

FUERZA MAGNÉTICA SOBRE CARGAS EN MOVIMIENTO

En el siguiente texto se discute el comportamiento de una carga eléctrica en movimiento en un campo magnético. Estudie detalladamente el texto y elabore notas de su reflexión sobre este tema. Después de estudiar este material usted debe contrastar su análisis con el análisis que se presenta en el libro del profe Serway, que usted ya reviso en clase.

Fuerza magnética sobre cargas en movimiento

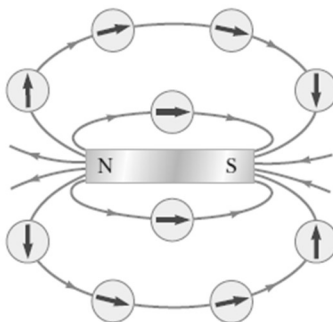
Vamos a estudiar un nuevo tipo de interacción en la naturaleza, la interacción magnética y en esta parte veremos su efecto sobre las cargas eléctricas en movimiento.

Introducción

El hecho observado experimentalmente es la atracción y repulsión entre objetos que son eléctricamente neutros llamados imanes. Esta evidencia sugiere un nuevo tipo de interacción la cual se denomina interacción magnética. Para estudiar la interacción magnética usaremos el fructífero concepto de campo.

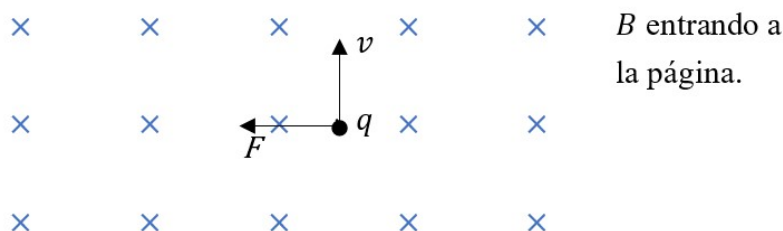
Diremos que un campo magnético es una deformación del espacio alrededor de un imán. Un imán natural es un material que contiene alguno de estos minerales F_e, C_o, N_i . Las propiedades estructurales y la distribución electrónica de estos elementos son los que determinan esta propiedad de los imanes naturales, como se verá más adelante.

Las líneas de fuerza del campo magnético son una representación geométrica de la deformación del espacio alrededor de un imán. Esta representación geométrica permite notar que en un solo imán siempre están presentes los dos polos magnéticos, Norte y Sur. Si un imán se divide en dos, se obtienen dos imanes cada uno con dos polos magnéticos y si se continuara dividiendo incluso hasta llegar al nivel sub atómico se vería que es imposible (hasta donde sabemos) obtener un solo polo magnético. No existen mono polos magnéticos.



Fuerza magnética sobre cargas eléctricas en movimiento

Considere una partícula de masa M y carga eléctrica q que es emitida con velocidad \vec{v} por una fuente de partículas en una región de campo magnético \vec{B} que en este caso esta entrando a la pagina.



Solución

Hay que pensar inicialmente en dos circunstancias, el campo magnético puede ser uniforme o no uniforme.

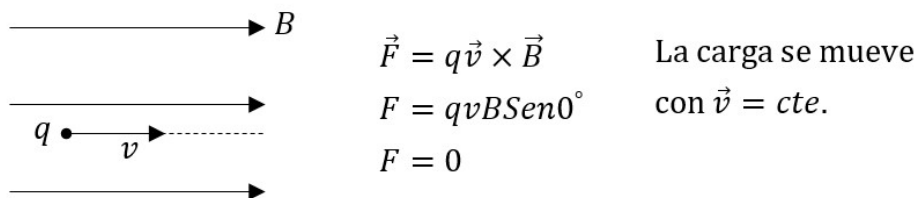
I. Campo magnético uniforme

En este caso la partícula puede ser emitida en cualquier dirección respecto al campo; por tanto, debemos dividir el problema en tres posibilidades.

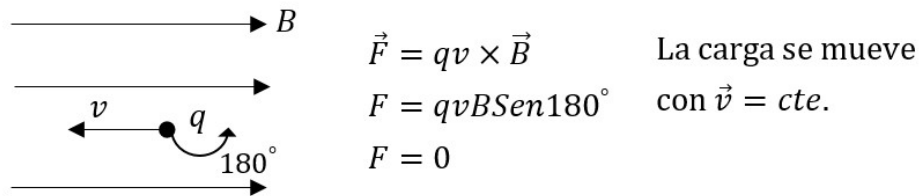
i) velocidad en la misma dirección del campo

Aquí tenemos dos opciones si la velocidad está en la dirección del campo o en dirección opuesta al campo.

a) Velocidad paralela al campo (velocidad entrando a la página)



b) Velocidad antiparalela al campo (Velocidad saliendo de la página)

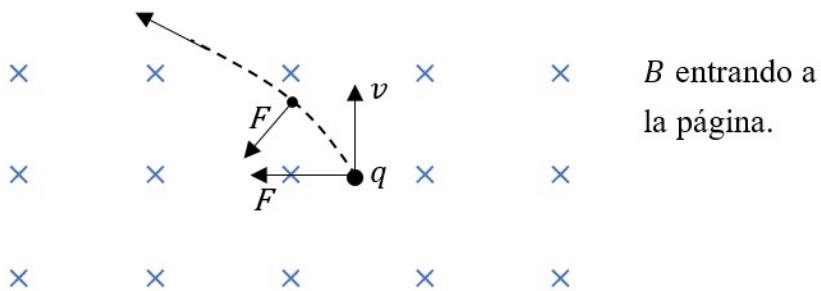


En ambos casos la partícula cargada se mueve con velocidad constante; es decir, no siente fuerza alguna debida al campo magnético, “no ve el campo”.

