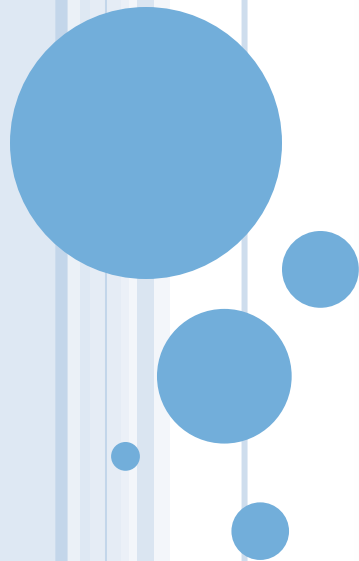
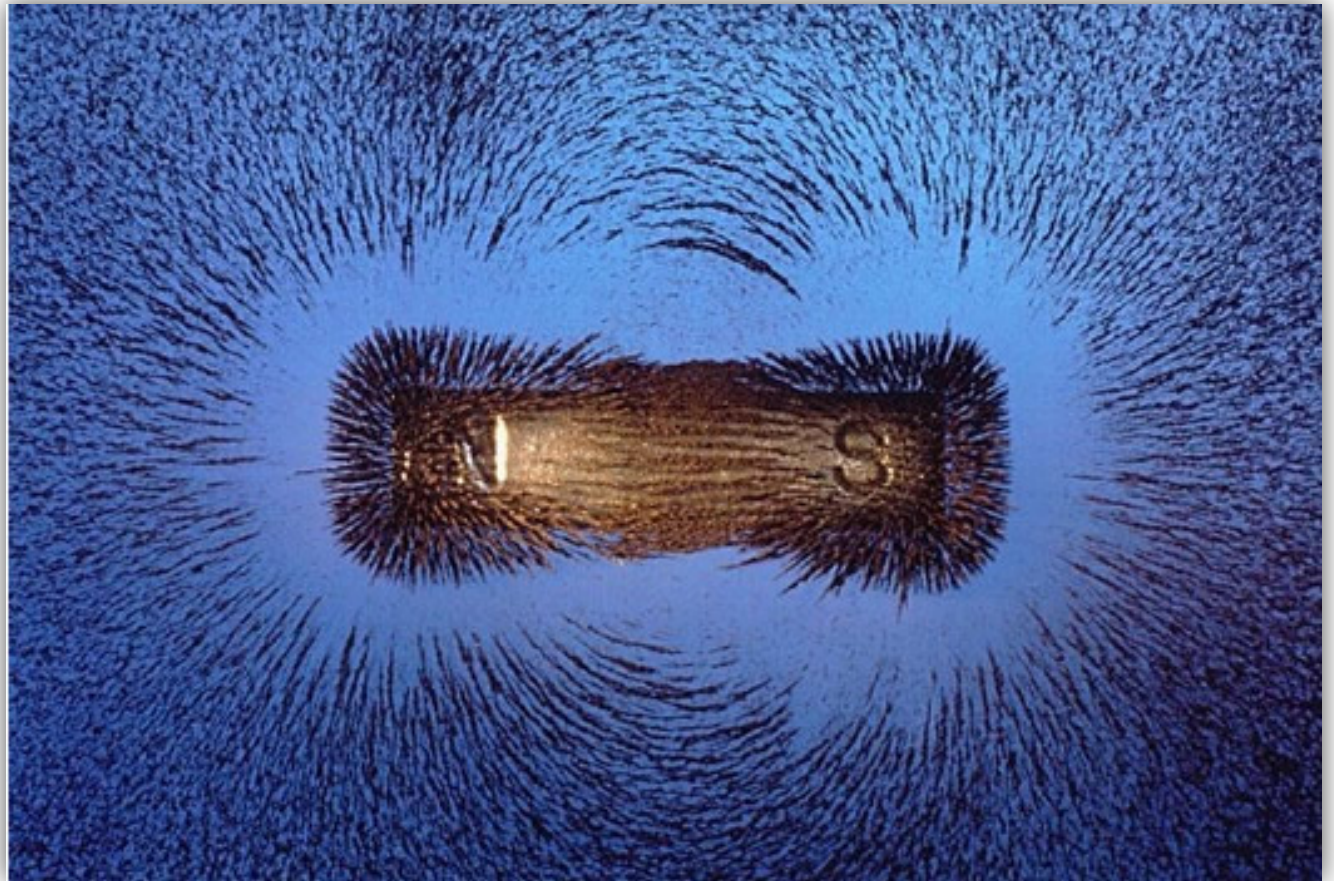


