrones debe tener este nuevo ion. Asuma que  $m_{\text{protón}} = 1836 m_{\text{electrón}}$ ;  $m_{\text{neutrón}} = 1837 m_{\text{electrón}}$  y que la masa de un ion es la suma de las masas de las partículas que lo componen)

**3.1.5-** La fuerza sobre una carga eléctrica que se mueve en un campo magnético:

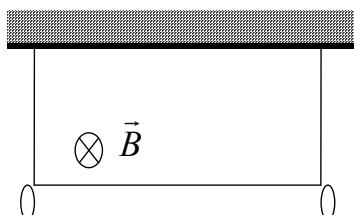
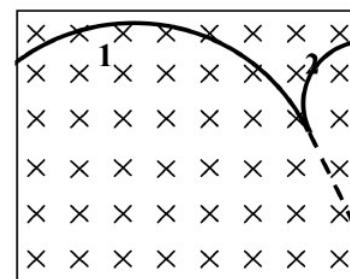
- a) Aumenta la energía cinética de la carga si esta es positiva
- b) Disminuye la energía cinética de la carga si esta es negativa
- c) Aumenta la energía cinética de la carga independientemente de su signo
- d) Disminuye la energía cinética de la carga independientemente de su signo
- e) No cambia la energía cinética de la carga

**3.1.6-** Una partícula neutra choca con un átomo de hidrógeno en reposo que se encuentra en un campo magnético uniforme, disociándolo en un electrón y un protón. En la figura, la trayectoria de la partícula neutra está indicada por la línea quebrada, y las trayectorias de las partículas cargadas están indicadas por los arcos 1 y 2.

a) ¿Cuál de las trayectorias corresponde al protón y cuál al electrón?

b) ¿Cuál de los dos tiene mayor cantidad de movimiento?

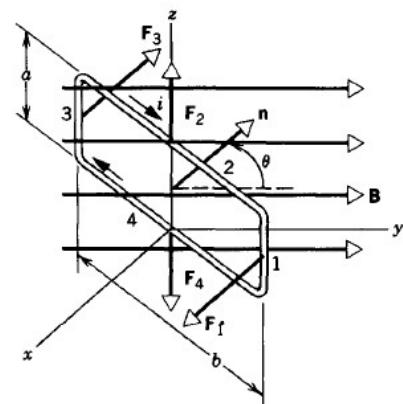
c) Exprese el cociente entre las velocidades de las partículas en función de los radios de ambas trayectorias.



**3.1.7-** Un conductor suspendido por dos cuerdas tiene una masa por unidad de longitud de 0,040 kg/m. Determine el sentido y módulo de la corriente en el conductor para que la tensión en los alambres de soporte sea cero, si el campo magnético sobre la región es de 3,6 T entrante.

**3.1.8-** Consideremos una espira rectangular de lados  $a = 10 \text{ cm}$  y  $b = 35 \text{ cm}$  por donde circula una corriente  $I = 5,0 \text{ A}$ . El ángulo que forma la normal de la espira con un campo magnético uniforme de módulo  $B = 0,030 \text{ T}$  es de  $60^\circ$ , como se muestra en la figura.

- a) Calcular la fuerza sobre cada uno de los lados de la espira y verifique que la fuerza neta es nula.
- a) Hallar el torque (o momento de fuerza o de torsión) que ejerce el campo magnético sobre la espira.
- b) ¿Cuál será el radio de una espira circular si se quiere que tenga el mismo torque al formar un ángulo de  $45^\circ$  el campo magnético con la normal a dicha espira circular?

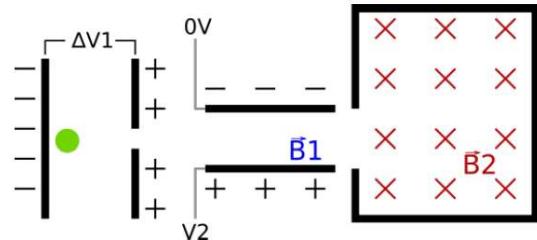


**3.1.9-** Los tiburones poseen órganos sensibles al campo eléctrico, llamados *ampollas de Lorenzini*, que les permite detectar seres vivos en su entorno y posiblemente les ayuda en la navegación a través del océano.