ii) Velocidad perpendicular al campo

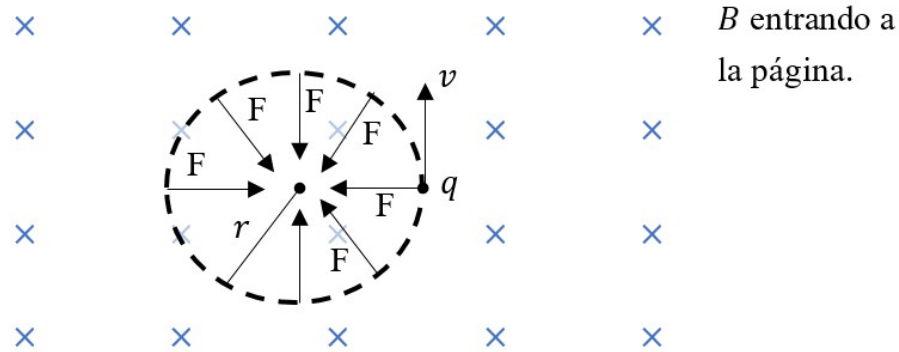
En este caso la partícula puede ser solo desviada de su dirección de movimiento o confinada en un movimiento circular. Veamos,

(a) La partícula recorre un arco de circunferencia y abandona la región del campo.



Esto sucede si la velocidad es muy baja, la intensidad del campo magnetico es baja o la region de campo magnetico es reducida al punto que la partícula logra escapar de la influencia del campo.

(b) La partícula queda confinada en un movimiento circular dentro de la región del campo.



Esto se da si la velocidad es muy alta o la intensidad del campo magnético es muy alta o la región de campo es lo suficientemente grande para lograr que la partícula cierre su trayectoria.

En ambos casos la fuerza magnética:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$F = qvB \sin 90^\circ$$

$$F = qvB$$

Actúa como una fuerza centrípeta:

$$F = F_c$$

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$qBr = mv$$

En el caso de confinamiento en movimiento circular (b), recordando que:

$$v = r\omega$$

Se puede obtener la frecuencia angular de giro ω [rad/s] también conocida como frecuencia de ciclotrón.

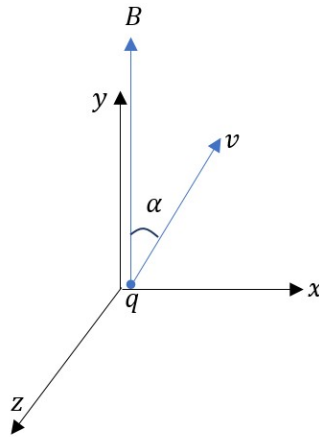
En ambos casos (a y b), r es el radio de curvatura de la trayectoria. Además, en el caso de confinamiento, teniendo ω se tienen:

$$\omega = 2\pi f, \quad f [\text{Hz}]$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T [\text{s}]: \text{Periodo de giro}$$

iii) Si la velocidad forma un ángulo arbitrario α con la dirección del campo

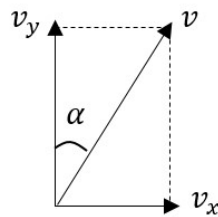


Observe que siempre existe un plano que contiene a \vec{v} y \vec{B} . Aquí el plano xy .

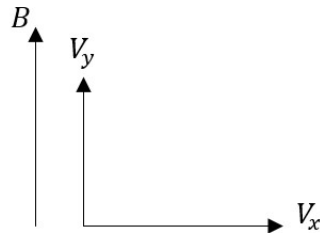
Observe también que \vec{v} tiene dos componentes:

$$v_y = v \cos \alpha$$

$$v_x = v \sin \alpha$$



Estudiando el problema en términos de tales componentes.

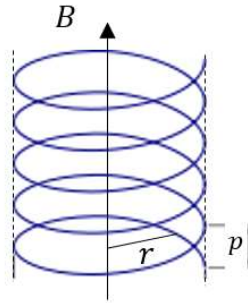


- La componente v_y es paralela a \vec{B} (caso *i*). Movimiento con $v_y = cte$.
- La componente v_x es perpendicular a \vec{B} (caso *ii*). Movimiento circular en el plano xz . (Plano perpendicular al campo), y se obtiene:

$$qBr = mv_x$$

$$qBr = mv \sin \alpha$$

- La combinación de ambos movimientos es una trayectoria helicoidal (hélice).



Dicha trayectoria tiene dos características fundamentales.

r : Radio de la hélice y se obtiene de la ecuación

$$qBr = mv \sin \alpha$$

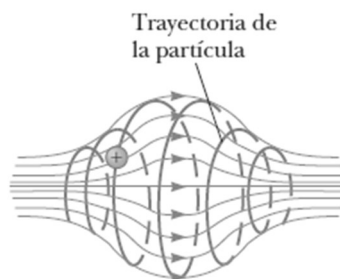
p : Paso de la hélice

$$p = V_y \cdot T$$

Donde T es el Periodo de la hélice.

II. Campo magnético no uniforme

Cuando el campo magnético no es uniforme el radio y el paso de la hélice son variables y se pueden obtener las llamadas botellas magnéticas.



Conclusión

1. Explicar detalladamente el funcionamiento del espectrómetro de masas y el ciclotrón. ¿Por qué son importantes estos dispositivos? ¿Cuáles son sus aplicaciones?
2. Utilice lo discutido en este documento para construir una explicación detallada del fenómeno conocido como cinturones de Van Allen. ¿Por qué es importante este fenómeno y como se relaciona con el fenómeno conocido como auroras boreales?