# TEMA 5.- EL CAMPO MAGNÉTICO.



## 5.1.- El magnetismo.

*(Video 1: Los imanes y el origen del magnetismo).*

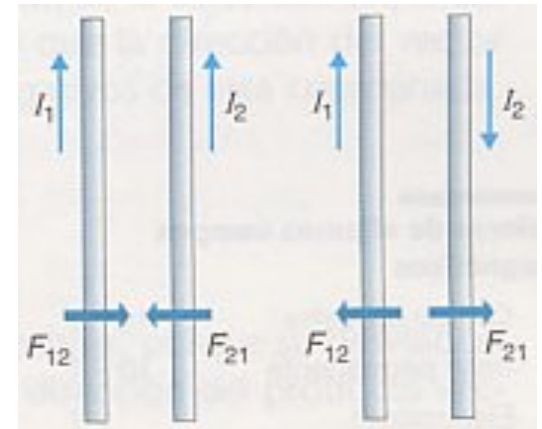
✚ Algunos **antecedentes del magnetismo** a lo largo de la historia:

- ❖ **Siglo XI y XII:** se generaliza el uso de la brújula como instrumento de navegación. Permite la orientación en condiciones de poca visibilidad.
  
- ❖ **Los imanes**, de los que se conoce que:
  - Están formados por dos polos (Norte y Sur).
  - Atraen/repelen fuertemente objetos de hierro.
  - Polos del mismo tipo se repelen y polos distintos se atraen.  
¿Existirán partículas magnéticas?
  - No se pueden separar los dos polos. Siempre aparecen a pares.  
Se descarta la existencia de partículas magnéticas.
  
- ❖ **Experiencia de Oersted**, quien comprueba experimentalmente que una corriente eléctrica es capaz de desviar la orientación de una brújula.
  - Esto pone de manifiesto que los fenómenos eléctricos y magnéticos tienen que estar relacionados entre si.

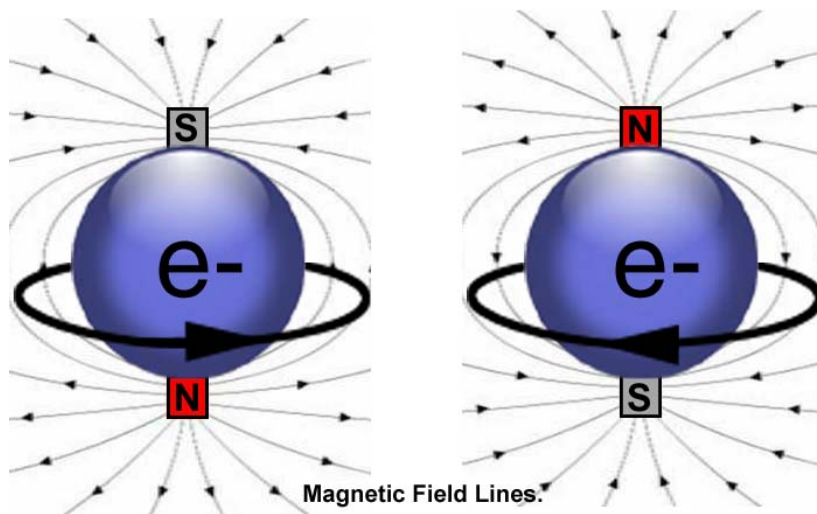
*(Video 2: la experiencia de Oersted - 4 min).*

✚ **Explicación del magnetismo natural:** experimentos posteriores confirman la experiencia de Oersted, de manera que corrientes eléctricas producen los mismos efectos que los imanes:

- ❖ Corrientes eléctricas se atraen/repelen entre sí dependiendo del sentido de las corrientes.
- ❖ Corrientes eléctricas son capaces de atraer/repeler limaduras de hierro.