- a) Suponga que un tiburón se encuentra en reposo relativo al agua en un punto del océano donde el campo magnético terrestre tiene una componente vertical de  $30 \mu\text{T}$  hacia arriba y un componente horizontal de  $70 \mu\text{T}$  hacia el Norte (geográfico). Si el agua fluye a una velocidad de  $0,30 \text{ m/s}$  hacia el sur, debido a una corriente marina, ¿cuál es el campo eléctrico que siente el tiburón?
- b) Si en cambio la corriente hiciera que el agua se moviera con la misma velocidad hacia el Este, ¿cuál sería el campo que sentiría en este caso?
- c) Le parece que el sentido del campo eléctrico le permitiría al tiburón saber cuál es la corriente en su ubicación.

**3.1.10-** En ejercicios anteriores desarrollamos todos los conocimientos necesarios sobre el funcionamiento de diferentes partes de un espectrómetro de masas. En este problema, completaremos el instrumento agregando la parte final, y veremos cómo funciona de principio a fin. Considere una partícula cargada negativamente, de masa  $m$  y carga  $q$  desconocidas, que se inserta en un espectrómetro de masas como muestra la figura.

- a) Inicialmente, la partícula es acelerada por una diferencia de potencial  $\Delta V_1$ . Si la partícula partió del reposo, ¿cuál es su energía cinética luego de ser acelerada? Exprese el resultado en términos de  $q$  y  $m$ .
- b) Luego de acelerada, se hace pasar a la partícula por un selector de velocidades. El selector de velocidades se encuentra a una diferencia de potencial  $\Delta V_2$ , con la polaridad como se ve en la figura, y sus placas están separadas una distancia  $d$ . ¿Cómo debe ser el campo magnético  $B_1$  en dirección, sentido, y módulo, para que la partícula que inició todo el trayecto en reposo no se vea desviada? Exprese el resultado en función de  $\Delta V_2$ ,  $B_1$  y  $d$ .
- c) Luego de dejar el selector de velocidades, la partícula ingresa en una zona de campo magnético  $B_2$  como se ve en la figura. Si en esa zona la partícula se mueve en una circunferencia con radio  $R$ , ¿cuánto vale el cociente  $m/q$  para la partícula en función de  $R$ ,  $B_2$  y  $\Delta V_1$ ?
- d) Calibrando el espectrómetro ahora con valores  $\Delta V_1 = 1000\text{V}$  y  $B_2 = 0,200 \text{ T}$ , se observa que el radio de la trayectoria de la partícula es de  $R = 13,5 \text{ cm}$ . ¿Cuánto vale el cociente  $m/q$  para esa partícula?
- e) Se conocen los cocientes  $m/q$  para varios aniones: i)  $\text{Br}^-: -8,29 \times 10^{-7} \text{ kg/C}$ ; ii)  $\text{F}^-: -1,97 \times 10^{-7} \text{ kg/C}$ ; iii)  $\text{Cl}^-: -3,68 \times 10^{-7} \text{ kg/C}$ ; iv)  $\text{I}^-: -1,32 \times 10^{-6} \text{ kg/C}$  y v)  $\text{N}^{3-}: -4,84 \times 10^{-8} \text{ kg/C}$ ; ¿puede determinar a cuál de esos iones corresponde la partícula cargada del ejercicio?

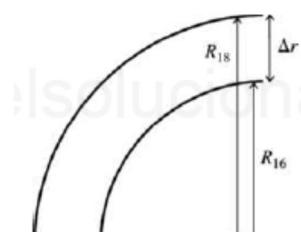


**3.1.11- Paleoclima** - Los climatólogos determinan temperaturas del pasado en la Tierra al comparar la razón entre el isótopo del oxígeno 18 y el isótopo del oxígeno 16 en el aire atrapado en capas de hielo antiguas, como las de Groenlandia. En un método para separar estos isótopos, primero se ioniza simplemente una muestra (es decir, se elimina en ella un electrón) que contiene a ambos y luego se acelera desde el reposo a través de una diferencia de potencial  $V$ . Despues, este haz ingresa a un campo magnético  $B$  perpendicular a la velocidad de los iones del haz que realiza una desviación de un cuarto de círculo. Un detector de partícula en el extremo de la trayectoria mide la cantidad de cada isótopo.

