

# Física

□ Profesor Alberto Jesús Perea Moreno ([aperea@uco.es](mailto:aperea@uco.es))

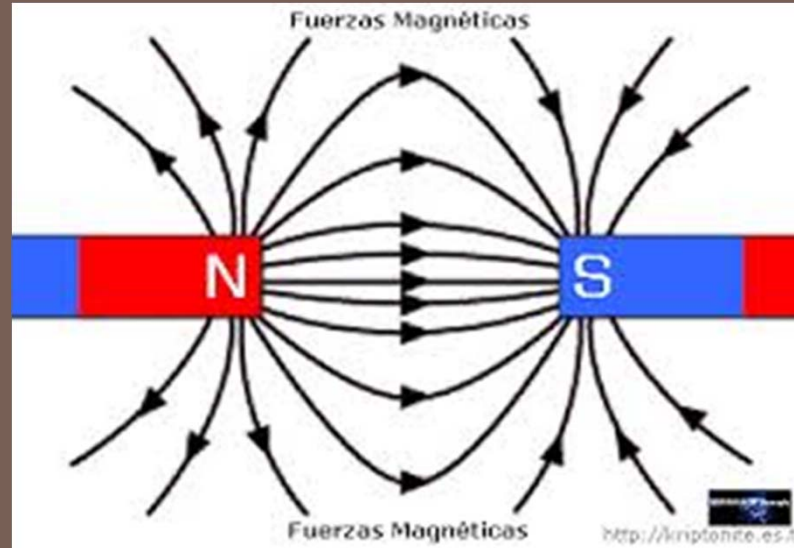
□ Tema 4 Magnetismo

- Fuerzas del campo magnético
- Fuentes del campo magnético
- Inducción electromagnética

□ Tema 5 Corriente Alterna

□ 2º Parcial Magnetismo y Corriente Alterna. **Viernes 22 de diciembre a las 16:00 h.**

Aula Magna- GG1 y GG2



<http://kryptonite.es.tl>

## TEMA 4. CAMPO MAGNÉTICO. FUERZAS MAGNÉTICAS.

Física

# Índice

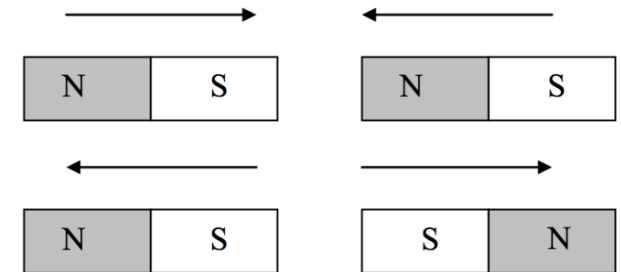
1. Introducción al magnetismo.
2. Vector campo magnético.
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. Líneas de campo.
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

# Índice

1. **Introducción al magnetismo.**
2. Vector campo magnético.
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. Líneas de campo.
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

# 1. Introducción al magnetismo.

- **Griegos:** se dice que los fenómenos magnéticos fueron observados por primera vez en la ciudad de Magnesia del Meandro (Asia Menor).
  - Sabían que ciertas piedras (magnetita) atraían el hierro, y que los trocitos de hierro atraídos atraían a su vez a otros.
- **s.XIII: Pierre de Maricourt** descubre la existencia de polos en todo imán.
  - En los polos las fuerzas presentan su máxima intensidad.
  - Los polos de signo contrario se atraen, y los de igual signo se repelen.
- **s.XVII: William Gilbert** descubre que la Tierra es un imán natural.
- **s.XVIII: John Mitchell** hace un estudio cuantitativo de la atracción y repulsión magnéticas:
  - Las fuerzas magnéticas siguen la ley del inverso del cuadrado de la distancia.
  - Los polos magnéticos, a diferencia de las cargas eléctricas, aparecen siempre por parejas.



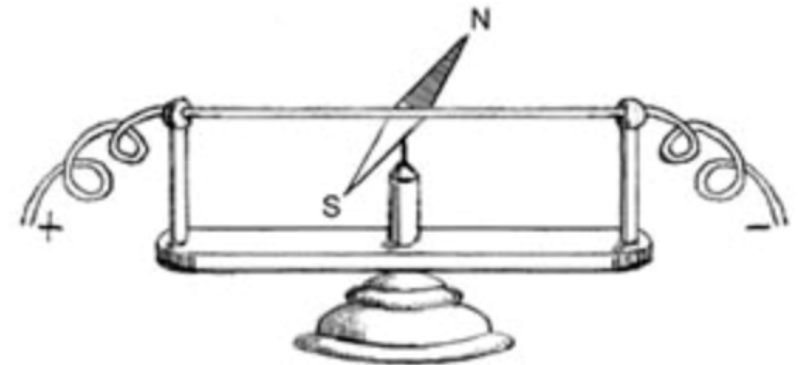
# 1. Introducción al magnetismo.

## S. XIX

- **Experimento de Oersted (1820):** al colocar una aguja imanada en la proximidad de un conductor rectilíneo recorrido por una corriente, aquella tiende a colocarse perpendicularmente al conductor, y al invertir el sentido de la corriente, la aguja gira  $180^\circ$ .
- De ello se deduce que las acciones magnéticas se deben al movimiento de las cargas eléctricas, estableciéndose **la relación entre Electricidad y Magnetismo**.



Hans Christian Ørsted



<http://www.maquinascientificas.es>

<https://gfycat.com/passionatelimpinghuemul>

# 1. Introducción al magnetismo.

- Un campo magnético variable en el tiempo produce un campo eléctrico (Faraday y Henry).
- **Maxwell (1860)** desarrolla una teoría completa de electricidad y magnetismo, según la cual un campo eléctrico variable produce un campo magnético y formula las Leyes de Maxwell.
- Las interacciones eléctrica y magnética están íntimamente relacionadas siendo en realidad dos aspectos diferentes de una única propiedad de la materia: la carga eléctrica.



James Clerk Maxwell

# Índice

1. Introducción al magnetismos.
2. **Vector campo magnético.**
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. Líneas de campo.
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.



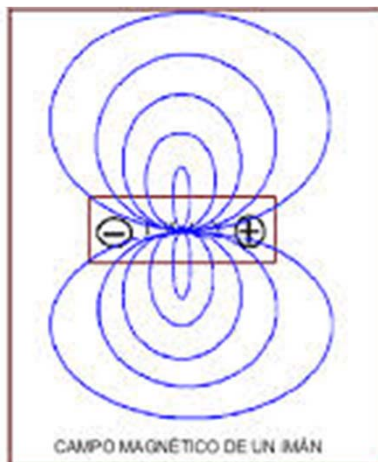
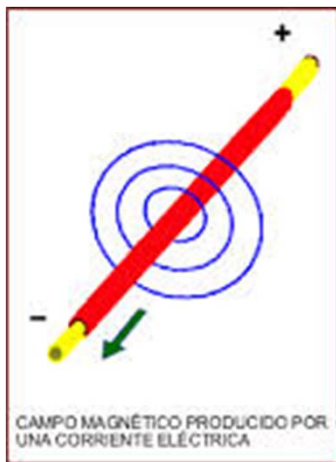
## 2. Vector Campo Magnético.

