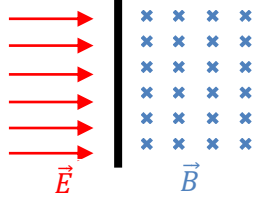


P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

## TRABAJO PRÁCTICO Nº 8

### FUERZA DE LORENTZ. INTERACCIÓN ENTRE CORRIENTE Y CAMPO MAGNÉTICO.

- C1.** La figura representa dos regiones del espacio en las que se establecen campos, a la izquierda únicamente un campo eléctrico uniforme y a la derecha un campo magnético uniforme. La división entre las dos regiones es imaginaria, no hay ningún tipo de barrera. Se deja una partícula cargada positivamente de masa  $m$ , en reposo en la región izquierda, a una distancia  $D$  de la división entre las dos regiones.
- 
- Encuentre una expresión para la velocidad con la que la partícula llegará a la “división”.
  - ¿Qué tipo de movimiento seguirá la partícula en la primera región? Justifique.
  - Calcule el trabajo que realiza el campo eléctrico para acelerar la partícula.
  - Ahora la partícula entra dentro de la región en que sólo existe campo magnético. ¿Qué trayectoria realizará la partícula? Dibújela representando también la velocidad y la fuerza.
  - Calcule el trabajo realizado por la fuerza en la región donde hay campo magnético.
  - ¿Qué ocurre si la partícula es dejada en reposo en un punto de la región derecha? ¿Alcanzará la región en la que existe campo eléctrico?

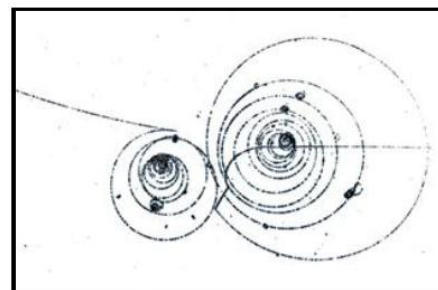
- P1.** Un campo eléctrico de 1,5 kV/m y un campo magnético de 0,44 T, ortogonales entre sí, actúan sobre un electrón en movimiento de forma tal que la fuerza neta sobre el mismo es nula.

- Realice un diagrama que represente la orientación de los vectores  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  y  $\vec{v}$  (recordar que la carga del electrón es negativa).
- Calcule el módulo del vector velocidad del electrón.

- P2.** Un protón que tiene una energía cinética de 5 MeV entra a una región con campo magnético uniforme de módulo 0,2 T. El vector velocidad del protón es perpendicular a la dirección del campo. ¿Cuál es radio de la trayectoria? (1 eV, electronvolt, es una unidad de energía equivalente a  $1,602 \times 10^{-19}$  J).

- P3.** Un electrón se mueve a través de una región del espacio donde existe un campo magnético dado por  $\vec{B} = (0,45\hat{i} + 0,20\hat{j})$  T y un campo eléctrico  $\vec{E} = (3\hat{i} - 4,2\hat{j}) \times 10^3$  V/m. En un instante determinado la velocidad del electrón es  $\vec{v} = (6\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}) \times 10^3$  m/s. Determine la fuerza sobre el electrón.

- A1.** *Cámara de niebla.* La cámara de niebla está compuesta por un recipiente lleno de vapor saturado inmerso en un campo magnético uniforme. Cuando una partícula, por ejemplo un electrón o protón, pasa a través del vapor deja un rastro de gotas que se fotografían para mostrar la trayectoria de la partícula.



- ¿Cómo podría determinar el signo de la carga de una partícula a partir de la fotografía de la trayectoria? Realice todas las hipótesis que considere necesarias.
- ¿Cómo determinaría la velocidad inicial de la partícula a partir de la fotografía?
- La partícula cargada sigue una trayectoria espiral ¿por qué? ¿Qué cantidad está cambiando?
- ¿Cómo sería la trayectoria de un neutrón?