- a) Demuestre que la separación  $\Delta r$  de los dos isótopos en el detector está dado por:

$$\Delta r = \frac{\sqrt{2eV}}{eB} (\sqrt{m_{18}} - \sqrt{m_{16}}) \quad \text{donde } m_{16} \text{ y } m_{18} \text{ son las masas de los isótopos de oxígeno.}$$

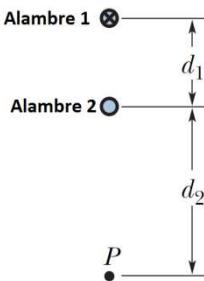
- b) Las masas medidas de los dos isótopos son  $2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$  ( $^{16}\text{O}$ ) y  $2,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$  ( $^{18}\text{O}$ ). Si el campo magnético tiene una intensidad de  $0,050 \text{ T}$  ¿cuál debe ser el potencial de aceleración  $V$ , de modo que estos isótopos estén separados por una distancia de  $4,00 \text{ cm}$  en el detector?



**3.2.1-** Dos alambres paralelos, rectos y muy largos, están separados una distancia  $d$ , como se muestra en la figura. Ambos alambres conducen corrientes de módulo  $i$ , pero con sentidos opuestos.

a) Determine el campo magnético en un punto  $P$  equidistante de los dos alambres, que está a una distancia  $R$  del punto medio entre ellos.

b) Se coloca centrado en el punto  $P$  un tercer alambre recto de largo  $L$ , paralelo a los dos primeros, por el que circula una corriente  $i_0$  saliente al plano de la figura. Determine la fuerza magnética sobre dicho alambre.

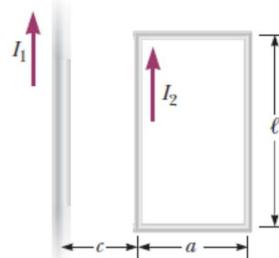


**3.2.2-** Dos alambres paralelos rectos y largos, perpendiculares al plano de la página están separados por una distancia  $d_1 = 7,50$  cm. El alambre 1 conduce una corriente entrante  $I_1 = 6,50$  A. ¿Cuál debe ser la corriente (magnitud y sentido) en el alambre 2, para que el campo magnético resultante en el punto  $P$ , situado a una distancia  $d_2 = 15,0$  cm, sea cero?

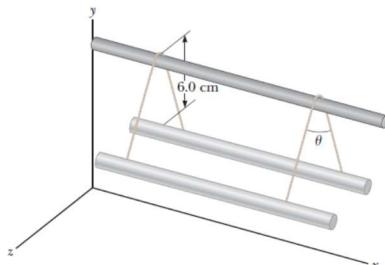
**3.2.3-** La corriente en el alambre largo recto es  $I_1 = 10,0$  A. Las dimensiones que se muestran son  $c = 10,0$  cm,  $a = 15,0$  cm y  $\ell = 45,0$  cm.

a) Encuentre la magnitud y dirección de la fuerza neta que ejerce magnético debido al alambre recto.

b) ¿Qué fuerza ejerce la espira sobre el alambre?



$I_1 = 5,00$  A, y el rectangular, que porta se muestran son  $c =$  sobre el lazo el campo



**3.2.4-** Dos alambres paralelos largos, cada uno con una masa por unidad de longitud de  $40 \text{ g/m}$ , se sostienen en un plano horizontal mediante cuerdas de  $6,0$  cm de largo, como se muestra en la figura. Cada alambre porta la misma corriente  $I$ , lo que hace que los alambres se repelan mutuamente de modo que el ángulo  $\theta$  entre las cuerdas de soporte es  $16^\circ$ .

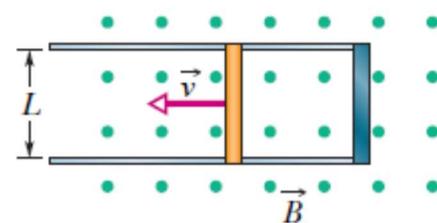
a) ¿Las corrientes están en direcciones iguales u opuestas?

b) Determine la magnitud de cada corriente.