- Una carga eléctrica estacionaria perturba el espacio que la rodea
  - ▣ La perturbación es el **Campo Eléctrico  $E$** .
  - ▣ Aparecen fuerzas sobre otras cargas colocadas en dicho espacio.
- La presencia de corrientes eléctricas o imanes perturba el espacio a su alrededor:
  - ▣ La perturbación es el **Campo Magnético  $B$** .
  - ▣ Aparecen fuerzas sobre otras corrientes o imanes colocados en dicho espacio.
- La propiedad más importante de  **$B$**  es que es solenoidal: las líneas de fuerza del campo magnético son cerradas.

$$\text{div} \mathbf{B} = 0$$

$$\text{div} \mathbf{B} = \nabla \cdot \mathbf{B} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta V} \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

$$\text{div} \mathbf{B} = \nabla \cdot \mathbf{B} = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z}$$



# ANALOGÍAS Y DIFERENCIAS ENTRE CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO

## Analogías

- ▣ Ambos decrecen con el cuadrado de la distancia.
- ▣ Tienen una constante de proporcionalidad definida.

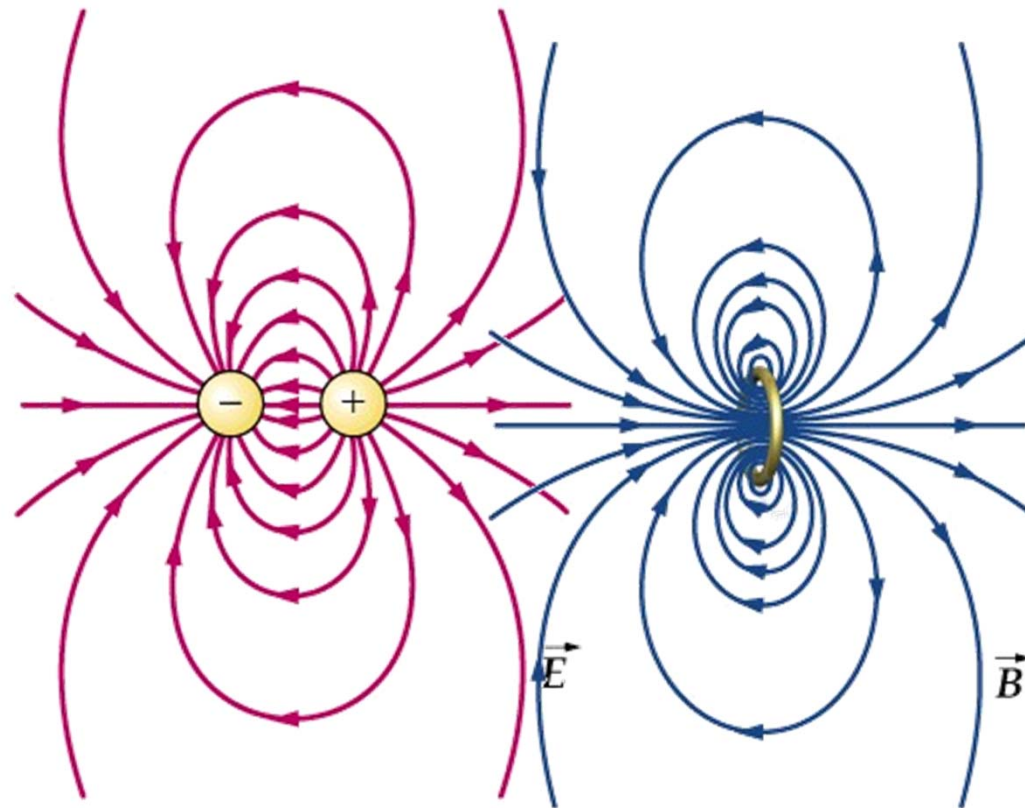
## Diferencias

- ▣ El campo electrostático es conservativo mientras que el campo magnético **no es conservativo**.
- ▣ La dirección de  $\mathbf{E}$  es radial, mientras que la de  $\mathbf{B}$  es perpendicular al plano que contiene a  $\mathbf{l}$  y  $d\mathbf{l}$ .
- ▣ La fuente de campo eléctrico es la carga puntual ( $q$ ), mientras que, para el campo magnético, es la carga móvil ( $q.v$ ) o un elemento de corriente ( $\mathbf{l}$ ).
- ▣ Las líneas de campo eléctrico tienen la misma dirección que la fuerza eléctrica sobre una carga positiva, mientras que las del campo magnético son perpendiculares a la fuerza magnética sobre una carga móvil.
- ▣ Las líneas de campo eléctrico empiezan en las cargas positivas y acaban en las negativas, mientras que las del campo magnético son líneas cerradas.

# ANALOGÍAS Y DIFERENCIAS ENTRE CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO

## Diferencias

- No existen puntos a partir de los cuales líneas de campo magnético convergen o divergen  $\longrightarrow$  **No existen monopolos magnéticos**



# Índice

1. Introducción al magnetismos.
2. Vector campo magnético.
3. **Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.**
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. Líneas de campo.
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

### 3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.

- La fuerza que actúa sobre una carga  $q$  que se mueve con velocidad  $\mathbf{v}$ , dentro de una región del espacio donde existe un campo magnético  $\mathbf{B}$  es:

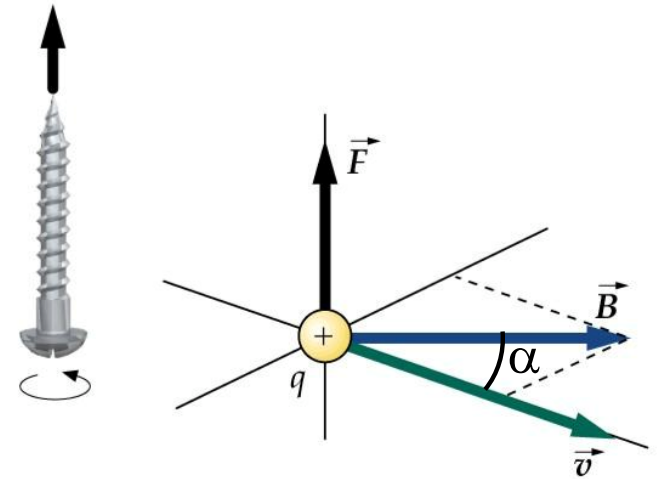
$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

- Si  $\mathbf{v} \parallel \mathbf{B} \Rightarrow \mathbf{F} = 0$
- Si  $\mathbf{v} \perp \mathbf{B} \Rightarrow F = q \cdot v \cdot B$