Link de interés para la cámara de niebla: <https://www.youtube.com/watch?v=pewTySxfTQk>

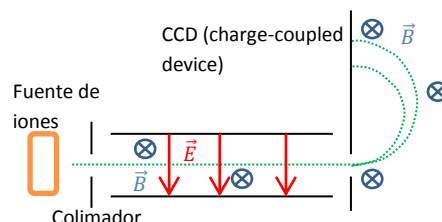
Constantes:

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  N/A<sup>2</sup>; campo magnético de la Tierra:  $0,5 \times 10^{-4}$  T; masa de  $^{12}\text{C}$ :  $1,99 \times 10^{-26}$  kg; masa  $^{13}\text{C}$ :  $2,16 \times 10^{-26}$  kg;  
1 uma =  $1,66 \times 10^{-27}$  kg; masa del protón:  $1,672 \times 10^{-27}$  kg; masa del electrón:  $9,11 \times 10^{-31}$  kg; carga del protón:  $1,6 \times 10^{-19}$  C.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

**P4.** ¿Cuál debe ser el valor del campo magnético en un selector de velocidades si su campo eléctrico vale  $1,5 \times 10^3 \text{ N C}^{-1}$  y la velocidad de salida de los iones debe ser  $3 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ ?

**P5.** Un haz de iones de  $\text{Mg}^+$ , magnesio una vez ionizado, está compuesto por una mezcla de isótopos  $^{24}\text{Mg}$  y  $^{25}\text{Mg}$ . Para analizar el haz se utiliza un espectrómetro de masas. Para obtener datos interpretables, es necesario que las partículas que se analizan ingresen al sector del analizador con una velocidad bien definida. Por este motivo el haz de iones atraviesa previamente un selector de velocidades. Considere que los campos eléctricos y magnéticos que se establecen en el selector tienen una magnitud de  $150 \text{ V/cm}$  y  $0,5 \text{ T}$  y que el campo magnético del analizador tiene la misma magnitud que el establecido en el selector de velocidades (esta condición no siempre se cumple en los espectrómetros de masa).



- Discuta el movimiento que realizan los iones de  $\text{Mg}^+$  en el selector de velocidades y en el analizador.
- Encuentre la separación entre las posiciones de impacto de los iones sobre el CCD. Considere que los pesos atómicos de los isótopos coinciden con sus números másicos.

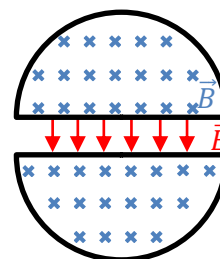
**A2.** Un método para determinar la cantidad de maíz en las dietas de los antiguos indígenas norteamericanos es la técnica del *análisis de la razón del isótopo estable*. Esta planta concentra el isótopo del  $^{13}\text{C}$  durante el proceso de fotosíntesis, mientras que la mayoría de las demás plantas concentran el  $^{12}\text{C}$ . El consumo excesivo de maíz puede relacionarse con ciertas enfermedades, porque carece del aminoácido esencial lisina. Los arqueólogos utilizan espectrómetros de masa para separar los isótopos del carbono una vez ionizado en muestras de restos humanos. Suponga que utiliza un selector de velocidades para obtener átomos monoionizados con una velocidad de  $8,5 \text{ km/s}$  y los introduce en una región con un campo magnético tal que los átomos de  $^{12}\text{C}$  describen una trayectoria semicircular de  $25 \text{ cm}$  de radio.

- ¿Qué campo magnético es necesario para producir dicha trayectoria?
- ¿Cuál será el radio correspondiente para el otro isótopo?
- ¿Podrá distinguirse la separación entre los isótopos con facilidad?

**C2.** La investigación en física nuclear que busca entender las interacciones que gobiernan la materia a dicha escala, escala nuclear, utiliza grandes máquinas que aceleran partículas para su posterior colisión. Estas máquinas se pueden separar en tres grupos, aceleradores lineales, ciclotrones y sincrotrones. Un ejemplo de estas máquinas es el sincrotrón conocido como LHC (Large Hadronic Collider) conocido como la máquina de Dios.