**3.2.5-** Un solenoide tiene  $2,0\text{m}$  de largo y  $3,0$  cm de diámetro medio, tiene cinco capas de espiras de  $700$  vueltas cada una y lleva una corriente de  $5,0$  A.

a) ¿Cuánto vale el módulo del campo magnético  $B$  en su centro?

b) ¿Cuál es el flujo magnético  $\Phi_B$  para una sección transversal del alambre en su centro?



**3.2.6-** La figura muestra una barra conductora de longitud  $L$  que, tirando de ella, es atraída a lo largo de rieles conductores horizontales, carentes de fricción, a una velocidad constante  $v$ . Un campo magnético vertical uniforme  $B$  ocupa la región en que se mueve la barra. Si  $L = 10,8$  cm,  $v = 4,86$  m/s y  $B = 1,18$  T.

a) Halle la fem inducida en la barra.

b) Calcule la corriente en la espira conductora. Suponga que la resistencia de la barra sea de  $415 \text{ m}\Omega$  y que la resistencia de los rieles sea despreciablemente pequeña.

c) ¿A qué velocidad se está generando la energía interna en la barra?

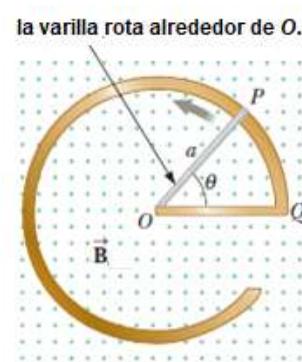
d) Determine la fuerza que debe aplicarse por un agente externo a la barra para mantener su movimiento.

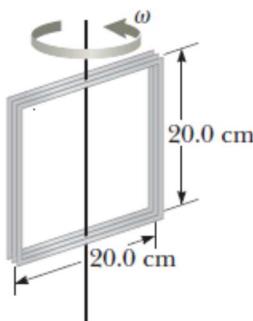
e) ¿A qué velocidad esta fuerza realiza trabajo sobre la barra? Compare esta respuesta con la respuesta dada a c).

**3.2.7-** La figura muestra un conductor estacionario cuya forma es similar a la letra e. El radio del sector circular vale  $a = 50,0$  cm. Se coloca en una región donde existe un campo magnético uniforme de  $B = 0,500$  T dirigido hacia fuera de la página. Una barra conductora recta, de  $50,0$  cm de largo, pivotada sobre el punto  $O$  gira con una velocidad angular constante de  $2,00$  rad/s.

a) Determine la fem inducida en el bucle POQ.

b) Si todo el material conductor tiene una resistencia por longitud de  $5,00 \Omega/\text{m}$ , ¿cuál es la corriente inducida en el bucle POQ en el instante  $0,250$  s después de que pase el punto  $P$  por el punto  $Q$ ?





**3.2.8-** Una bobina cuadrada de  $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$  de 100 vueltas de alambre gira alrededor de un eje vertical a 1500 rpm. La componente horizontal del campo magnético terrestre en la posición de la bobina es  $2,00 \times 10^{-5}\text{ T}$ .

- Calcular la máxima fem inducida en la bobina por este campo.
- Si el alambre tiene una resistencia por unidad de longitud de  $0,10\text{ }\Omega/\text{cm}$ , hallar la amplitud de la corriente inducida.
- ¿Cuánto vale la potencia promedio disipada en calor por la resistencia?