➡ Los tres vectores son mutuamente perpendiculares

- Si la carga es negativa, la fuerza tiene sentido contrario.
- A partir de la fuerza que produce, se puede cuantificar el campo:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad \Rightarrow \quad F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha \quad \Rightarrow \quad B = \frac{F}{q \cdot v \cdot \sin \alpha}$$



### 3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.

#### Ejemplo.

Una carga  $q = -3.64 \cdot 10^{-9}$  C se mueve con una velocidad de  $2.75 \cdot 10^6 \mathbf{i}$  m/s ¿Qué fuerza actúa sobre ella si el campo magnético es  $0.38 \mathbf{j}$  T?

$$\mathbf{F}_m = q \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) = -3.64 \cdot 10^{-9} \cdot (2.75 \cdot 10^6 \cdot 0.38) \mathbf{k} = -3.80 \cdot 10^{-3} \mathbf{k} \text{ N}$$

$$(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 2.75 \cdot 10^6 & 0 & 0 \\ 0 & 0.38 & 0 \end{vmatrix} = 2.75 \cdot 10^6 \cdot 0.38 \mathbf{k}$$

### 3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.

- Las dimensiones de B son:  $[B] = \frac{[F]}{Q[v]} = M \cdot T^{-1} \cdot Q^{-1}$
- Unidad en el S.I. del campo magnético: **Tesla (T)**
  - **Tesla**: Campo magnético que existe en un punto tal que al pasar por él una carga de 1 C perpendicularmente al campo, con una velocidad de 1 m/s, se halla sometido a una fuerza de 1 N.

$$1T = \frac{1N}{C \cdot \frac{m}{s}}$$

- **Flujo de inducción magnética**: flujo del campo magnético a través de una superficie.
- Unidad en el S.I. del flujo de inducción magnética: **Weber (Wb)**

$$[\Phi] = [B] \cdot [S] \quad \Rightarrow \quad 1Wb = T \cdot m^2 = \frac{1N}{C \cdot m/s} \cdot m^2 = \frac{1J}{C/s} = \frac{1J}{A}$$

➡ Weber: energía por unidad de intensidad de corriente

# Índice

1. Introducción al magnetismos.
2. Vector campo magnético.
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. **Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.**
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. Líneas de campo.
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.



## 4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.

- Considerando un conductor filiforme de sección recta  $S$ , recorrido por una intensidad  $I$ , y situado en un campo magnético  $\mathbf{B}$ .

- En un elemento de conductor habrá  $n \cdot S \cdot dl$  electrones libres ( $n$ : n° de electrones por unidad de volumen).

- Cada uno de estos electrones estará sometido a:

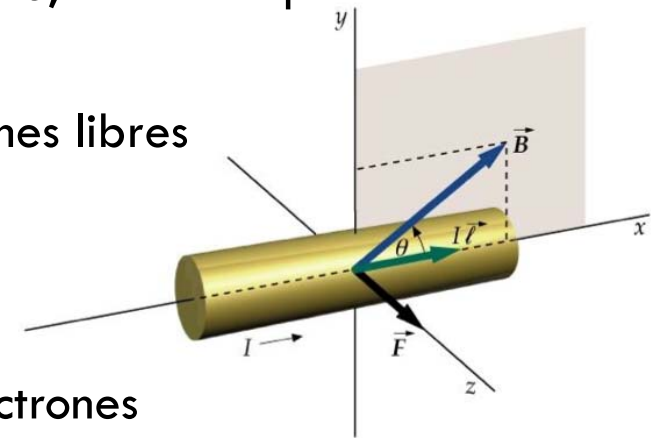
$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad \left\{ \begin{array}{l} q: -e \\ \mathbf{v}: \text{velocidad media de los electrones} \end{array} \right.$$

- La interacción entre los electrones y la estructura metálica del conductor hace que las fuerzas se apliquen sobre este, por lo que el elemento de conductor estará sometido a la fuerza:

$$d\mathbf{F} = n \cdot S \cdot dl \cdot (-e) \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

- Considerando el vector  $d\mathbf{l}$  como un vector de módulo  $dl$  y dirección y sentido el que indica la intensidad de corriente.

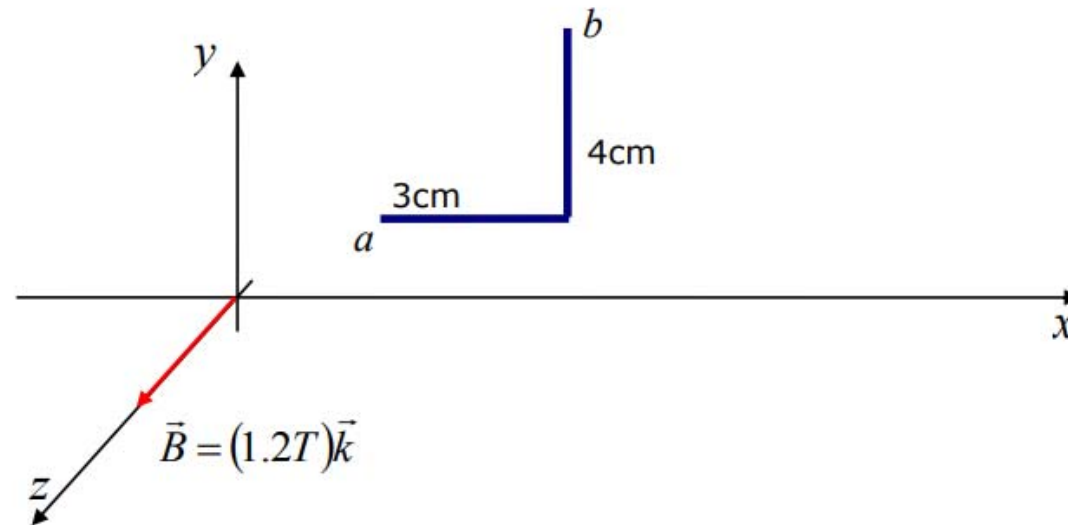
$$\left. \begin{array}{l} d\mathbf{F} = -e \cdot n \cdot S \cdot \mathbf{v} \cdot d\mathbf{l} \times \mathbf{B} \\ I = -e \cdot n \cdot S \cdot \mathbf{v} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{d\mathbf{F} = I \cdot d\mathbf{l} \times \mathbf{B}}$$



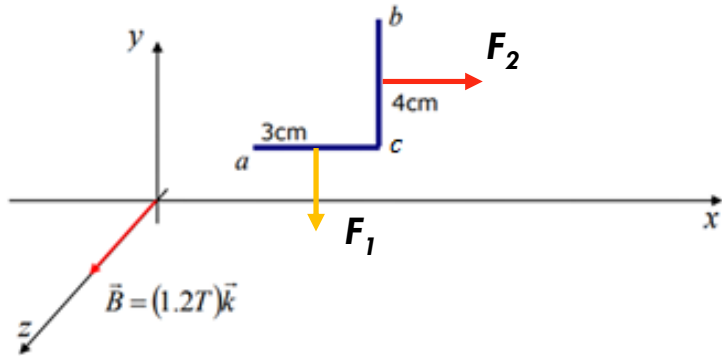
## 4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.

