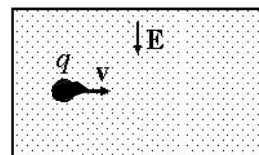




**Práctica 5:** Magnetostática, Fuerza de Lorentz, Ley de Biot-Savart y Ley de Ampere.

- Un protón que se mueve con velocidad  $3 \times 10^7$  m/s entra en una zona el espacio donde hay un campo magnético uniforme, perpendicular a su velocidad y de 1 T de magnitud.
  - Hacer un esquema indicando la velocidad del protón, el campo magnético y la fuerza magnética sobre el protón (dirección y sentido).
  - Calcular la magnitud de la fuerza magnética ejercida sobre el protón y compararla con su peso.
  - ¿Varía el módulo de la velocidad en este movimiento? ¿Por qué?
  - ¿Qué tipo de movimiento describe el protón?
  - Calcular el radio de la órbita y la energía cinética del protón.
  - ¿Qué sucedería si ahora el vector velocidad es paralelo al campo magnético?
  - ¿Cuáles de las respuesta anteriores se modifican si en lugar de un protón lo que se mueve es un electrón?

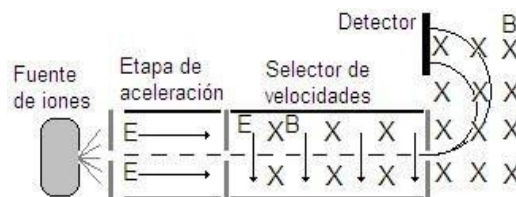
- Un haz de electrones atraviesa una región del espacio comprendido entre dos placas paralelas metálicas entre las que se establece un campo eléctrico uniforme de 80 kV/m.



- Si la velocidad de los electrones es  $v = 8 \times 10^6$  m/s perpendicular al campo eléctrico, como muestra la figura, calcular la fuerza que experimentan debido a la presencia del campo eléctrico. Hacer un esquema de la trayectoria que seguirán los electrones.
- Si se agrega un campo magnético en una dirección perpendicular al plano formado por el campo eléctrico y la velocidad de los electrones. Hacer un esquema indicando la velocidad de los electrones, los campos, la fuerza eléctrica y la fuerza magnética ¿Cuál debe ser la magnitud y sentido del mismo para que el haz no se desvíe?
- Si la magnitud de campo magnético es 0,4 T ¿qué velocidad deberán tener los electrones para no desviarse?

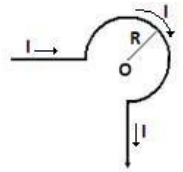
Nota: Este dispositivo se llama selector de velocidades.

- La figura muestra un espectrómetro de masas. Los iones con masas distintas y la misma carga, que salen de la fuente de iones, son acelerados por un campo eléctrico y luego entran en un selector de velocidades (ver problema anterior). Al salir del selector, ingresan a una cámara donde sólo existe un campo magnético uniforme. Dentro de esta cámara los iones se mueven en un semicírculo (ver problema 1), impactando finalmente contra un detector.



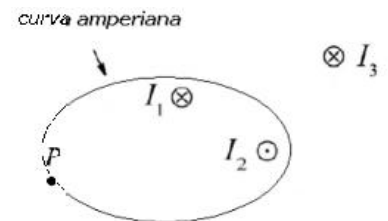
- Si las magnitudes de los campos eléctrico y magnético del selector de velocidades son 15,750 kV/m y 0,5 T, respectivamente y los iones son de potasio ( $K^+$ ,  $Z = 19$ ), calcular la velocidad con que salen del selector de velocidades.
- Si la magnitud del campo magnético en la cámara es 0,4 T y en el detector indica 2 impactos a distancias  $d_1 = 64,2$  mm y  $d_2 = 67,48$  mm (medidas desde el punto de entrada a la cámara), calcular la masa de cada uno de los isótopos y el número de neutrones que contiene (desprecie la masa de los electrones,  $m_p = m_n = 1,67 \times 10^{-27}$  kg).

4. ¿Cuánto vale la fuerza magnética sobre cada lado de una espira rectangular plana cerrada por la que circula una corriente  $I$ , ubicada en un campo magnético  $B$  uniforme perpendicular al plano de la misma? ¿Cuánto vale la fuerza sobre toda la espira? ¿Cuánto vale, en general, la fuerza magnética sobre una espira plana cerrada de cualquier forma por la que circula una corriente  $I$  ubicada en un campo magnético uniforme?



5. Calcular el campo magnético en el punto  $O$ , producido por la corriente  $I$  que circula en el conductor que se muestra en la figura.
6. Por una espira circular de radio  $R$  circula una corriente  $I$ . Calcular el campo magnético generado en el centro de la espira.
7. Para las siguientes configuraciones por las que circula una corriente  $I$  uniforme:
- un cable delgado, recto e infinito;
  - un plano infinito;
  - una espira circular;
  - un solenoide infinito de  $n$  vueltas por unidad de longitud y
  - un alambre recto infinito de radio  $R$ .
- Dibujar las líneas de campo magnético.
  - Indicar si es posible utilizar la ley de Ampere para calcular el campo magnético especificando la curva amperiana.
  - En los casos en que sea posible utilizar la ley de Ampere, calcular el campo magnético en todo el espacio, justificando la resolución.