El ciclotrón es un aparato inventado por Ernest Orlando Lawrence en 1932

que consta de dos bloques semicirculares huecos enfrentados entre los cuales existe un campo eléctrico de pequeña intensidad. Los bloques se encuentran inmersos en una región con campo magnético cuya dirección es perpendicular al dispositivo.



- ¿Cuál es el campo responsable de acelerar las partículas?
- ¿Cuál es el campo responsable de modificar la trayectoria rectilínea de las partículas?
- ¿Por qué el campo eléctrico debe alternar su sentido?
- ¿Cuál es la frecuencia con la que deberá realizarse dicha inversión?
- Grafique la trayectoria de un protón que inicia su movimiento en el centro del ciclotrón hasta que sale del mismo.

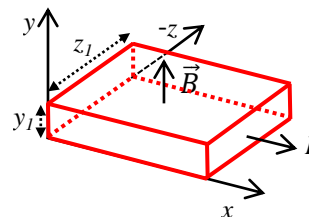
Constantes:

$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ; campo magnético de la Tierra:  $0,5 \times 10^{-4} \text{ T}$ ; masa de  $^{12}\text{C}$ :  $1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ; masa  $^{13}\text{C}$ :  $2,16 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ;  
 $1 \text{ uma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ; masa del protón:  $1,672 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ; masa del electrón:  $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; carga del protón:  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- P6.** Un ciclotrón para acelerar protones tiene un campo magnético de 1,4 T y un radio de 1,7 m.
- ¿Cuál es la frecuencia de inversión del ciclotrón?
  - Halle la energía de los protones cuando salen del ciclotrón.
  - ¿Cuál será la energía de salida si en lugar de protones se utilizan  ${}^4\text{He}^+$  (partículas alfa, es decir dos protones y dos neutrones, una vez ionizado)? Considere la masa de los neutrones igual a la de los protones.

- P7.** Por una porción de cinta de plata de dimensiones  $z_I = 2\text{ cm}$ ,  $y_I = 1\text{ mm}$  circula una corriente de 200 A en el sentido positivo del eje  $x$  (ver figura). La cinta se encuentra en una región donde existe un campo magnético uniforme de 1,5 T, según el sentido positivo del eje  $y$ .



- Suponga que se mueven cargas positivas en la cinta, ¿hacia dónde se mueven?
- ¿Cambia su respuesta si las cargas que se mueven son negativas?
- Si existen  $7,4 \times 10^{28}$  electrones libres por  $\text{m}^3$  en la cinta, encuentre la velocidad de arrastre de los electrones en la dirección  $x$ , el campo eléctrico debido al efecto Hall y la diferencia de potencial Hall.

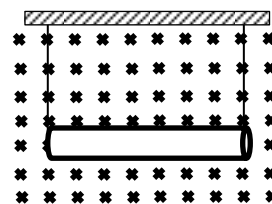
- P8.** El movimiento de iones cargados en la sangre genera un voltaje Hall entre las paredes de las arterias. Por una arteria gruesa de diámetro 0,85 cm circula sangre a una velocidad de flujo de 0,6 m/s. Si una sección de esta arteria se encuentra en un campo magnético de 1,5 T (campo típico en un equipo de Resonancia Magnética Nuclear de uso médico) ¿cuál es la diferencia de potencial entre las paredes de la arteria?

- A3.** *Celulares y el efecto Hall.* Algunos teléfonos inteligentes están equipados con una brújula. Para medir el campo magnético terrestre, estos celulares utilizan un magnetómetro de tres ejes. Estos magnetómetros son sensores basados en el efecto Hall y funcionan generando una diferencia de potencial proporcional al campo magnético aplicado. Según la polaridad de la diferencia de potencial se determina la dirección del campo.

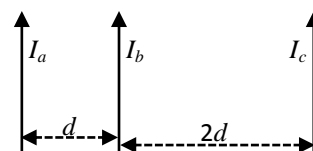
Otros celulares inteligentes muy conocidos utilizan el efecto Hall para determinar si la funda del teléfono está abierta o cerrada para mostrar o no la información de la pantalla en la ventana de la funda.