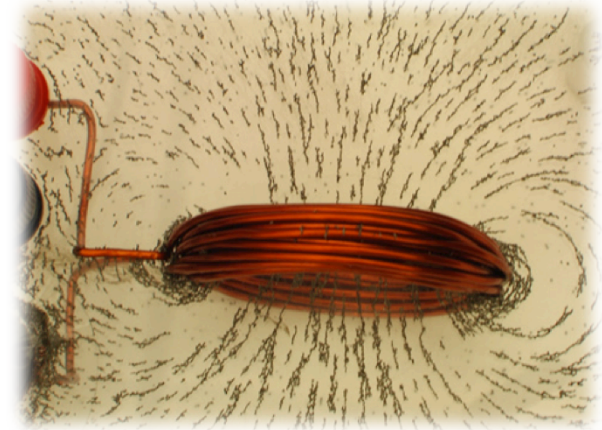
✚ **Explicación de Ampere del magnetismo natural:** el magnetismo está producido por pequeños elementos de corriente eléctrica (movimiento de  $e^-$ ) en el interior de la materia.



## 5.2.- Estudio del campo magnético.

✚ Llamamos **campo magnético** a la perturbación que un imán o una corriente eléctrica genera en los puntos del medio que lo rodea. Esa perturbación actuará sobre:

- ❖ Una segunda corriente eléctrica.
- ❖ Sobre una carga en movimiento.

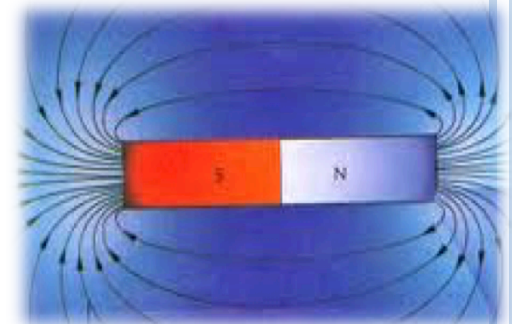


### 5.2.1.- Descripción del campo magnético.

✚ La intensidad del campo magnético viene descrita por el vector **campo magnético** o **Inducción magnética**, cuya unidad en el SI son tesla [T.]

✚ **Representación del campo magnético:**

- ❖ Las líneas de campo magnético son líneas de campo cerradas, salientes del polo N y entrantes en el polo S.
- ❖ La densidad de líneas de campo es proporcional a la intensidad del mismo.