### Ejemplo (problema n°4 enunciados campo magnético. Fuerzas magnéticas)

El segmento de la figura transporta una corriente de 1.8 A de  $a$  a  $b$  y se encuentra en el interior de un campo magnético  $\mathbf{B}=1.2 \text{ K T}$ . Determinar la fuerza total que actúa sobre el conductor y demostrar que es la misma que actuaría si se tratara de un segmento recto de  $a$  a  $b$ .



## 4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.



Datos:

$$I = 1.8 \text{ A}$$

$$B = 1.2 \text{ k T}$$

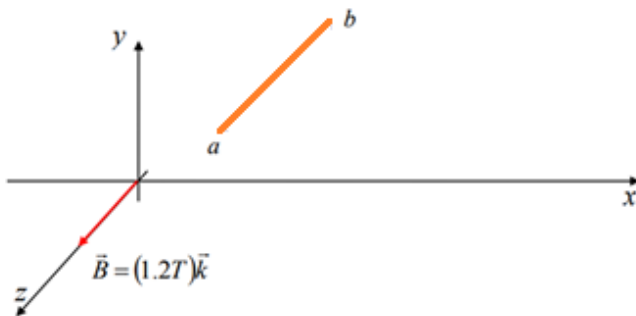
$$d\mathbf{F} = I \cdot d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

$$\mathbf{F}_1 = I \cdot ac\mathbf{i} \times B\mathbf{k} = -I \cdot ac \cdot B \mathbf{j}$$

$$\mathbf{F}_2 = I \cdot cb\mathbf{j} \times B\mathbf{k} = I \cdot cb \cdot B \mathbf{i}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{F}_1 = I \cdot ac\mathbf{i} \times B\mathbf{k} = -I \cdot ac \cdot B \mathbf{j} \\ \mathbf{F}_2 = I \cdot cb\mathbf{j} \times B\mathbf{k} = I \cdot cb \cdot B \mathbf{i} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = -I \cdot ac \cdot B \mathbf{j} + I \cdot cb \cdot B \mathbf{i} \\ = IB (cb\mathbf{i} - ac\mathbf{j}) \\ = 1.8 \cdot 1.2 (0.04\mathbf{i} - 0.03\mathbf{j}) \end{array}$$

$$\mathbf{F} = 0.0864\mathbf{i} - 0.0648\mathbf{j} = (8.64\mathbf{i} - 6.48\mathbf{j})10^{-2}\text{N}$$



$$\mathbf{F} = I \cdot \mathbf{ab} \times \mathbf{B}$$

$$\mathbf{F} = 1.8 (0.03\mathbf{i} + 0.04\mathbf{j}) \times 1.2\mathbf{k}$$

$$\mathbf{F} = (8.64\mathbf{i} - 6.48\mathbf{j})10^{-2}\text{N}$$

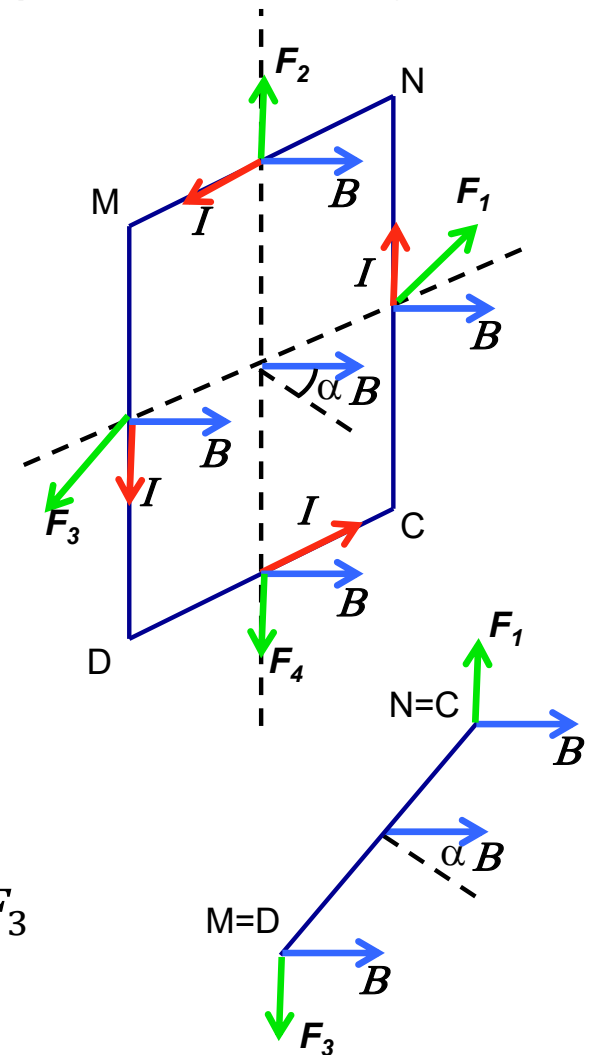
# Índice

1. Introducción al magnetismos.
2. Vector campo magnético.
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. **Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.**
6. Líneas de campo.
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

- Consideremos una espira rectangular, de base  $b$  y altura  $a$ , recorrida por una corriente  $I$ , y situada en un campo magnético  $\mathbf{B}$ , que forma un ángulo  $\alpha$  con la normal al plano de la espira.
- Todos los elementos de corriente están sometidos a  $d\mathbf{F}$  perpendiculares al plano formado por  $d\mathbf{l}$  y  $\mathbf{B}$ .
- La resultante de estas fuerzas en los lados MN y CD tienen igual módulo, igual recta de acción y sentido contrario, anulándose.
- La resultante de estas fuerzas en los lados NC y MD tienen igual módulo, sentido contrario, y rectas de acción paralelas, constituyendo un par de fuerzas.

$$F_1 = \int_C^N dF = \int_C^N B \cdot I \cdot dl \cdot \sin\beta = B \cdot I \cdot a \cdot \sin\beta = F_3$$



## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

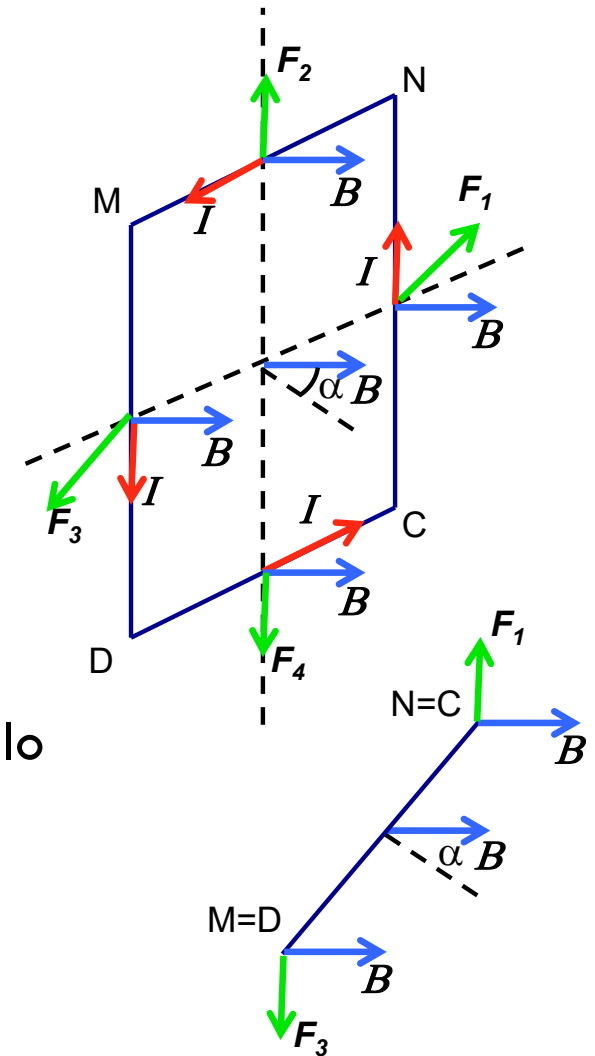
- Se puede asociar a la espira un vector  $\mathbf{m}$

$\mathbf{m}$ : Momento magnético  $\mathbf{m} = I \cdot \mathbf{S}$

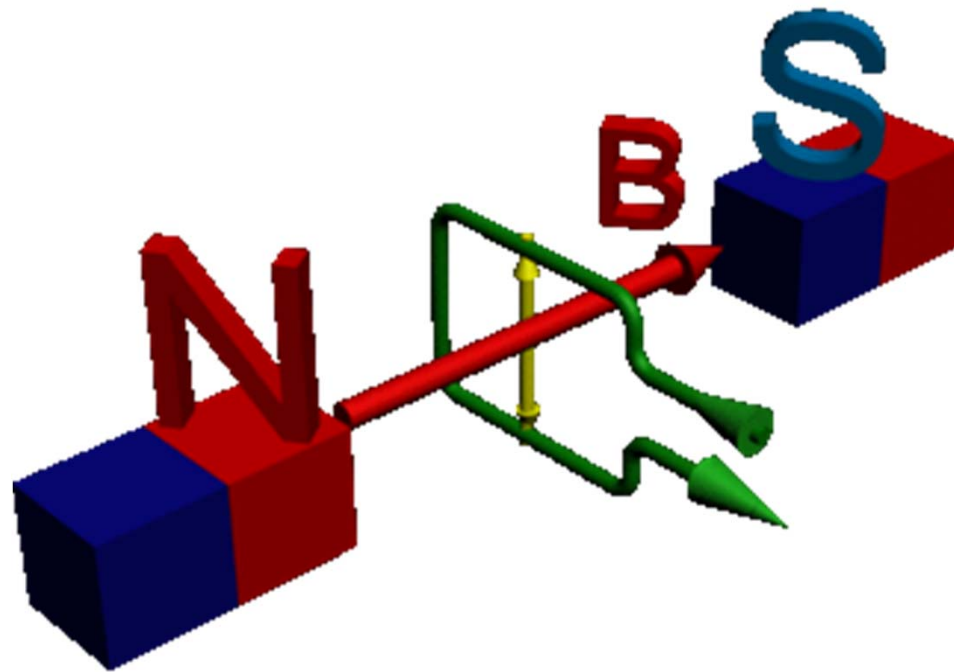
- Módulo:  $m = I \cdot S$   $S$ : superficie de la espira.
  - Dirección: normal al plano de la espira.
  - Sentido: el de avance de un sacacorchos y que gire con  $I$ .
- Así, el momento del par de fuerzas se puede expresar de manera vectorial:

$$\mathbf{M} = \mathbf{m} \times \mathbf{B}$$

- $\mathbf{F}_1$  y  $\mathbf{F}_3$  constituyen un par de fuerzas, siendo el módulo del momento del par:  $M = B \cdot I \cdot a \cdot b \cdot \sin\alpha$
- Esta expresión es válida para toda espira, rectangular o no.



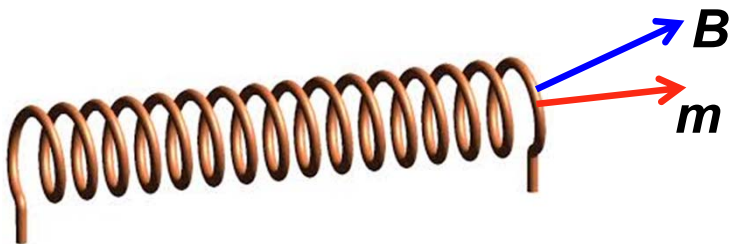
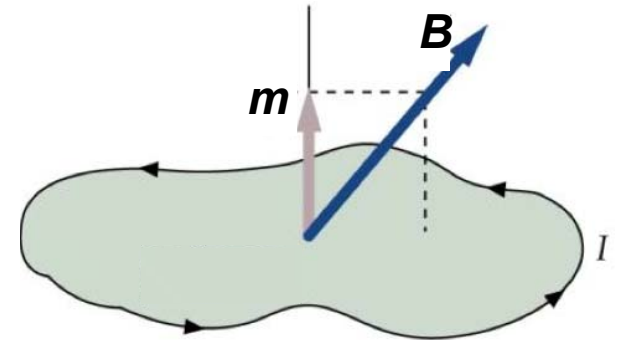
## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.



Fuente: <http://www.laquimicafacil.es/F2/magnetico/magnetico.htm>

## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

- Un circuito o espira, por la que circule una intensidad  $I$ , colocada dentro de un campo magnético uniforme, tiende a girar bajo la acción de un par de momento  $\mathbf{M}$ , hasta que  $\mathbf{m}$  y  $\mathbf{B}$  sean paralelos.
- El momento magnético  $\mathbf{m}$  es una característica del circuito.
  - ▣ El momento magnético de una espira nos va a decir qué ocurre cuando esa espira la situamos dentro de un campo magnético exterior, y qué campo magnético va a crear esta espira.
- En el caso de una bobina rectangular de  $N$  espiras:

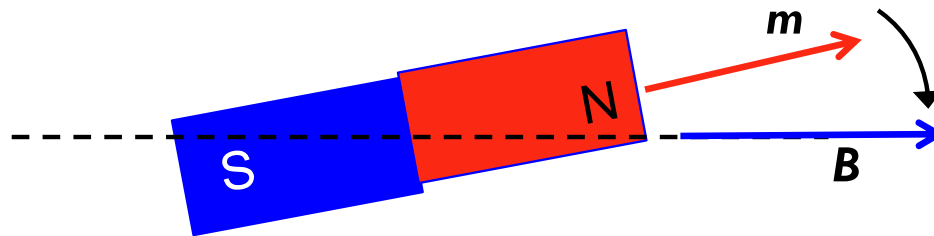


$$\mathbf{m} = N \cdot I \cdot \mathbf{S}$$



## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

- Cualquier imán se comporta como una espira de corriente.
- El origen del momento magnético de una barra imanada serán las espiras de corriente microscópicas que resultan del movimiento de los electrones en los átomos del imán.
- Si un imán permanente se sitúa dentro de un campo magnético  $\mathbf{B}$ , tiende a orientarse de modo que su polo norte apunta en la dirección de  $\mathbf{B}$ .



## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

### □ Energía potencial en una espira

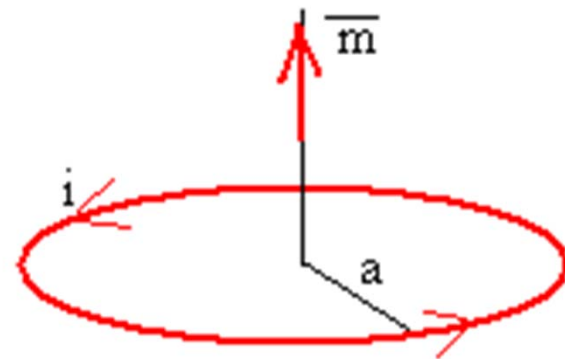
$$\phi = \frac{E}{I} \rightarrow E = \phi \cdot I$$

Si el flujo del campo magnético es:  $\phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S}$



$$E = \phi \cdot I = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S} \cdot I = \mathbf{B} \cdot \mathbf{m}$$

Sabiendo que  $\mathbf{m} = \mathbf{S} \cdot I$



## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

**Ejemplo. (problema nº6 enunciados campo magnético. Fuerzas magnéticas)**

El momento magnético de una espira plana viene dado por la expresión  $\mathbf{m} = 2\mathbf{i} - 3\mathbf{j} + \mathbf{k}$  (A·m<sup>2</sup>) y se encuentra sumergida en un campo magnético de inducción  $\mathbf{B} = \mathbf{i} + 3\mathbf{j} - 2\mathbf{k}$  (T). a) Calcular el momento del par de fuerzas al que se encuentra sometida la espira. b) Calcular la energía potencial que posee.

$$\begin{aligned} \text{a) } \mathbf{M} &= \mathbf{m} \times \mathbf{B} = (2\mathbf{i} - 3\mathbf{j} + \mathbf{k}) \times (\mathbf{i} + 3\mathbf{j} - 2\mathbf{k}) = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 2 & -3 & 1 \\ 1 & 3 & -2 \end{vmatrix} = \\ &= (6 - 3)\mathbf{i} - (-4 - 1)\mathbf{j} + (6 + 3)\mathbf{k} \end{aligned}$$

$$\mathbf{M} = 3\mathbf{i} + 5\mathbf{j} + 9\mathbf{k} \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

$$\text{b) } E = \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{m}$$

Sabiendo que  $\mathbf{m} = I \mathbf{S}$

$$(\mathbf{i} + 3\mathbf{j} - 2\mathbf{k}) \cdot (2\mathbf{i} - 3\mathbf{j} + \mathbf{k}) = -9$$

$$E = 9 \text{ J}$$

## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

### Ejemplo.

Una bobina formada por 30 espiras circulares está situada en una zona del espacio donde existe un campo magnético  $\mathbf{B} = 2 \text{ i T}$ , de modo que el vector  $\mathbf{S}$  que representa la superficie de las espiras forma un ángulo de  $\phi = 30^\circ$  con el vector  $\mathbf{B}$ . El radio de la bobina es  $r = 10 \text{ cm}$  y por ella circula una corriente  $I = 0.005 \text{ A}$ .

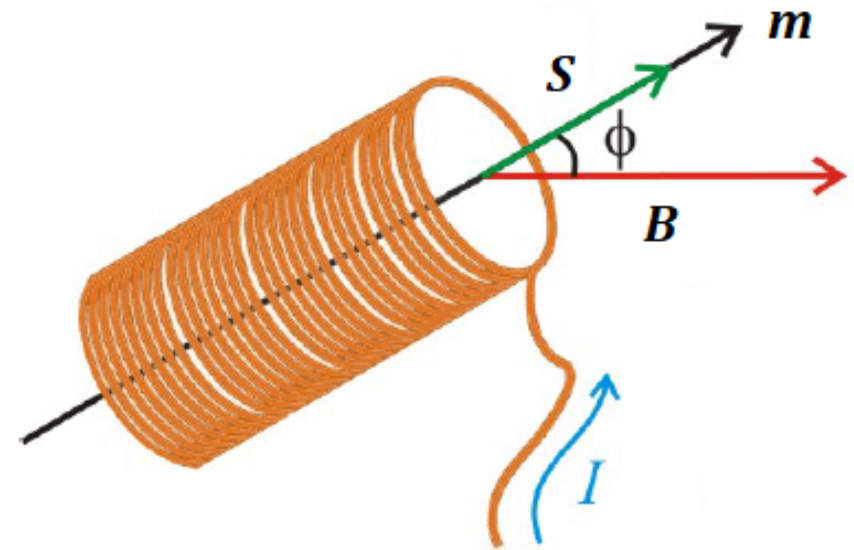
- Determinar el vector momento magnético de la bobina.
- Calcular el momento de las fuerzas que el campo magnético ejerce sobre la bobina. ¿Hacia dónde tiende a girar la bobina?

## 5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.

a)  $\mathbf{m} = N \cdot I \cdot \mathbf{S}$

$$\mathbf{m} = N \cdot I \cdot \pi r^2 (\cos 30^\circ \mathbf{i} + \sin 30^\circ \mathbf{j})$$

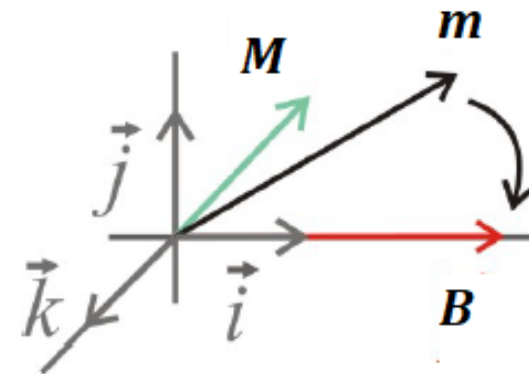
$$\mathbf{m} = 0.0041 \mathbf{i} + 0.0023 \mathbf{j} \text{ (A.m}^2\text{)}$$



b)  $\mathbf{M} = \mathbf{m} \times \mathbf{B}$

$$\mathbf{M} = (0.0041 \mathbf{i} + 0.0023 \mathbf{j}) \times 2 \mathbf{i} = -0.0046 \mathbf{k} \text{ Nm}$$

La bobina gira para que su momento magnético se alinee con el campo  $\mathbf{B}$



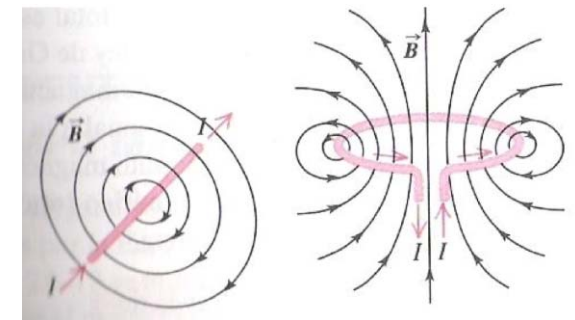
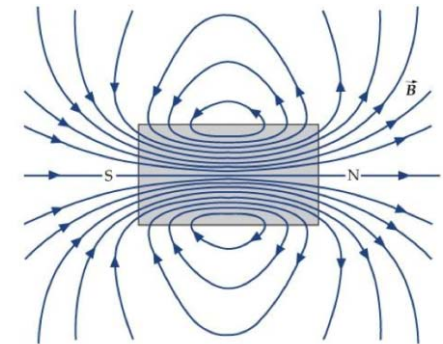
# Índice

1. Introducción al magnetismos.
2. Vector campo magnético.
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. **Líneas de campo.**
7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

## 6. Líneas de campo.

- El campo magnético, como cualquier campo vectorial, puede representarse por líneas de fuerza: líneas tangentes al vector campo en cada punto.
- La densidad de líneas nos indicará la magnitud del campo, y la dirección de éste.
- A diferencia de las líneas de campo eléctrico:
  - ▣ Las líneas de  $\mathbf{B}$  no poseen la dirección de la fuerza magnética sobre la carga en movimiento.
  - ▣ Las líneas de  $\mathbf{B}$  son cerradas.
- Se define el flujo de campo magnético:

$$\Phi = \iint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$





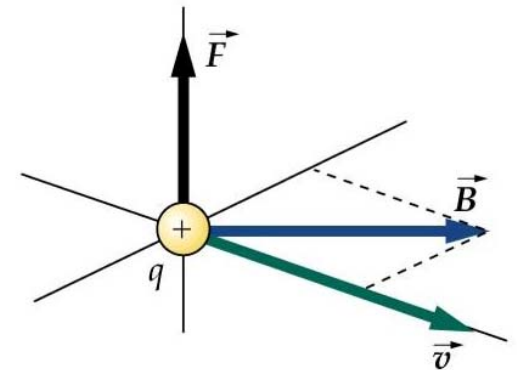
# Índice

1. Introducción al magnetismos.
2. Vector campo magnético.
3. Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
4. Acción de un campo magnético sobre un elemento de corriente.
5. Acción de un campo magnético sobre una espira o sobre un imán: momento magnético.
6. Líneas de campo.
7. **Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.**

## 7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

- La fuerza que el campo magnético ejerce sobre una partícula en movimiento es perpendicular a la velocidad.
- Por tanto, esta fuerza no realiza trabajo sobre ella.

➡ {  
- Se modifica la dirección, pero no el módulo de la velocidad.  
- La partícula no modifica su energía cinética.



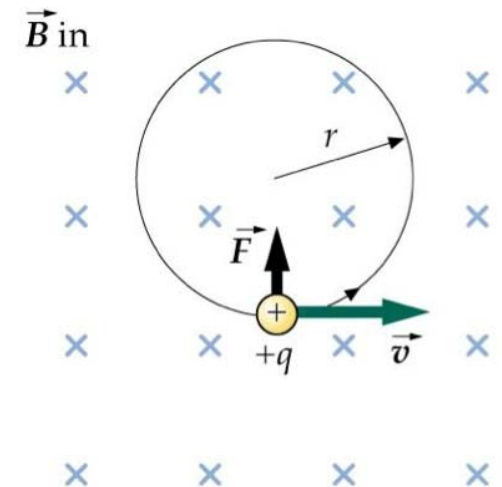
### a) $\vec{B}$ uniforme

- si  $\vec{v} \perp \vec{B}$ , la partícula describe un movimiento circular.

$$q \cdot v \cdot B = m \frac{v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

- El período del movimiento circular será:

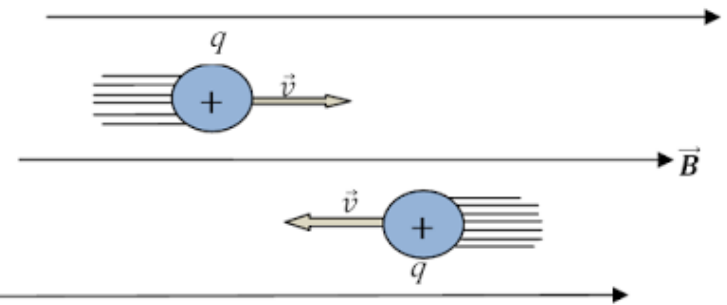
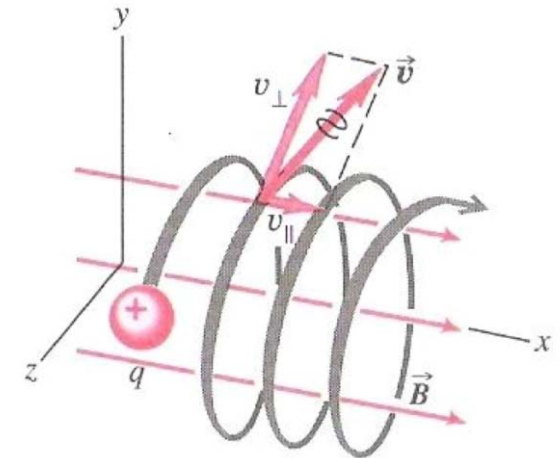
$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{q \cdot B}$$



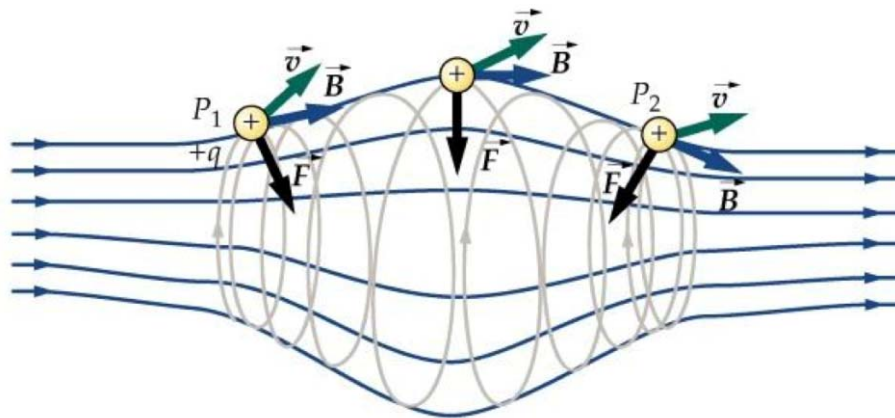
# 7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

## a) **B** uniforme

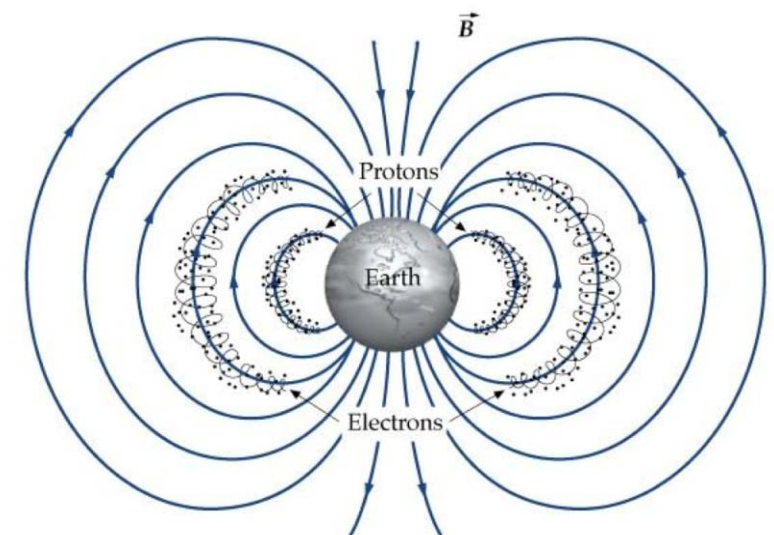
- si  $\mathbf{v}$  y  $\mathbf{B}$  no son perpendiculares, la partícula describe un movimiento helicoidal.
- si  $\mathbf{v}$  y  $\mathbf{B}$  son paralelos, la partícula no desvía su trayectoria.



## b) **B** no uniforme.



La partícula puede describir una trayectoria en espiral alrededor de las líneas de campo quedando atrapada: botella magnética.



## 7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.

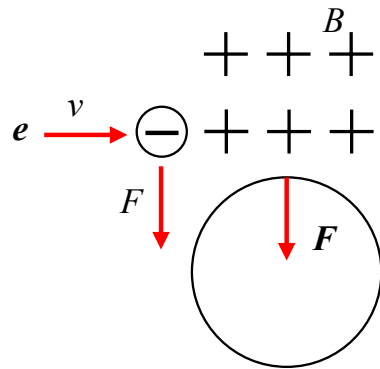
### Ejemplo. (problema nº1 enunciados campo magnético. Fuerzas magnéticas)

Un electrón penetra normalmente a un campo magnético uniforme de inducción  $15 \cdot 10^{-4}$  T. Su velocidad es de  $2 \cdot 10^6$  m/s. Calcular:

- a) La fuerza que actúa sobre el electrón.
- b) El radio de la órbita que describe.
- c) El tiempo que tarda en recorrer dicha órbita.

Datos:  $q_e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C     $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$  kg

## 7. Movimiento de partículas cargadas dentro de un campo magnético.



$$B = 15 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

$$v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\text{a) } \mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B} \Rightarrow F = q \cdot v \cdot B$$

$$\mathbf{v} \perp \mathbf{B}$$

$$F = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \boxed{F = 48 \cdot 10^{-17} \text{ N}}$$

$$\text{b) } F = F_c = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv^2}{F} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 4 \cdot 10^{12}}{48 \cdot 10^{-17}}$$

$$R = 0.758 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0.00758 \text{ m} \Rightarrow \boxed{R = 7.6 \text{ mm}}$$

$$\text{c) } v = \frac{e}{t} \Rightarrow t = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0.00758}{2 \cdot 10^6} = 0.0239 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$\boxed{t = 23.9 \text{ ns}}$$

**No dejes de consultar...**

**Accede a la documentación complementaria del tema a través de la siguiente dirección web:**

[http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/magnet/magnet\\_portada.html](http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/magnet/magnet_portada.html)

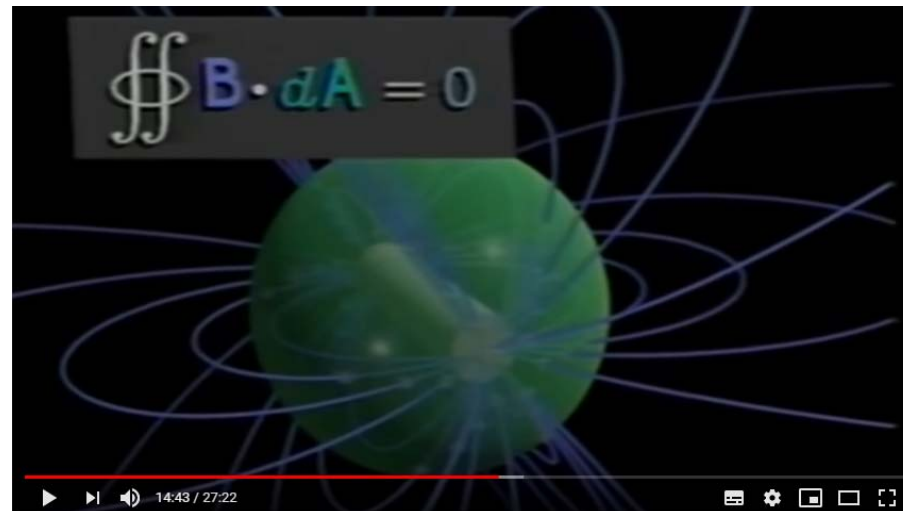


No dejes de ver...

## El Universo Mecánico. Magnetismo

Accede al vídeo a través de la siguiente dirección web:

<https://www.youtube.com/watch?v=3t3SNi3IYEo>



## Bibliografía

- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). Física para la ciencia y la tecnología (Vol. 2). Reverté.
- Serway, R. A., Jewett, J. W. (2008). Física para ciencias e ingeniería. Vol. 2 . CENGAGE Learning.
- Alonso, M., E. J. Finn (1989). Física, vol. II, Campos y ondas. Addison-Wesley Iberoamericana.
- Burbano de Ercilla, S., Burbano García, E., Gracia Muñoz, C. (2003). Física General. Tebar.
- Fidalgo, J.A. y Fernández, M. (2006). Física General. Everest.
- Cromer, A.H. (1999). Física en la Ciencia y en la Industria. Reverté.

### **Problemas resueltos**

- Burbano de Ercilla, Burbano García y Gracia Muñoz. Problemas de Física. Tomos I y II. Tebar.
- Gistas, J.A. , A. Laguna y R. López. Problemas de Física. (3 Tomos). Servicio Publicaciones de Universidad de Córdoba.
- Posadillo, C. Campos Electromagnéticos y Teoría de Circuitos. Servicio Publicaciones de Universidad de Córdoba.