Para más información ver <http://es.slideshare.net/chinchiyaarrakena>

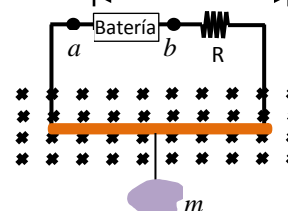
- P9.** Un conductor de densidad lineal 0,04 kg/m se encuentra suspendido por dos cuerdas de masa despreciable en una región donde existe un campo magnético de 3,6 T. Calcule la magnitud y sentido de la corriente que debe circular en el conductor para que la tensión en los alambres sea cero.



- P10.** Tres alambres infinitos se disponen según se muestra en la figura. Suponiendo que por los alambres circulan corrientes con igual dirección y sentido encuentre la fuerza por unidad de longitud que experimenta el alambre  $b$  debido a las corrientes que circulan por los alambres  $a$  y  $c$ .



- P11.** *Balanza magnética.* El circuito de la figura muestra el esquema de una balanza magnética. La masa  $m$ , que se va a medir, se cuelga del centro de la barra que está inmersa en un campo magnético uniforme de 1,5 T.



Constantes:

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ N/A}^2$ ; campo magnético de la Tierra:  $0,5 \times 10^{-4}\text{ T}$ ; masa de  ${}^{12}\text{C}$ :  $1,99 \times 10^{-26}\text{ kg}$ ; masa  ${}^{13}\text{C}$ :  $2,16 \times 10^{-26}\text{ kg}$ ;  
 $1\text{ uma} = 1,66 \times 10^{-27}\text{ kg}$ ; masa del protón:  $1,672 \times 10^{-27}\text{ kg}$ ; masa del electrón:  $9,11 \times 10^{-31}\text{ kg}$ ; carga del protón:  $1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$ .



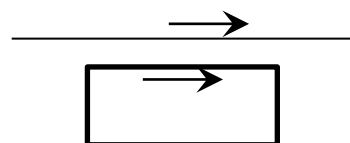
P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

La barra horizontal, de un material sumamente ligero, mide 60 cm de largo y está conectada a una batería y a una resistencia de  $5\ \Omega$ . Los alambres que conectan la barra con la batería tienen resistencia despreciable y son incapaces de soportar tensión. El voltaje de la batería puede modificarse.

- Explique el funcionamiento del instrumento.
- Analizando la dirección de la fuerza magnética ¿cuál extremo de la batería corresponde al borne positivo, el *a* o el *b*?
- Si el voltaje máximo de la batería es 175 V ¿cuál es la masa máxima que puede pesar la balanza?

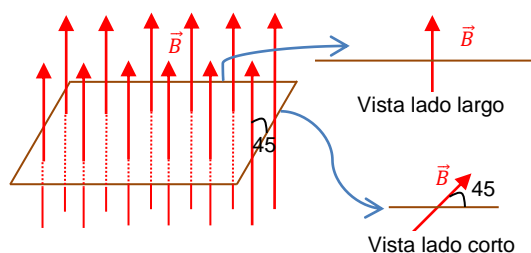
**P12.** Una bobina rectangular de lados 2 cm y 4 cm y 50 vueltas se coloca a 1 cm de un alambre recto infinito. En ambos circula una corriente de 2,5 A en el sentido indicado en el esquema.

- Calcule el campo magnético producido por el alambre en la región en la que se encuentra la bobina.
- Calcule la fuerza que experimenta cada segmento de alambre de la bobina.
- Calcule la fuerza neta sobre la bobina.



**P13.** Una bobina rectangular de lados 2 cm y 3 cm tiene 600 vueltas y transporta una corriente de 1 mA. La misma se coloca bajo la acción de un campo magnético uniforme de 0,5 T, cuya dirección es perpendicular a los lados de 3 cm y forma un ángulo de  $45^\circ$  con los lados de 2 cm. Calcule:

- la fuerza sobre cada lado de la bobina,
- la fuerza resultante sobre la bobina,
- el torque que experimenta la bobina indicando claramente el punto de referencia.