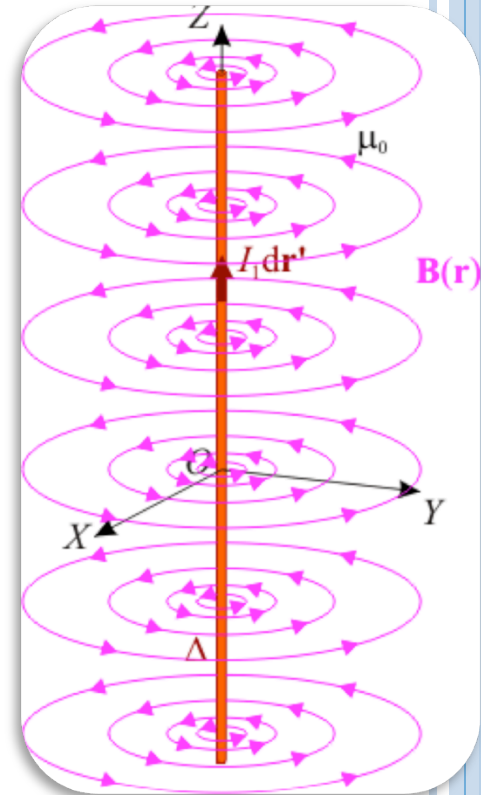


### 5.2.3.- Fuentes del campo magnético.

- ✚ El campo magnético creado por una corriente rectilínea por la que circula una intensidad de corriente  $I$ , viene dado por:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} [\text{Tesla} : T]$$

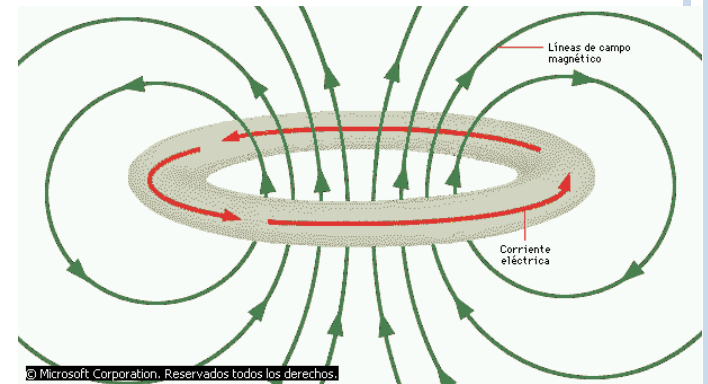
- ❖ Las líneas de campo magnético son circunferencias concéntricas con el hilo.
- ❖ El sentido de las líneas de campo magnético depende del sentido de la intensidad y viene dada por la regla del sacacorchos ( $I$  hacia arriba y  $B$  antihorario).
- ❖  $r$ : distancia del punto al hilo de corriente.
- ❖  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} [Tm / A]$ : permeabilidad magnética del medio (en este caso en vacío).
- ❖  $I$  [Amperios A], es la intensidad de corriente que circula por el hilo y es la responsable de la creación del campo magnético.



- El campo magnético creado en el interior de una espira circular por la que circula una intensidad de corriente en sentido antihorario, viene dado por:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

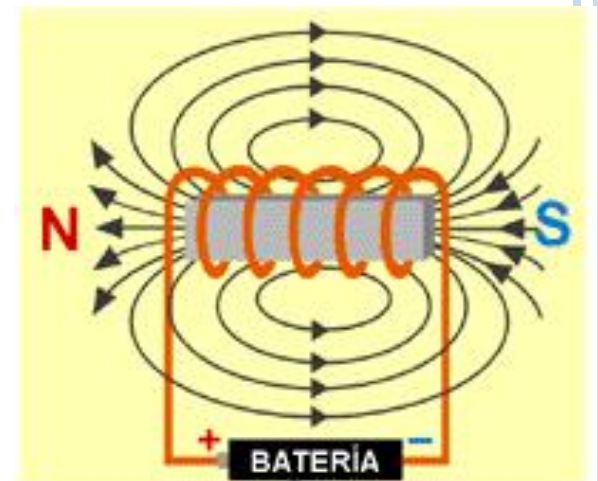
- Esta expresión sólo es válida para el centro de la espira, donde el campo B es perpendicular al plano de la misma.



- El campo magnético en el interior de un solenoide (bobina), viene dado por:

$$B = \mu_0 n I$$

- Un solenoid es un conductor enrollado con una densidad muy alta de vueltas.
- $n = N/L$ , es la densidad de espiras, es decir, el número de vueltas N, por unidad de longitud L.
- El campo B en su interior es uniforme (cte.).
- I en sentido horario genera B hacia la izquierda.
- (Video 3: Ley de Ampere).