8. La figura muestra tres cables perpendiculares al plano de la hoja que transportan corrientes  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ , y una curva cerrada que pasa por  $P$ . Responder justificando:



- ¿Cuáles corrientes producen un campo magnético en el punto  $P$ ?
  - ¿Cuánto vale la circulación del campo magnético sobre la curva?
  - Para  $I_3=0$  e  $I_1=I_2$  ¿Es el campo magnético nulo en  $P$ ?
9. Considerar dos conductores rectilíneos y delgados separados una distancia  $d$  por los que circulan corrientes de igual magnitud y sentido opuesto.
- ¿Es posible utilizar la ley de Ampere para calcular el campo magnético en todo el espacio?
  - Hallar el campo magnético en un punto cualquiera del plano que contiene a los conductores. Indicar la dirección de  $B$  en todas las regiones.

10. Un cable coaxial consta de un conductor cilíndrico central de radio  $a$  rodeado de una capa aislante y de otro conductor externo de radio interior  $b$  y radio exterior  $c$ . Corrientes de igual intensidad,  $I$ , circulan por ambos conductores en sentidos opuestos. a) Hacer un esquema indicando el sentido supuesto para la circulación de la corriente en cada conductor; b) calcular el campo magnético en: i) la capa aislante ( $a < r < b$ ), ii) dentro del conductor externo ( $b < r < c$ ) y iii) fuera del cable ( $r > c$ ).



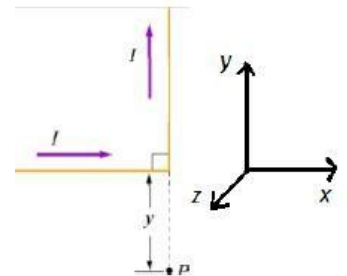
11. Dos conductores rectilíneos paralelos por los que circulan corrientes  $I_1$  e  $I_2$  están separados por una distancia  $d$ . Mostrar que la magnitud de la fuerza por unidad de longitud que experimentan los conductores es:

$$\left| \frac{d\mathbf{F}}{dl} \right| = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

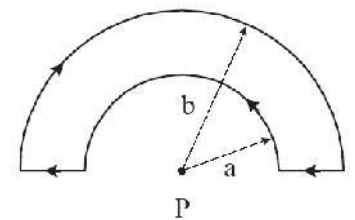
Indicar la dirección y el sentido de la fuerza entre los conductores para los casos de corrientes paralelas y antiparalelas.

## Problemas de repaso

1. Un electrón con energía cinética  $E_c = 1,22 \text{ keV}$  describe una trayectoria circular, de radio  $R = 24,7 \text{ cm}$ , en un plano perpendicular a un campo magnético uniforme. Calcular:
  - a) la velocidad del electrón, b) el campo magnético, c) la frecuencia y el periodo de revolución.
2. Un campo eléctrico de  $1,5 \text{ kV/m}$  y un campo magnético de  $0,44 \text{ T}$ , perpendiculares entre sí, están actuando sobre un electrón en movimiento sin generarle una fuerza neta.
  - a) Realizar un diagrama de la orientación de los campos y la velocidad del electrón,
  - b) calcular la velocidad del electrón.
3. Un haz de iones de  $\text{Mg}^+$  compuesto por una mezcla de isótopos  $^{12}\text{Mg}_{24}$  y  $^{12}\text{Mg}_{25}$  es analizado con un espectrógrafo de masas como en la figura del problema 3. Las magnitudes de los campos eléctrico y magnético son  $150 \text{ V/cm}$  y  $0,5 \text{ T}$ , respectivamente. Hallar la distancia entre los puntos que se forman en el detector. Considerar que las masas atómicas de los isótopos coinciden con sus números másicos.



4. La figura muestra un cable por el que circular una corriente  $I$ . ¿Cuál es el sentido del campo magnético en el punto P?
5. Usar la ley de Biot-Savart para calcular el campo magnético en el punto P indicado en la figura, cuando por el circuito circula una corriente de  $2 \text{ A}$ , siendo  $a = 5 \text{ cm}$  y  $b = 8 \text{ cm}$ . Indicar en la figura la dirección y sentido del campo magnético.



6. Considere un cable recto infinito por el que circula una corriente  $I = 1 \text{ A}$ .
  - a) Calcular la fuerza que el cable ejerce sobre una partícula cargada ( $q = 1 \mu\text{C}$ ) que se desplaza paralela en el mismo sentido de la corriente, con velocidad  $v = 10^3 \text{ m/s}$ , a una distancia de  $1 \text{ cm}$  del cable.
  - b) ¿Cuál es la fuerza que la partícula ejerce sobre el cable?
  - c) ¿Cuál sería la respuesta si la partícula se desplaza en sentido contrario?
7. Para las siguientes configuraciones, indicar en qué casos puede calcularse el módulo del campo magnético en todo el espacio usando la ley de Ampere y calcularlo en los casos en que sea posible.
  - i) Dos cables rectos paralelos, de longitud infinita, por los cuales circulan corrientes de igual magnitud y sentido.
  - ii) Un cable recto de longitud finita por el cual circula una corriente  $I$ .
  - iii) La espira de corriente del Problema 6.
  - iv) El circuito del Problema 5 del repaso.
  - v) Una espira de  $N$  vueltas cilíndrica por el cual circula una corriente  $I$ .
  - vi) Dos solenoides de  $N$  vueltas por unidad de longitud, largos y concéntricos, cuyos radios son  $a$  y  $b$  con  $a < b$ . Por los solenoides circulan corrientes de igual magnitud  $I$  y sentidos opuestos.
  - vii) Un toroide por el cual circula una corriente  $I$ .