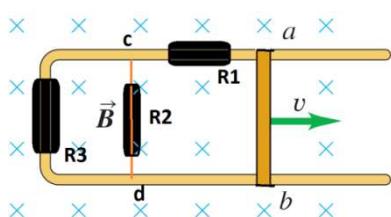
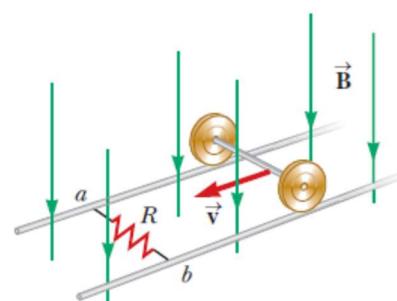
**3.2.9-** La estimulación magnética transcraneana (TMS, por sus siglas en inglés), es un método no invasivo e indoloro de estimulación de la corteza cerebral. Actualmente se utiliza ocasionalmente como terapia para la depresión. Esta técnica consiste en hacer pasar una corriente variable por un solenoide (un conjunto de  $N$  espiras) para que genere un campo magnético variable sobre la superficie del cráneo y, por lo tanto, se genere una corriente inducida. En 1985, Barker et al. consiguieron generar sobre una región de la corteza cerebral un campo que cambiaba en  $2,0\text{ T}$  en un período de  $110\text{ }\mu\text{s}$  en el interior de una región de la corteza de radio  $1,0\text{ cm}$  y resistencia por unidad de longitud de  $1,0\text{ }\Omega/\text{m}$ . Supongamos que

el campo magnético es constante en el interior de la región mencionada y su variación se dio a tasa constante.

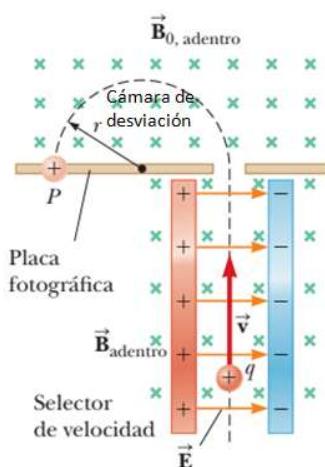
- ¿Cuánto vale la FEM inducida sobre el borde de la región?
- ¿Cuánto vale la corriente inducida?

**3.2.10-** En la figura que se muestra, el eje que rueda, de  $1,50\text{ m}$  de largo, se jala a lo largo de rieles horizontales con una velocidad constante  $v = 3,00\text{ m/s}$ . Un resistor  $R = 0,400\text{ }\Omega$  se conecta a los rieles en los puntos  $a$  y  $b$ , uno directamente opuesto al otro. (Las ruedas tienen buen contacto eléctrico con los rieles, de modo que eje, rieles y  $R$  forman un circuito cerrado. La única resistencia significativa en el circuito es  $R$ .) Un campo magnético uniforme  $B = 0,800\text{ T}$  se dirige en forma vertical hacia abajo.

- Encuentre la corriente inducida  $I$  en el resistor.
- ¿Qué fuerza horizontal  $F$  se requiere para mantener el eje en rodamiento con velocidad constante?
- ¿Cuál extremo del resistor,  $a$  o  $b$ , está al potencial eléctrico más alto?
- Después de que el eje rueda por el resistor, ¿la corriente en  $R$  invierte su dirección? Explique su respuesta.



**3.2.11-Examen agosto 2023-** La figura muestra un dispositivo constituido por un alambre en forma de U de resistencia despreciable, por el que se desplaza una varilla  $a-b$ , también de resistencia despreciable, de longitud  $L = 25,0\text{ cm}$ . El dispositivo se encuentra en una región donde existe un campo magnético uniforme perpendicular y entrante al plano del dispositivo. Las únicas resistencias existentes son las indicadas como  $R_1 = 6,00\text{ }\Omega$ ,  $R_2 = 6,00\text{ }\Omega$  y  $R_3 = 12,00\text{ }\Omega$ . Si la varilla  $a-b$  se desplaza con una rapidez constante  $v = 5,00\text{ m/s}$  y la potencia que disipa  $R_1$  vale  $3,75\text{ mW}$ , ¿cuál es la magnitud del campo magnético  $B$ ?



**3.2.12-Examen diciembre 2023-** La figura muestra esquemáticamente un espectrómetro de masas. Un ion con carga  $+2e$  atraviesa el selector de velocidades en donde el campo eléctrico vale  $E = 8,25 \times 10^3\text{ V/m}$  y su campo magnético uniforme  $B$ , es de igual magnitud que el campo magnético uniforme  $B_0$  de la cámara de desviación:  $B = B_0 = 100\text{ mT}$ . En la cámara de desviación el ion golpea una placa fotográfica en un punto  $P$  a una distancia  $d = 40,0\text{ cm}$  del punto de salida del selector, después de haber recorrido un semicírculo. ¿Cuál es la masa del ion?