## 5.3.- Efectos del campo magnético.

### 5.3.1.- Fuerza magnética sobre cargas en movimiento.

✚ Una carga eléctrica  $q$ , moviéndose con velocidad  $V$  dentro de un campo magnético  $B$  experimenta una fuerza magnética  $F_m$ , que viene dada por la **ley de Lorentz**.

$$\vec{F}_m = q\vec{V} \times \vec{B}$$

❖ El **módulo** de dicha fuerza viene dada por:

$$F = qVB \cdot \text{sen}\Theta$$

❖  $F$ : es proporcional a  $q$ ,  $V$ ,  $B$  y al  $\text{sen}\Theta$ .

❖ si

❖ si es paralelo a

❖ es perpendicular a  $\vec{v}$  y a

❖ es una fuerza normal al movimiento que produce un MCU donde:

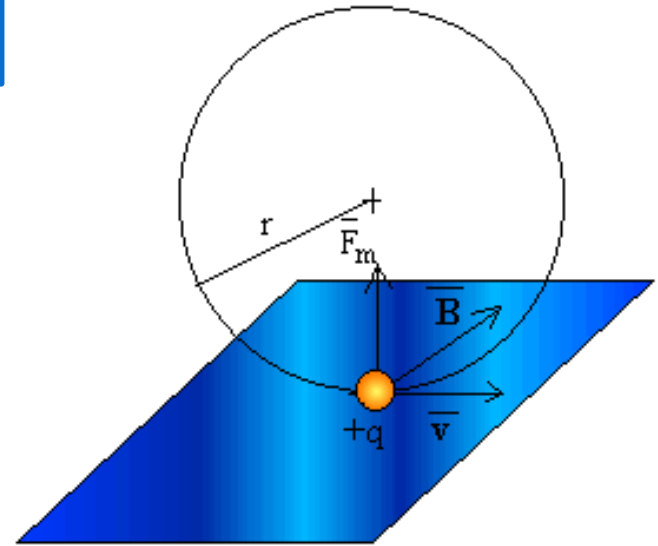
$$F_m = ma_n$$



$$qVB = m \frac{V^2}{R}$$



$$R = \frac{mV}{qB}$$

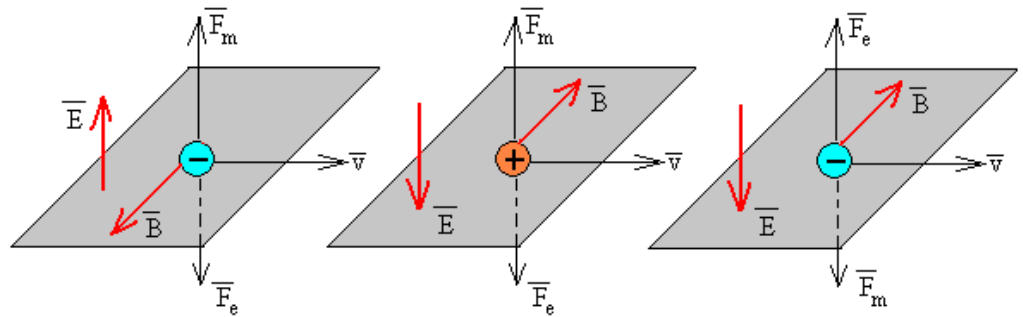


- Una carga eléctrica moviéndose en el seno de un campo eléctrico  $E$  y magnético  $B$ , experimenta una fuerza total que viene dada por:

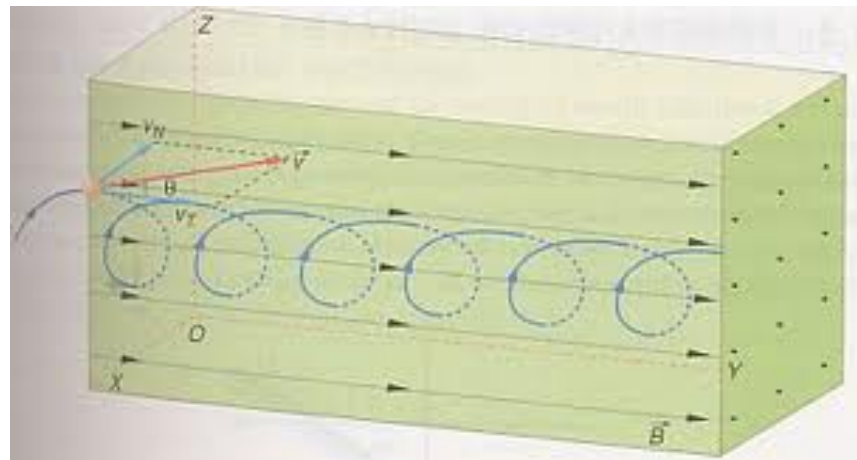
$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m$$

$$F = qE + qVB$$

$$F = q(E + VB)$$



- La composición del MCU producido por la  $F_m$ , con un MRU en la dirección perpendicular, da lugar a un movimiento helicoidal.





### 5.3.2.- Aplicaciones de la fuerza de Lorentz.

#### Aplicación 1: El espectrómetro de masa. Constituido por:

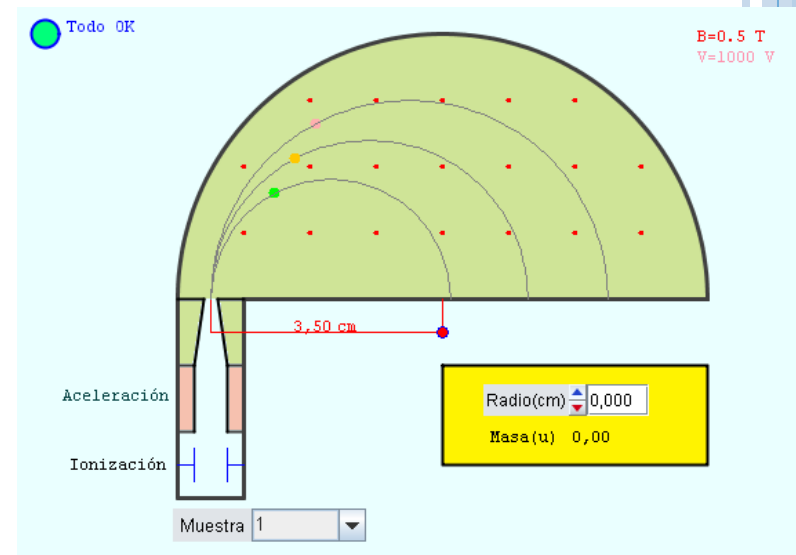
- ❖ Cámara de ionización (1): donde se descomponen las sustancias en iones característicos.
- ❖ Acelerador de partículas(2): donde se someten los iones a una diferencia de tensión  $\Delta V$  que acelera todos los iones iguales con la misma velocidad.

- Aplicamos  $\Delta V$ .
- La  $q$  adquiere  $E_p = q \Delta V$ .
- $E_p$  se transforma en  $E_c$ :

$$E_p = q\Delta V = E_c = \frac{1}{2}mV^2 \quad \rightarrow \quad V = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

- Todas las partículas con el mismo  $q/m$  adquieren la misma  $V$

- ❖ Región con campo magnético B (3): donde se aplica un campo magnético que desvía los iones iguales con un cierto radio de giro.

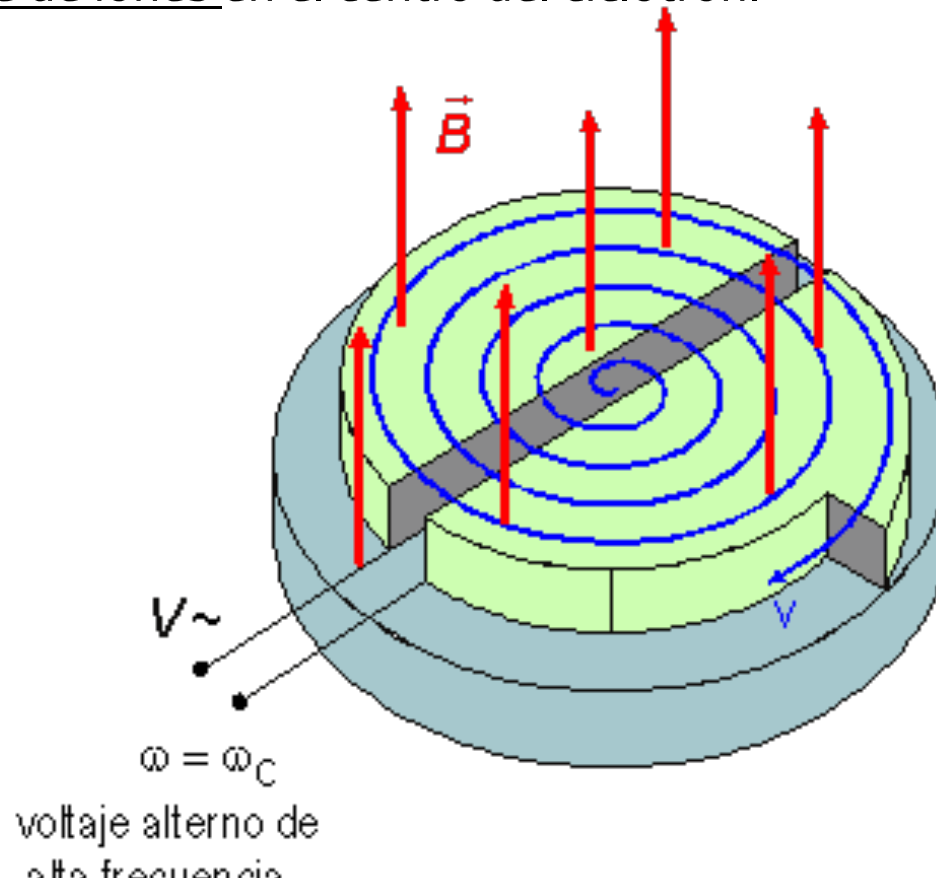


$$R = \frac{mV}{qB}$$



✚ Aplicación 2: El ciclotrón. Acelerador de partículas constituido por:

- ❖ Dos estructuras metálicas semicirculares conocidas con “des”, separadas una distancia  $d$ , y sometidas a un campo  $B$  perpendicular.
- ❖ Una fente de tensión  $\Delta V$  en corriente alterna (AC) de frecuencia  $f$ , colocada entre las dos estructuras metálicas.
- ❖ Una fente de iones en el centro del ciclotrón.



❖ Funcionamiento:

- Introducimos la carga eléctrica “q” en el centro del ciclotrón y la aceleramos hasta que entre con  $V_1$  en una de las dos regiones.

- Aplicamos el campo B que hace girar la carga con MCU de radio:

$$R_1 = \frac{mV_1}{qB}$$

- Sincronizamos la fuente en AC para que al salir de la primera “D” vuelva a acelerar la carga hasta una velocidad  $V_2$ .

- Al entrar en la segunda “D” con velocidad  $V_2$ , vuelve a girar con un radio:

$$R_2 = \frac{mV_2}{qB}$$

- Esta sincronización se consigue ajustando la frecuencia de la fuente en AC con el periodo de giro de la carga:

$$T = \frac{2\pi R_1}{V_1} = \frac{2\pi}{V_1} \left( \frac{mV_1}{qB} \right) \quad \rightarrow \quad T = \frac{2\pi m}{qB} \quad \rightarrow \quad \boxed{f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}}$$

- Imponemos la condición de resonancia ajustando la frecuencia f.

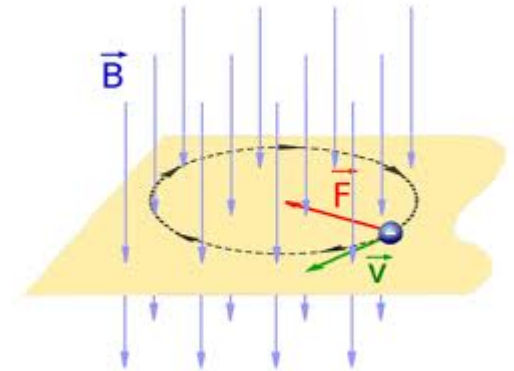
- La  $V_{\max}$  a la que podemos acelerar la carga q está condicionada por el tamaño del ciclotrón:

$$\boxed{V_{\max} = \frac{qBR_{\max}}{m}}$$

### 5.3.3.- Fuerza magnética sobre una corriente.

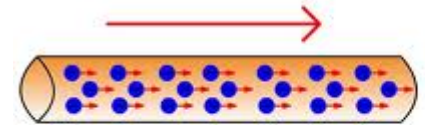
- ❖ Hemos visto que los efectos del campo magnético sobre una carga en movimiento viene dada por la ley de Lorentz:

$$\vec{F}_m = q\vec{V} \times \vec{B}$$



- ❖ La intensidad de corriente I que circula por un hilo de corriente se define como el número de cargas eléctricas  $\Delta Q$ , que atraviesan la sección del conductor en la unidad de tiempo  $\Delta t$ , de manera que:

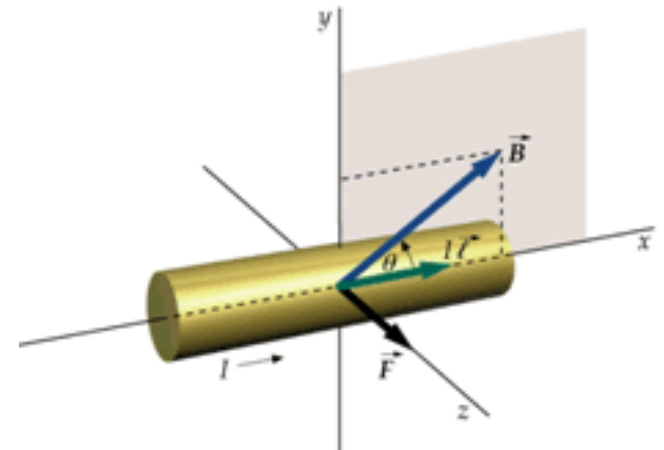
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad [\text{Amperio} : A]$$



- ❖ Esa  $F_m$  actúa sobre las cargas eléctricas que circulan por un hilo de corriente, de manera que aparece una fuerza neta sobre el conductor que viene dada por:

$$\vec{F}_m = I\vec{L} \times \vec{B}$$

- I: intensidad de corriente [Amperios, A]
- L: marca dirección y longitud del hilo [m]



### 5.3.4.- Fuerza magnética entre corrientes paralelas.

- ❖ Consideremos dos corrientes paralelas por las que circulan intensidades  $I_1$  e  $I_2$  en el mismo sentido.
- ❖ La intensidad  $I_1$  genera un campo magnético en sentido antihorario que viene dado por la ley de Ampere:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

- ❖ El campo  $B_1$  afecta a la segunda corriente que experimenta una  $F_{m1,2}$ :

$$\vec{F}_{1,2} = I_2 \vec{L} \times \vec{B}_1$$

- ❖ En el diagrama podemos ver el carácter atractivo de la fuerza.
- ❖ Sustituimos  $B_1$  y quitamos los vectores:

$$F_{1,2} = I_2 L \left( \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \right) \quad \rightarrow \quad \boxed{\frac{F_{1,2}}{L} = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d}}$$

- ❖ Por acción y reacción:

$$\boxed{\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}}$$