**C3.** Sobre el piso del aula se encuentra una espira circular de alambre que conduce una corriente constante *I* en sentido de las manecillas del reloj, vista desde arriba. ¿Cuál es la dirección del momento dipolar magnético de esta espira de corriente?

## E1. **Electroimán**

*Materiales:*

Batería, alambre, un clavo largo, una varilla de madera de igual tamaño del clavo, clips de metal.

*Armado del dispositivo:*

- Enrolle el alambre alrededor del clavo (unas 10 ó 12 vueltas).
- Conecte el alambre a la batería (recuerde que la temperatura del cable se elevará).
- Acerque el clavo a los clips de metal. ¿Qué observa?
- Repita el procedimiento enrollando otro alambre en la varilla de madera. ¿Qué ocurre con los clips de metal?



**A4.** *La fuerza magnética y la medicina.* Existen aplicaciones del magnetismo en la medicina moderna como el sistema de imágenes por resonancia magnética. Sin embargo el uso del magnetismo en medicina no termina allí. En la actualidad se están desarrollando tratamientos experimentales como el tratamiento de cáncer de seno por calor inducido magnéticamente (hipertermia magnética). Los tratamientos consisten en inyectar dentro de pequeños tumores localizados sustancias ferromagnéticas como la magnetita fluida. En presencia de un campo magnético externo las

Constantes:

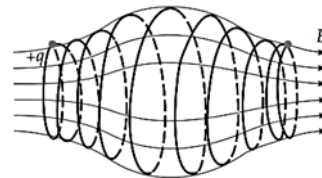
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{N/A}^2$ ; campo magnético de la Tierra:  $0,5 \times 10^{-4}\ \text{T}$ ; masa de  $^{12}\text{C}$ :  $1,99 \times 10^{-26}\ \text{kg}$ ; masa  $^{13}\text{C}$ :  $2,16 \times 10^{-26}\ \text{kg}$ ;  
 $1\ \text{uma} = 1,66 \times 10^{-27}\ \text{kg}$ ; masa del protón:  $1,672 \times 10^{-27}\ \text{kg}$ ; masa del electrón:  $9,11 \times 10^{-31}\ \text{kg}$ ; carga del protón:  $1,6 \times 10^{-19}\ \text{C}$ .

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;

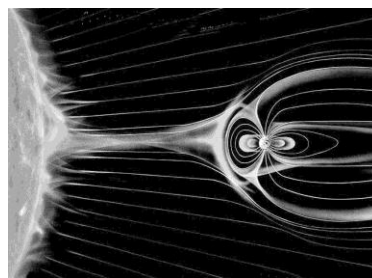
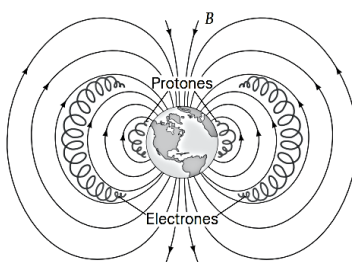
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

partículas de hierro se calientan gracias a las corrientes inducidas (se estudiará este punto en la próxima guía de trabajos prácticos) y el calor destruye a las células cancerígenas.

- A5.** Una partícula que entra a un campo magnético no uniforme describe una trayectoria en espiral. En ciertas condiciones el movimiento de las partículas puede quedar confinado dentro del campo magnético. A este efecto se lo conoce como una botella magnética.



- A6.** Los llamados cinturones de Van Allen que rodean la superficie terrestre “atrapan” partículas cargadas que emite el Sol, evitando que lleguen a la superficie. Este efecto está relacionado con el fenómeno conocido como aurora boreal. Busque información entre la relación de los cinturones de van Allen y las auroras boreales.



Constantes:

$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ; campo magnético de la Tierra:  $0,5 \times 10^{-4} \text{ T}$ ; masa de  $^{12}\text{C}$ :  $1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ; masa  $^{13}\text{C}$ :  $2,16 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ;  
 $1 \text{ uma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ; masa del protón:  $1,672 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ; masa del electrón:  $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; carga del protón:  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .