

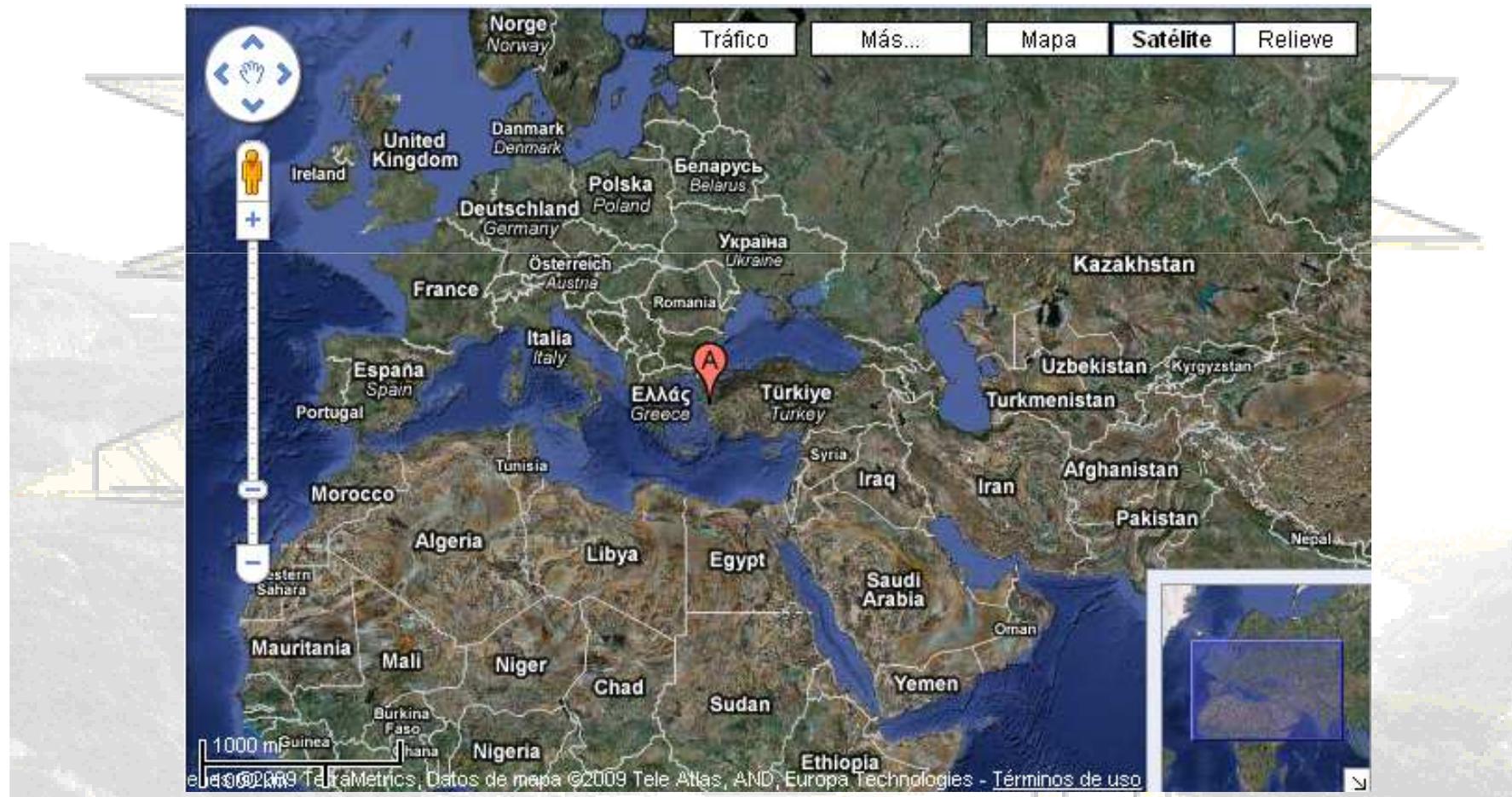


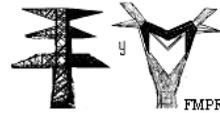
# Introducción al magnetismo

El fenómeno del magnetismo fue conocido por los griegos desde el año 800 A.C. Ellos descubrieron que ciertas piedras, ahora llamadas magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), atraían piezas de hierro. La leyenda adjudica el nombre de magnetita a un fragmento de mineral de hierro magnetizado que fue encontrado en la antigua ciudad de Magnesia (hoy Manisa en el oeste de Turquía).



# Ciudad de Magnesia





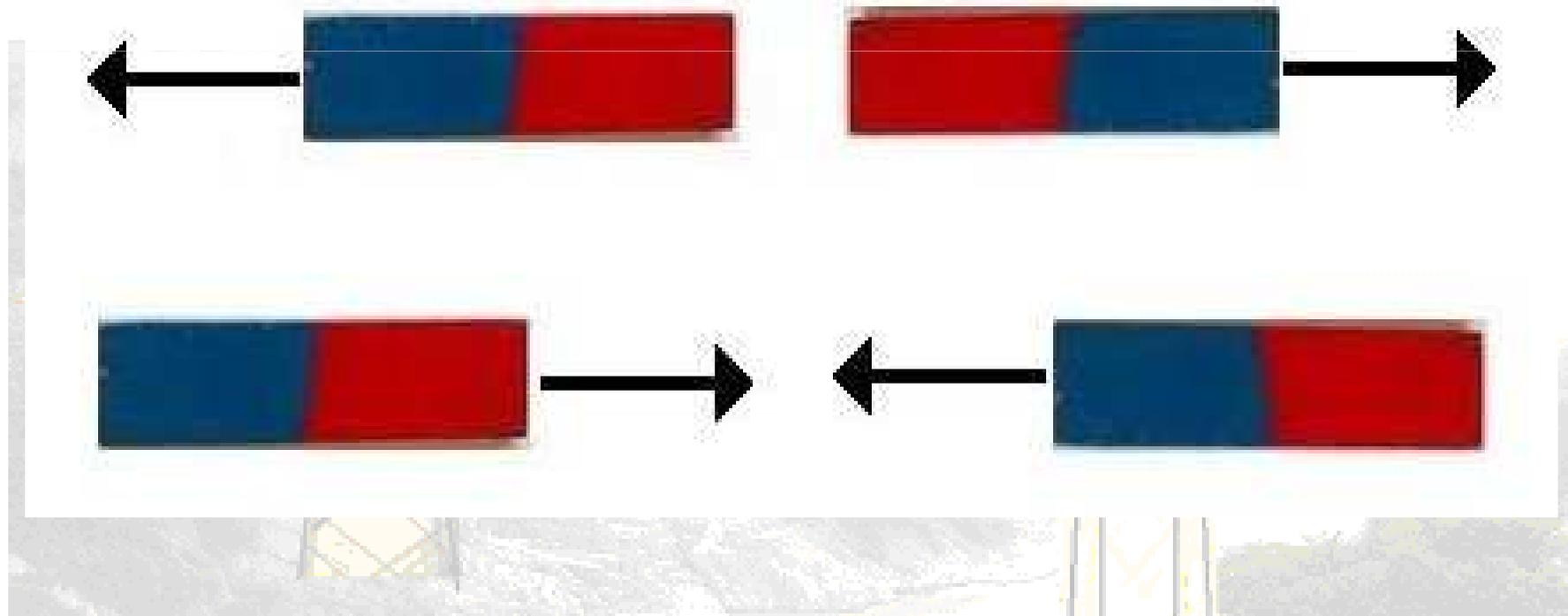
# Introducción al magnetismo

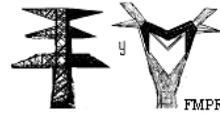
- Experimentos subsecuentes demostraron que cualquier imán, sin importar su forma, tiene dos polos, llamados polo norte y polo sur, los cuales presentan fuerzas que actúan entre sí de manera análoga a las cargas eléctricas. Es decir, polos iguales se repelen y polos diferentes se atraen.



# Introducción al magnetismo

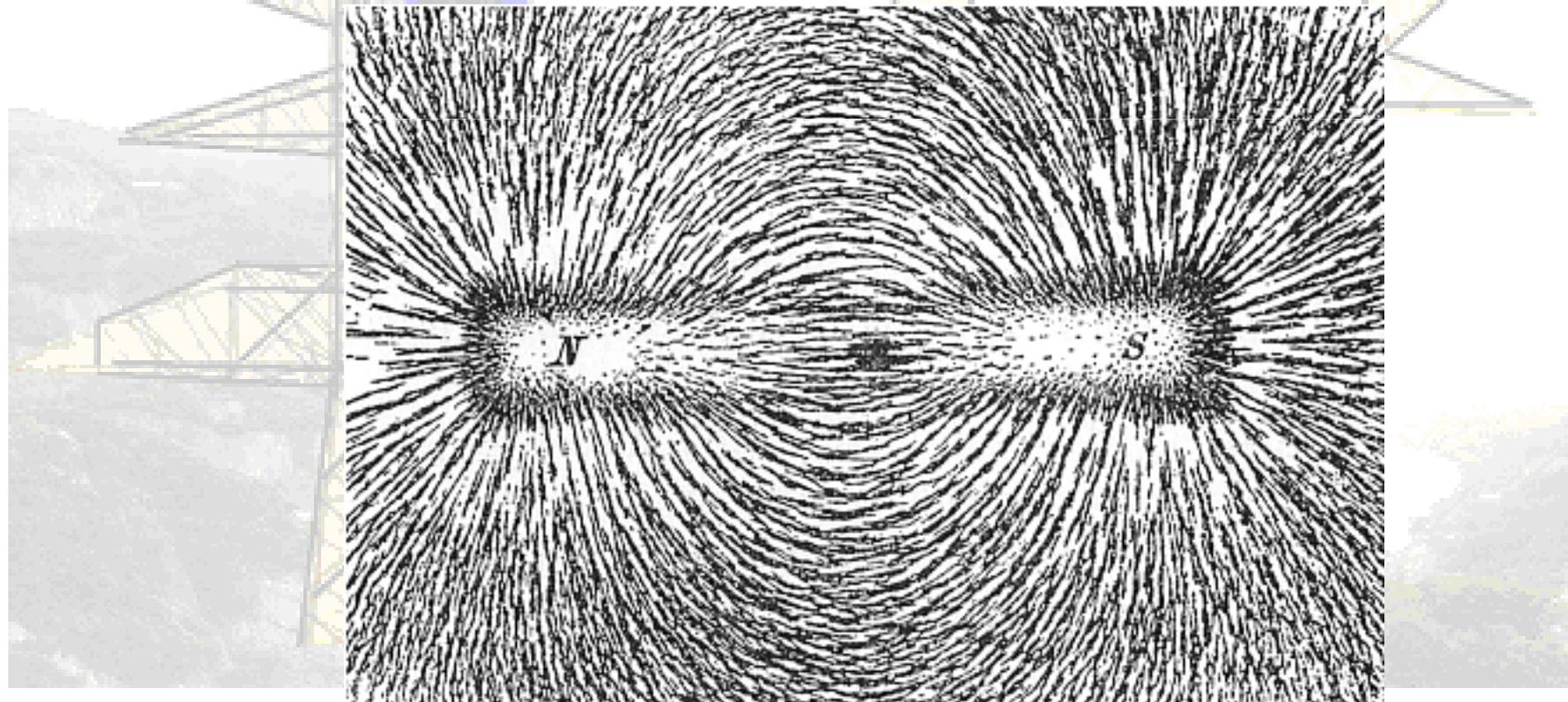
## Interacción de fuerzas entre imanes de barra

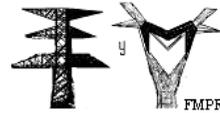




# Introducción al magnetismo

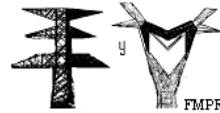
## Líneas de campo magnético





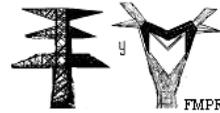
# Introducción al magnetismo

- **En 1600 William Gilbert extendió estos experimentos a una variedad de materiales. Utilizando el hecho de que una aguja magnética (brújula) se orienta en direcciones preferidas, sugiere que la misma Tierra es un gran imán permanente.**



# Introducción al magnetismo

**En 1750, John Michell (1724-1793) usó la balanza de torsión para demostrar que los polos magnéticos ejercen fuerzas de atracción y repulsión entre sí, y que estas fuerzas varían como el inverso del cuadrado de la distancia de separación.**



# Introducción al magnetismo

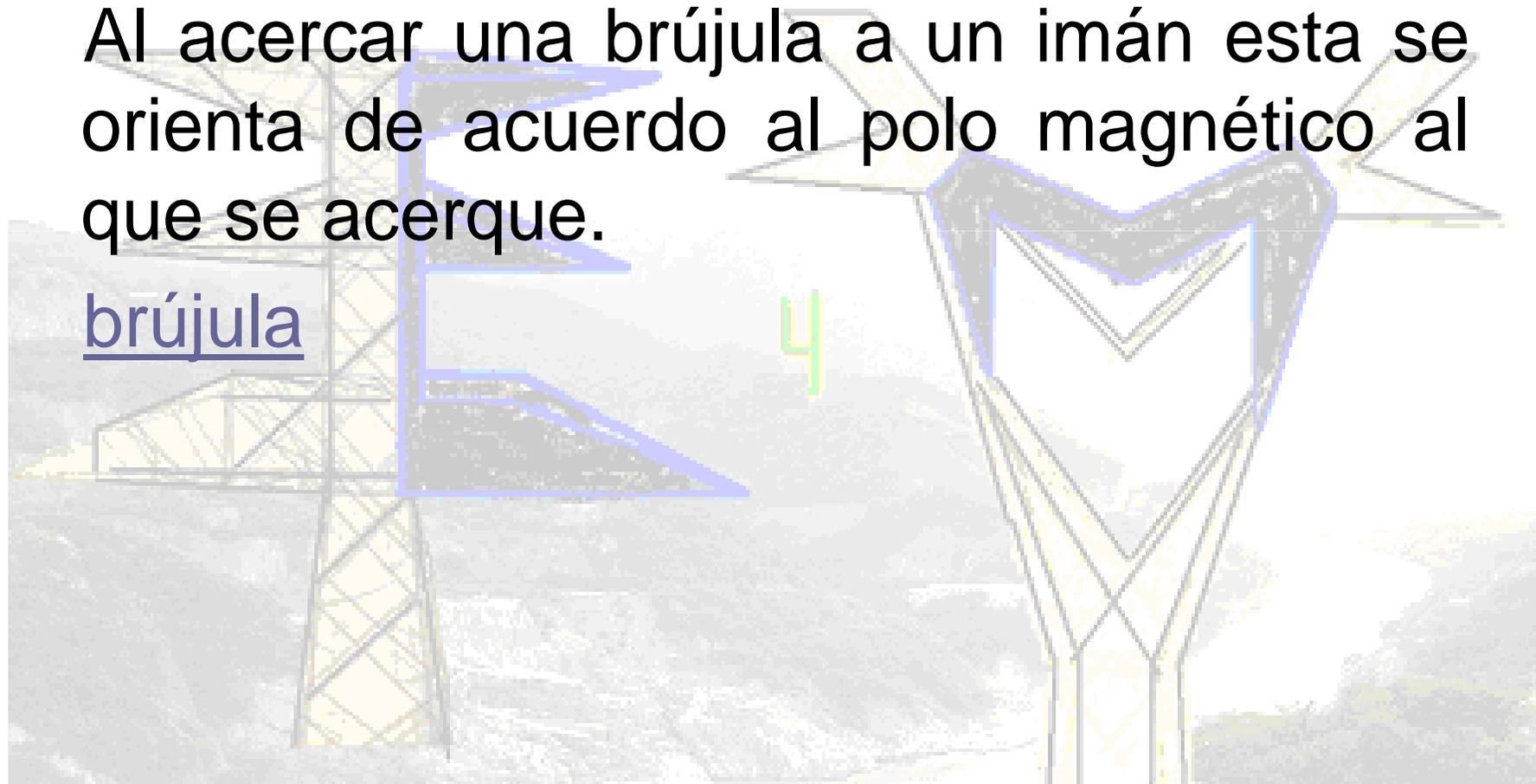
- Aun cuando la fuerza entre dos polos magnéticos es similar a la fuerza entre dos cargas eléctricas, existe una importante diferencia.
- Las cargas eléctricas se pueden aislar (lo que se manifiesta en la existencia del protón y el electrón), mientras que los polos magnéticos no se pueden separar. Esto es, los polos magnéticos siempre están en pares. Todos los intentos por detectar un polo aislado han fracasado. No importa cuántas veces se divida un imán permanente, cada trozo siempre tendrá un polo norte y un polo sur.

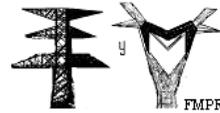


# Imán y brújula

Al acercarse una brújula a un imán esta se orienta de acuerdo al polo magnético al que se acerque.

brújula





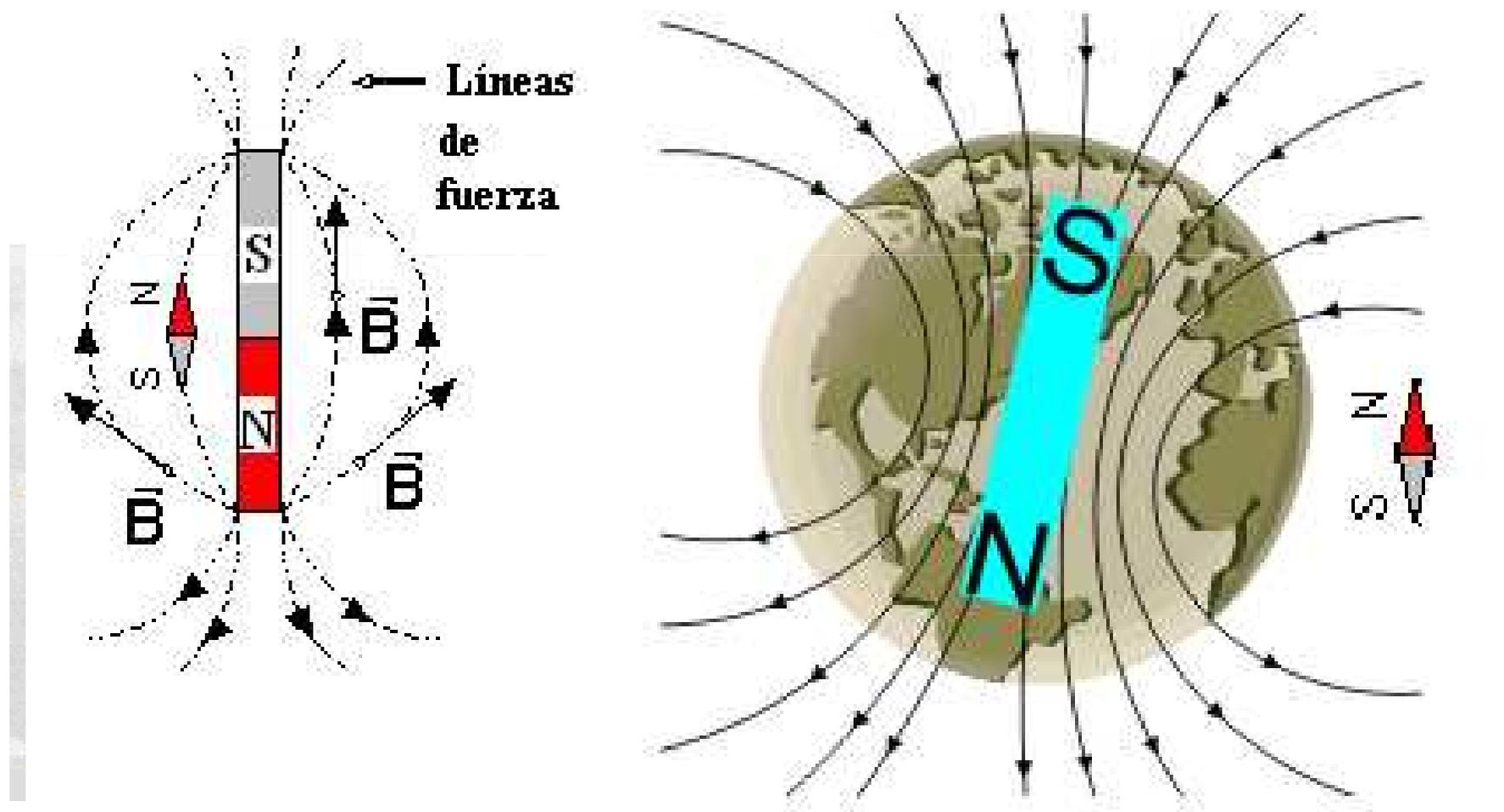
# Introducción al magnetismo

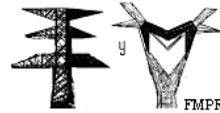
Hace cuatrocientos años William Gilbert, posteriormente médico de la reina Isabel I de Inglaterra, publicó su gran estudio del magnetismo, "De Magnete" ("Sobre el Magneto"). Dando la primera explicación racional de la rara habilidad que tiene la aguja del imán de apuntar hacia el norte.

<http://pwg.gsfc.nasa.gov/earthmag/Mdmagint.htm>



# Introducción al magnetismo

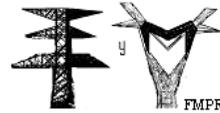




# Introducción al magnetismo

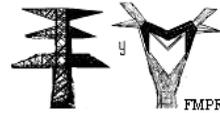
La fuerza del campo magnético terrestre ha disminuido un 10 % en los últimos 160 años, mucho más rápido de lo que podría esperarse por evolución espontánea, debido en gran medida a su debilitamiento en una región del Atlántico Sur conocida como “anomalía sudatlántica”. Este debilitamiento del campo magnético aumenta la vulnerabilidad del planeta a las radiaciones cósmicas y anuncia su posible desaparición dentro de 1 500 años, así como una nueva inversión de los polos tal como ocurrió hace 780 000 años.

[http://www.tendencias21.net/La-fuerza-del-campo-magnetico-terrestre-ha-disminuido-un-10-en-los-ultimos-160-anos\\_a253.html](http://www.tendencias21.net/La-fuerza-del-campo-magnetico-terrestre-ha-disminuido-un-10-en-los-ultimos-160-anos_a253.html)



# Introducción al magnetismo

La relación entre el magnetismo y la electricidad fue descubierta en 1819 cuando, en la demostración de una clase, el científico danés Hans Oersted encontró que la corriente eléctrica que circula por un alambre desvía la aguja de una brújula cercana. Poco tiempo después, André Ampere (1775-1836) obtuvo las leyes cuantitativas de la fuerza magnética entre conductores que llevan corrientes eléctricas.



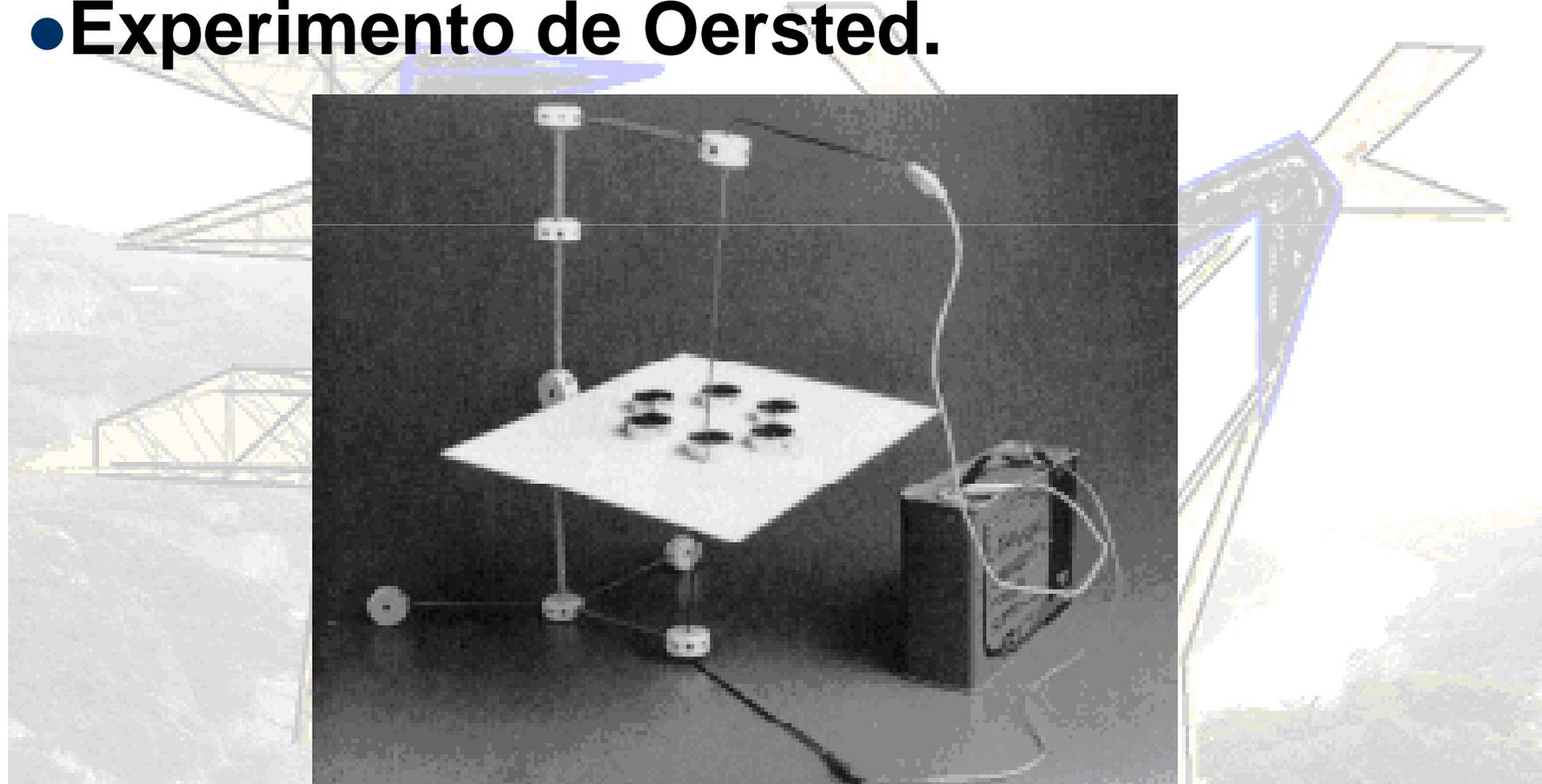
# Introducción al magnetismo

- En 1820 Oersted preparó en su casa una demostración científica a sus amigos y estudiantes. Planeó demostrar el calentamiento de un hilo por un corriente eléctrica y también llevar a cabo demostraciones sobre el magnetismo, para lo cual dispuso de una aguja de compás montada sobre una base de madera.
- Mientras llevaba a cabo su demostración eléctrica, Oersted notó para su sorpresa que cada vez que se conectaba la corriente eléctrica, se movía la aguja del compás.



# Introducción al magnetismo

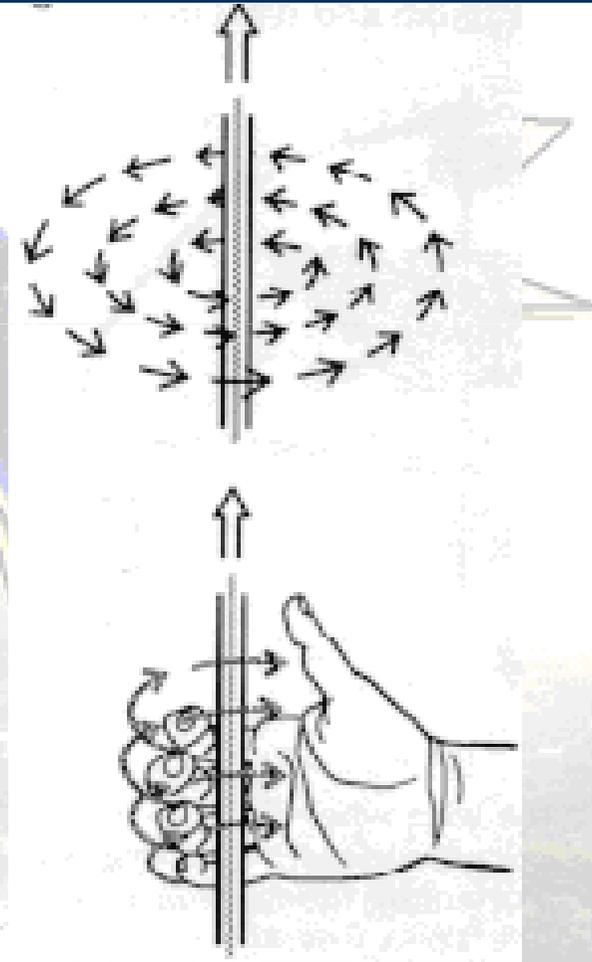
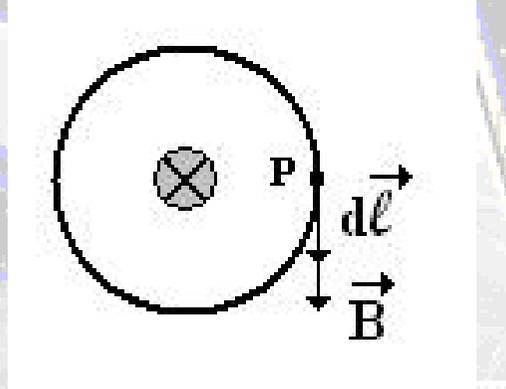
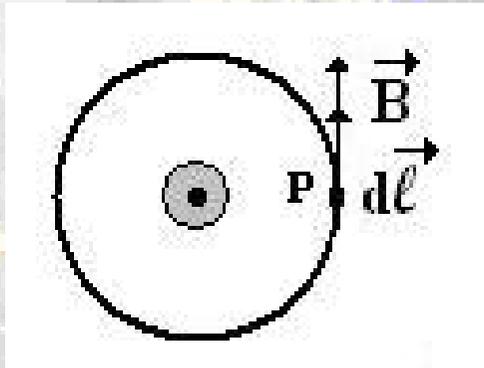
- Experimento de Oersted.





# Introducción al magnetismo

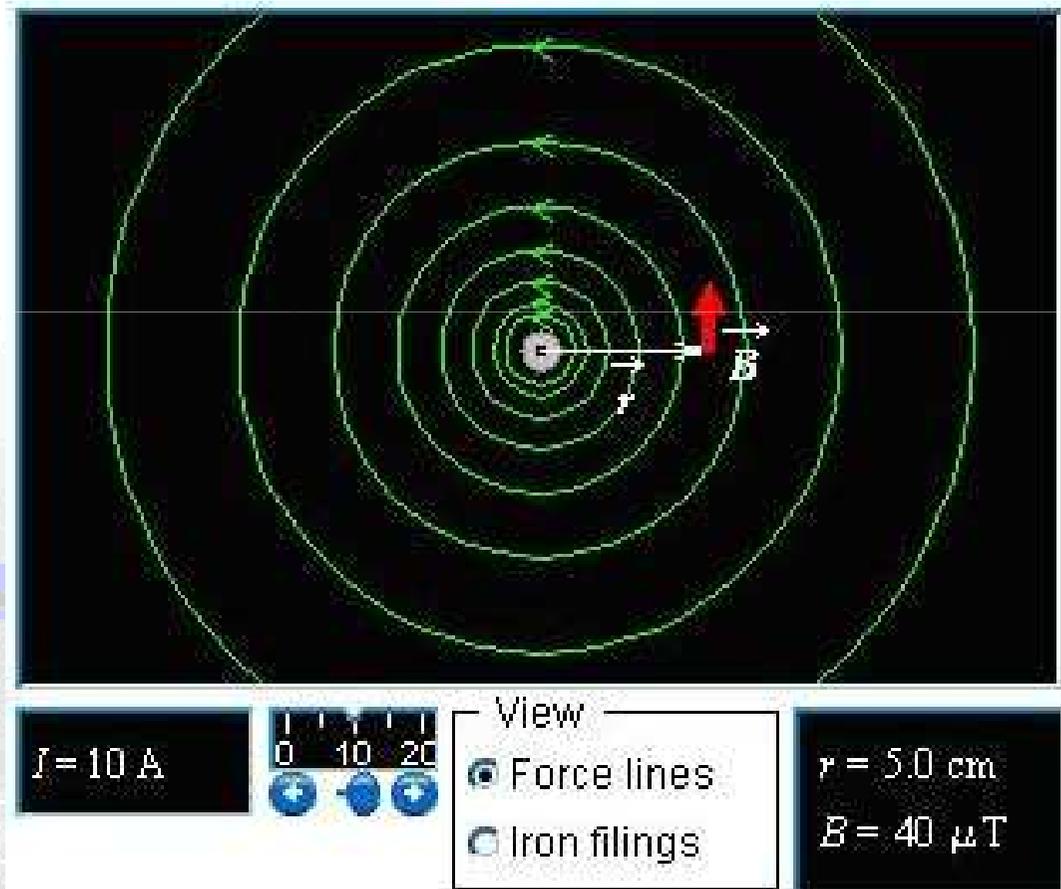
- Regla de la mano derecha.





# Introducción al magnetismo

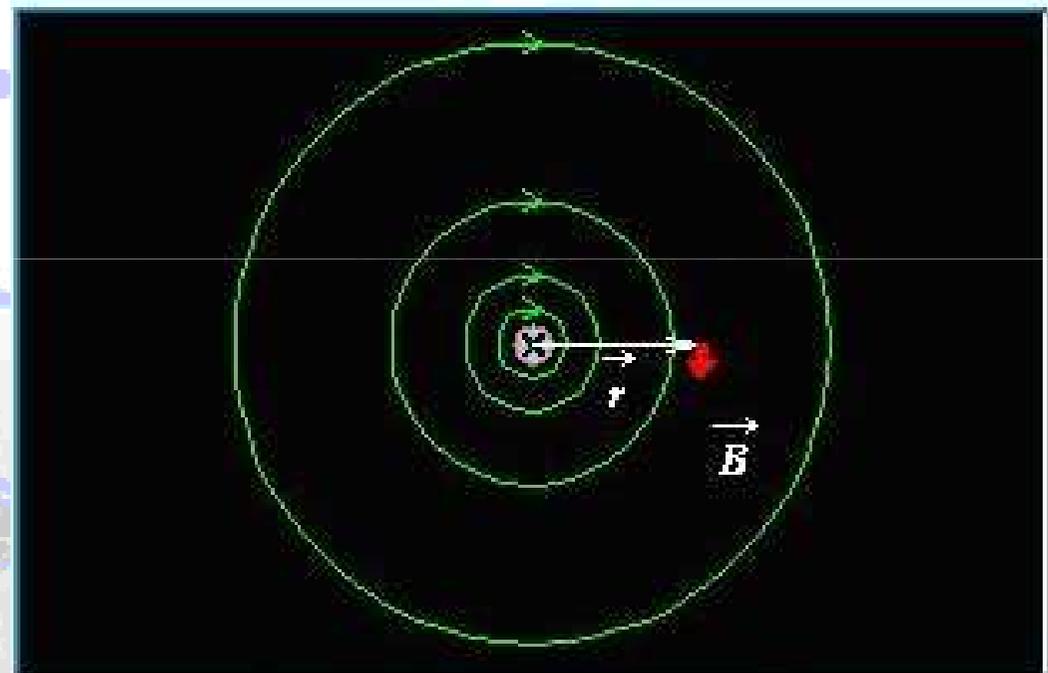
- Regla de la mano derecha Sears.
- Corriente saliendo del plano.





# Introducción al magnetismo

- Regla de la mano derecha Sears.
- Corriente entrando al plano.



$I = -5 \text{ A}$



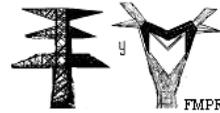
View

- Force lines
- Iron filings

$r = 5.0 \text{ cm}$

$B = 20 \mu\text{T}$

Regla de la mano derecha



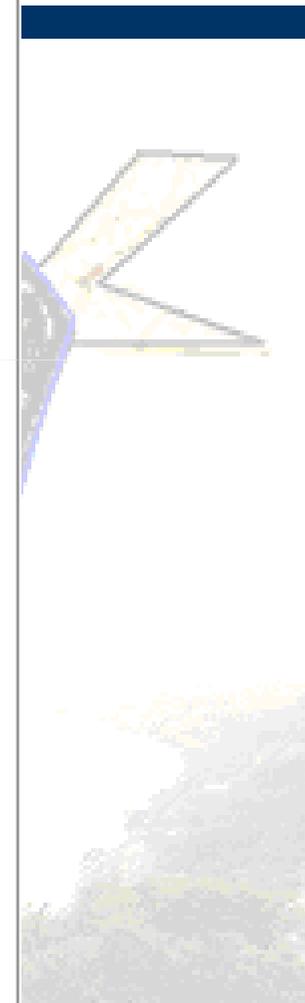
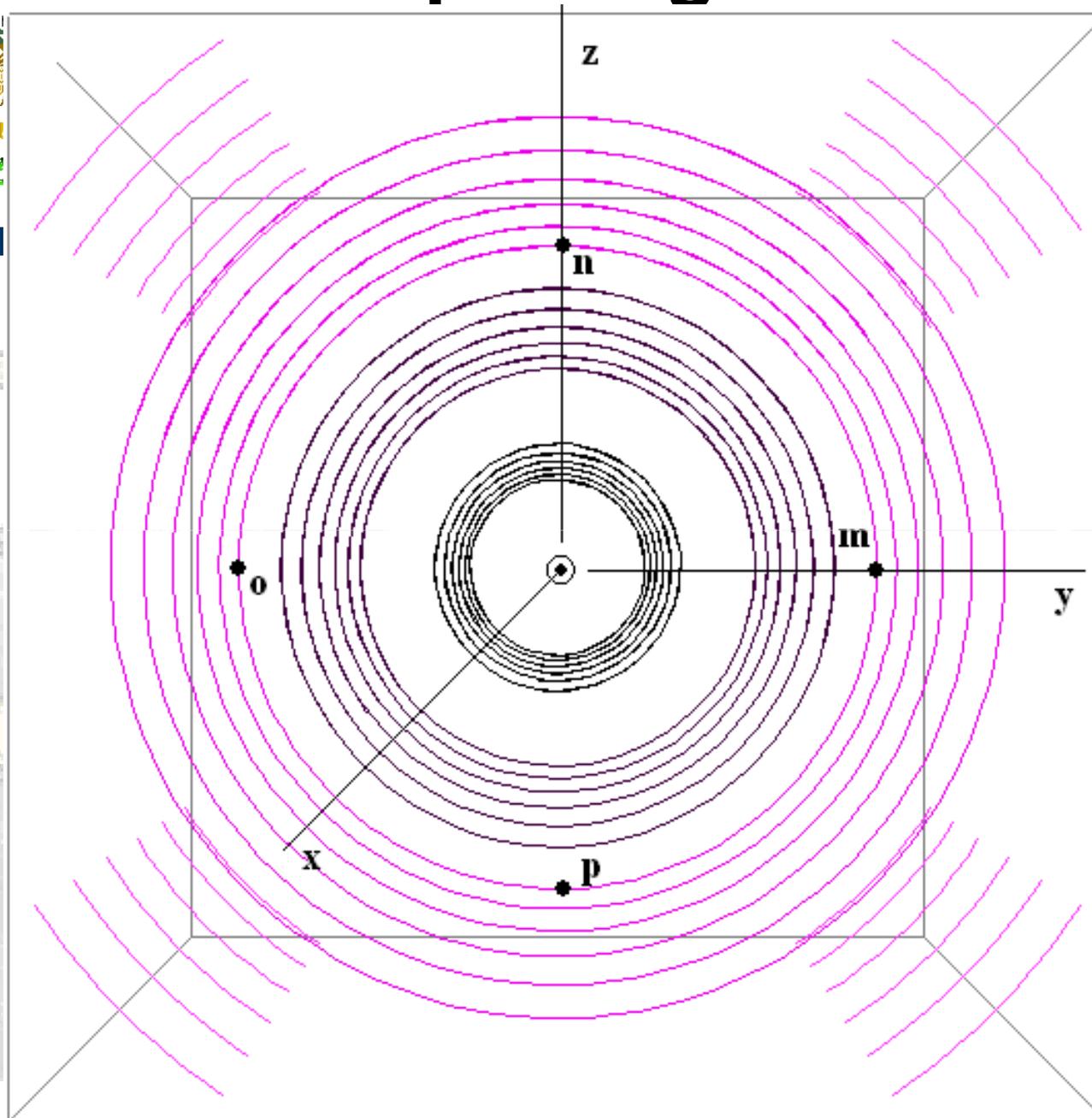
# Introducción al magnetismo

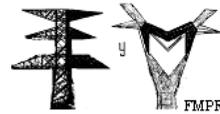
- La regla de la mano derecha nos indica que existe una relación funcional entre el campo magnético producido y la corriente eléctrica que fluye por un conductor.

$$\vec{B} = f(I)$$

A la relación entre el magnetismo producido por corrientes eléctricas se denomina: fenómeno electromagnético

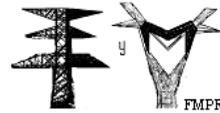
# Campo magnético.





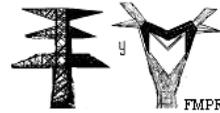
# Campo magnético

**Un campo magnético es una región en el espacio, acotada, en donde en cada punto sin excepción aparece una fuerza de origen magnético sobre un carga en movimiento, es decir, si por un punto dentro de un campo magnético hacemos pasar una carga  $q$  con una cierta velocidad, esta modificará su dirección debido a la presencia de una fuerza de origen magnético.**



# Campo magnético

**Experimentalmente se observa que al variar la dirección de la velocidad o del campo magnético la carga se ve afectada por fuerzas diferentes (en dirección y magnitud). Además la dirección de la fuerza es siempre perpendicular a la dirección de la velocidad, lo que significa que el campo magnético tiene carácter vectorial, ya que si fuese de tipo escalar, la fuerza y la velocidad serían paralelas en cualquier punto.**



# Campo magnético

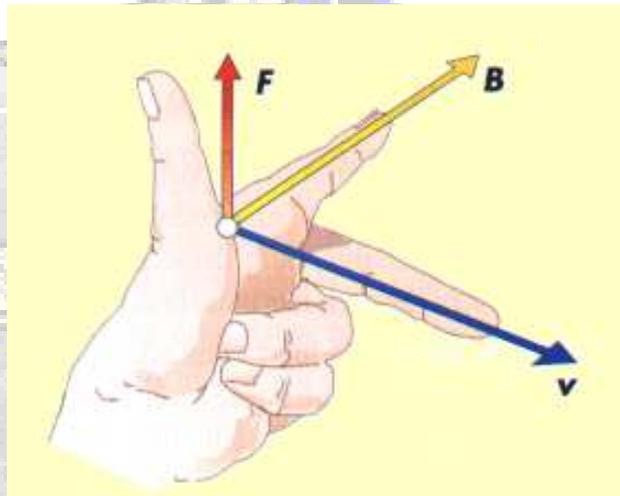
Ahora bien si la fuerza magnética es proporcional al producto de dos magnitudes vectoriales dicho producto debe ser vectorial. Lo anterior se puede resumir diciendo que:

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

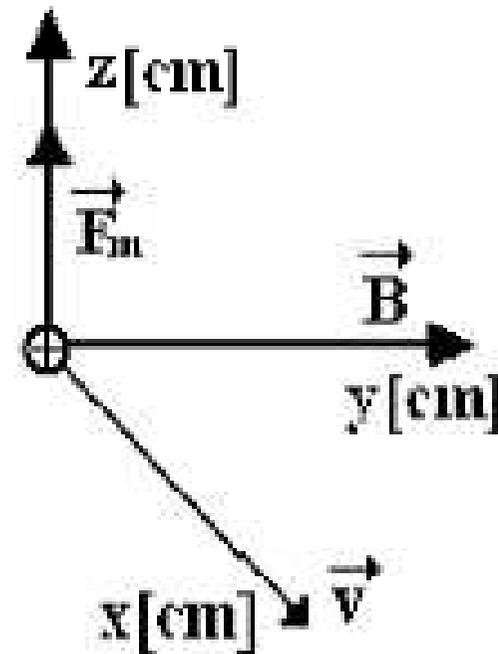


# Campo magnético

A la relación anterior se le denomina regla de la mano izquierda.



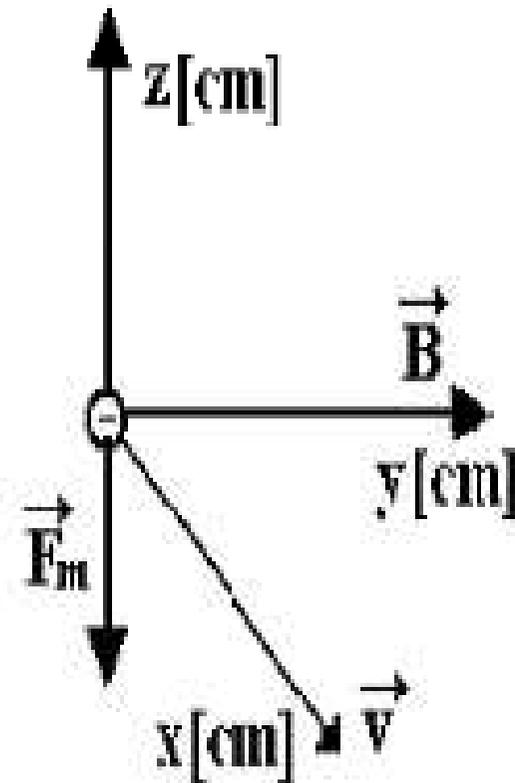
<http://usuarios.lycos.es/pefeco/lorenz/fuerzalorentz.htm>

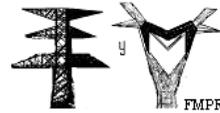




# Campo magnético

La regla anterior es aplicable para cargas positivas. Si la carga es negativa se invertirá el signo de la fuerza magnética.





# Campo magnético

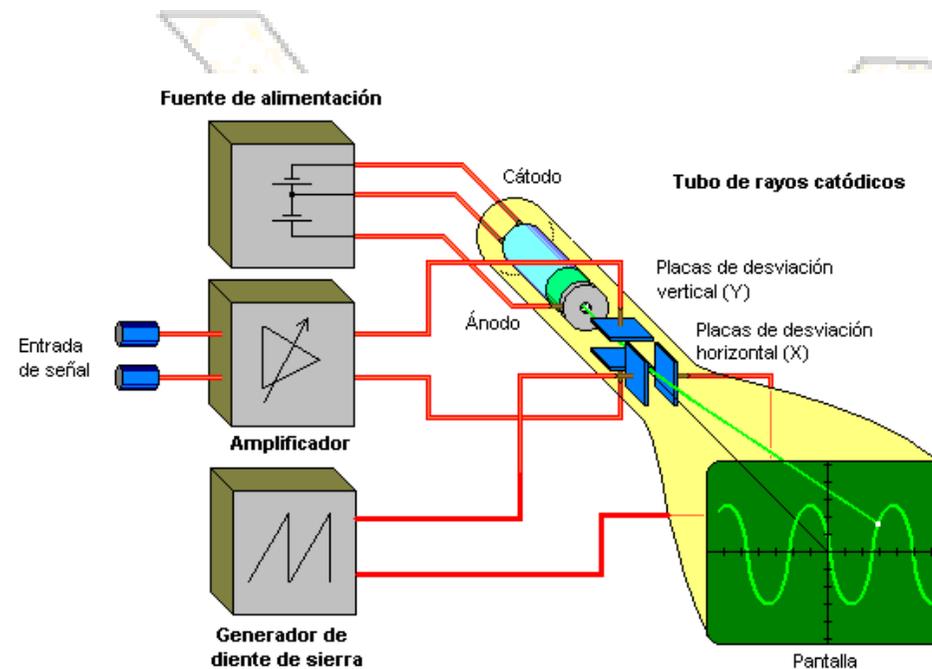
De la ecuación anterior se pueden obtener algunas consideraciones:

- a) La fuerza magnética es siempre perpendicular a la velocidad y al campo magnético
- b) La fuerza al depender de  $q$ , variará su dirección según la carga de que se trate, por lo tanto no debe olvidarse el signo de la carga.



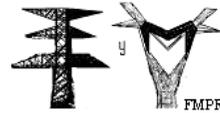
# Campo magnético

Un experimento donde se puede observar lo anteriormente planteado se realiza con un osciloscopio y un imán.



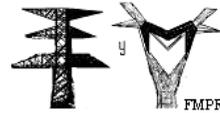
No se dispone de resolución más alta.

[Osciloscopio.png](#) (570 × 351 píxeles; tamaño de archivo: 9 KB; tipo MIME: image/png)



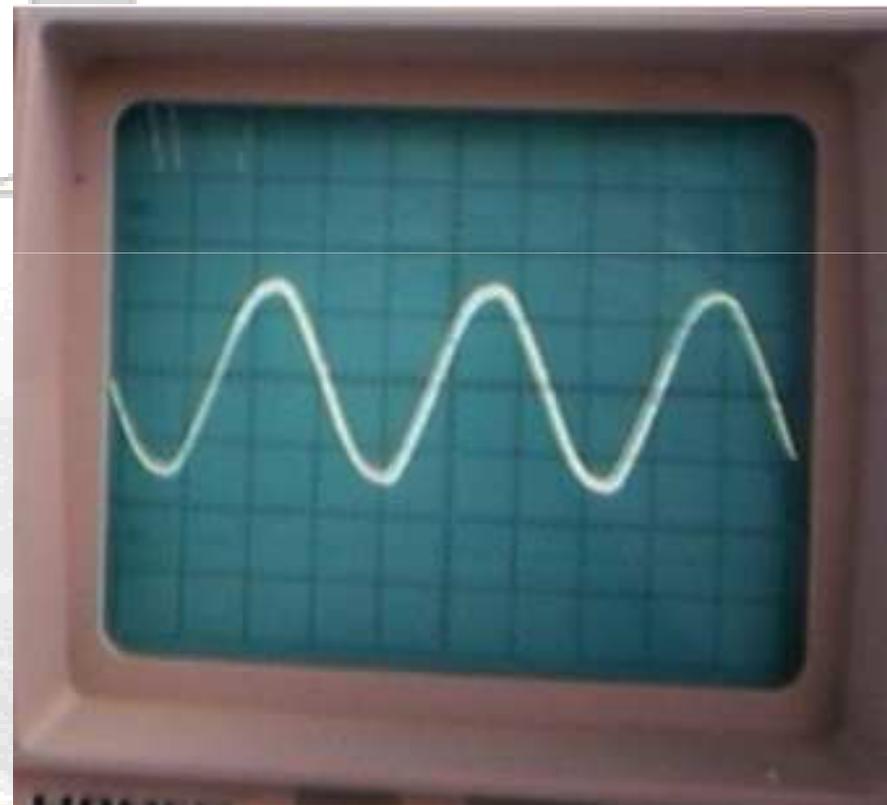
# Campo magnético

**En la figura anterior se muestra la estructura básica de un osciloscopio, donde se observa que parte importante es el tubo de rayos catódicos o cinescopio donde se muestra la forma de la señal eléctrica. Para esta figura se observa que se aplica una señal senoidal.**



# Campo magnético

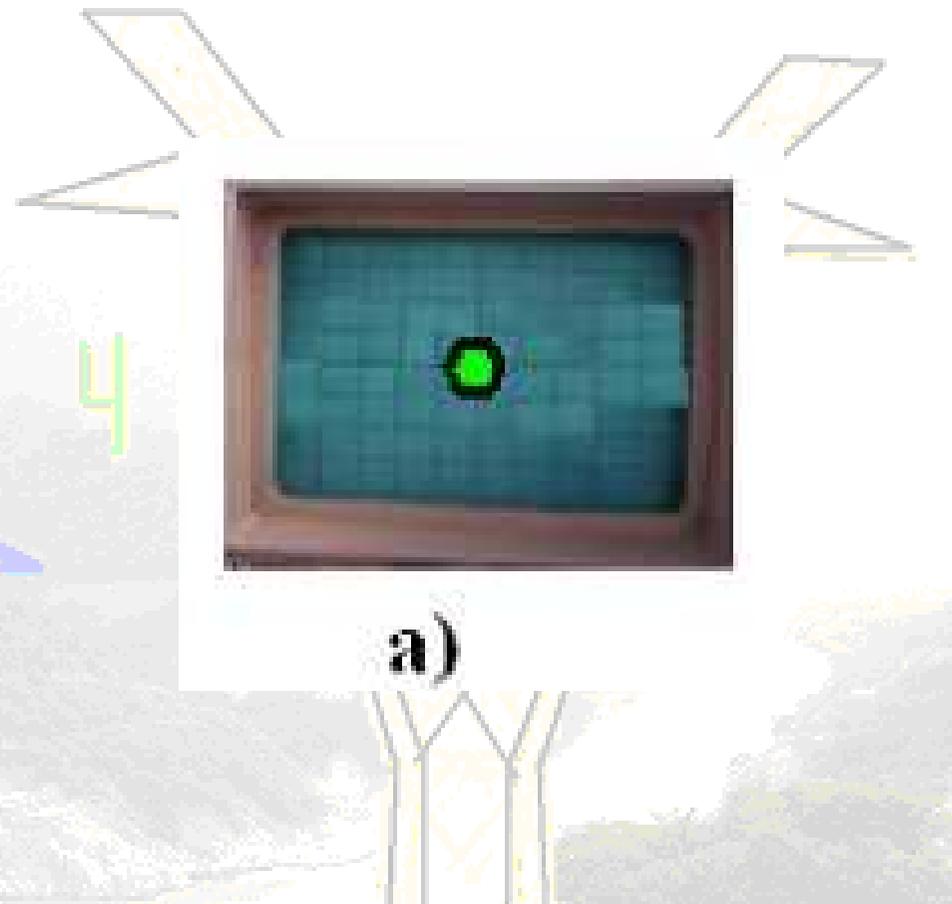
En la siguiente figura se tiene un osciloscopio del laboratorio de Electricidad y Magnetismo mostrando una señal senoidal.





# Campo magnético

En la figura del inciso a) se observa que el haz se detiene para hacerlo coincidir con el origen del sistema de referencia del osciloscopio.





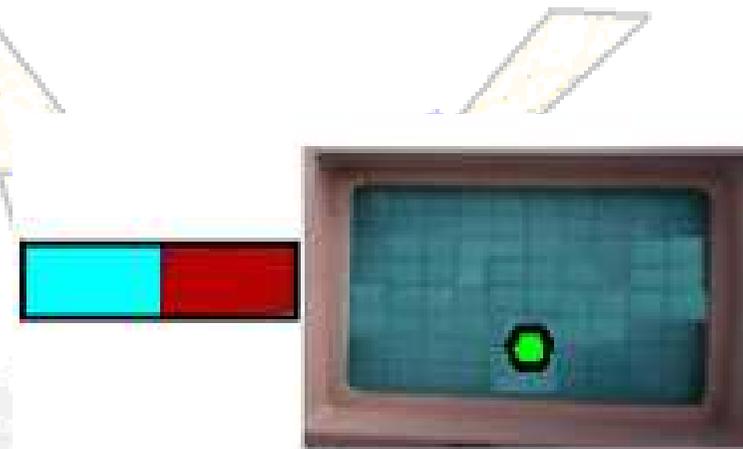
# Campo magnético

En la figura b) se observa que se acerca un imán de barra por su polo norte (color rojo). Como el haz está constituido por cargas negativas, se observa un desplazamiento hacia abajo, coincidente con la regla de la mano izquierda.



# Campo magnético

la carga viajando de atrás hacia delante, coincidente con el eje de las "x" (dedo medio de la mano izquierda), el campo magnético saliendo del polo norte del imán (dedo índice de la mano izquierda), la fuerza de origen magnético actuando sobre la carga perpendicularmente al plano formado por la velocidad y el campo (dedo pulgar de la mano izquierda)

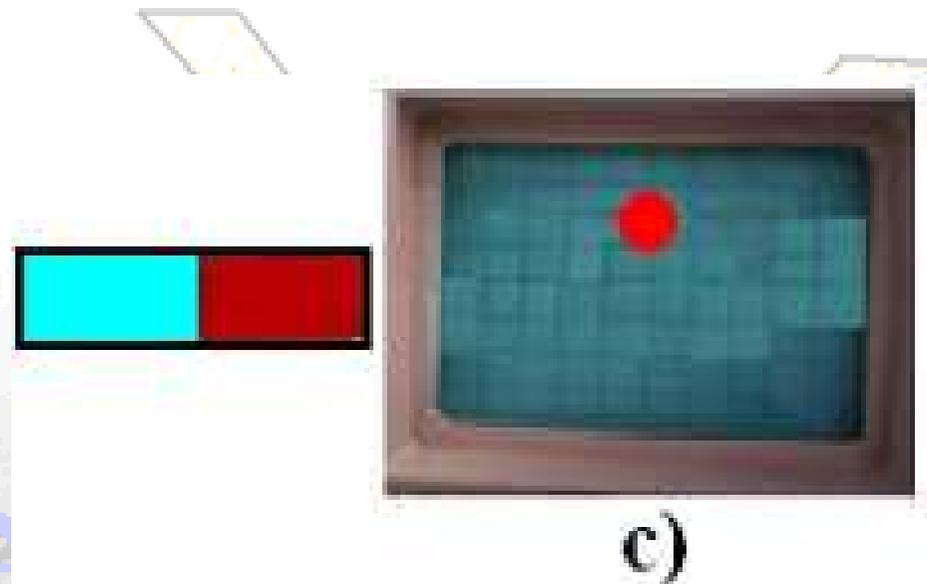


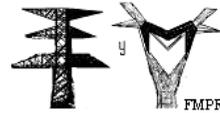
b)



# Campo magnético

Si la carga fuera positiva se observaría que el haz de portadores de carga se desviaría hacia arriba, coincidente, también, con la regla de la mano izquierda.





# Campo magnético

La magnitud de la fuerza magnética se puede definir como:

$$F_m = qvB \sin \alpha$$

**Donde:**

**Alfa es al ángulo entre el vector velocidad y el vector campo magnético.**



# Campo magnético

De la ecuación anterior se puede despejar al campo magnético para conocer en que unidades se mide

$$B = \frac{F_m}{q v \sin \alpha} \left[ \frac{\text{N}}{\text{C} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}} \times \frac{\text{m}}{\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}{\text{C} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{C} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 1 \cdot \text{Tesla} = \text{T} \right]$$

al producto  $V \cdot s$  normalmente se le conoce como Weber [Wb], por lo que

$$B = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = \text{T}$$



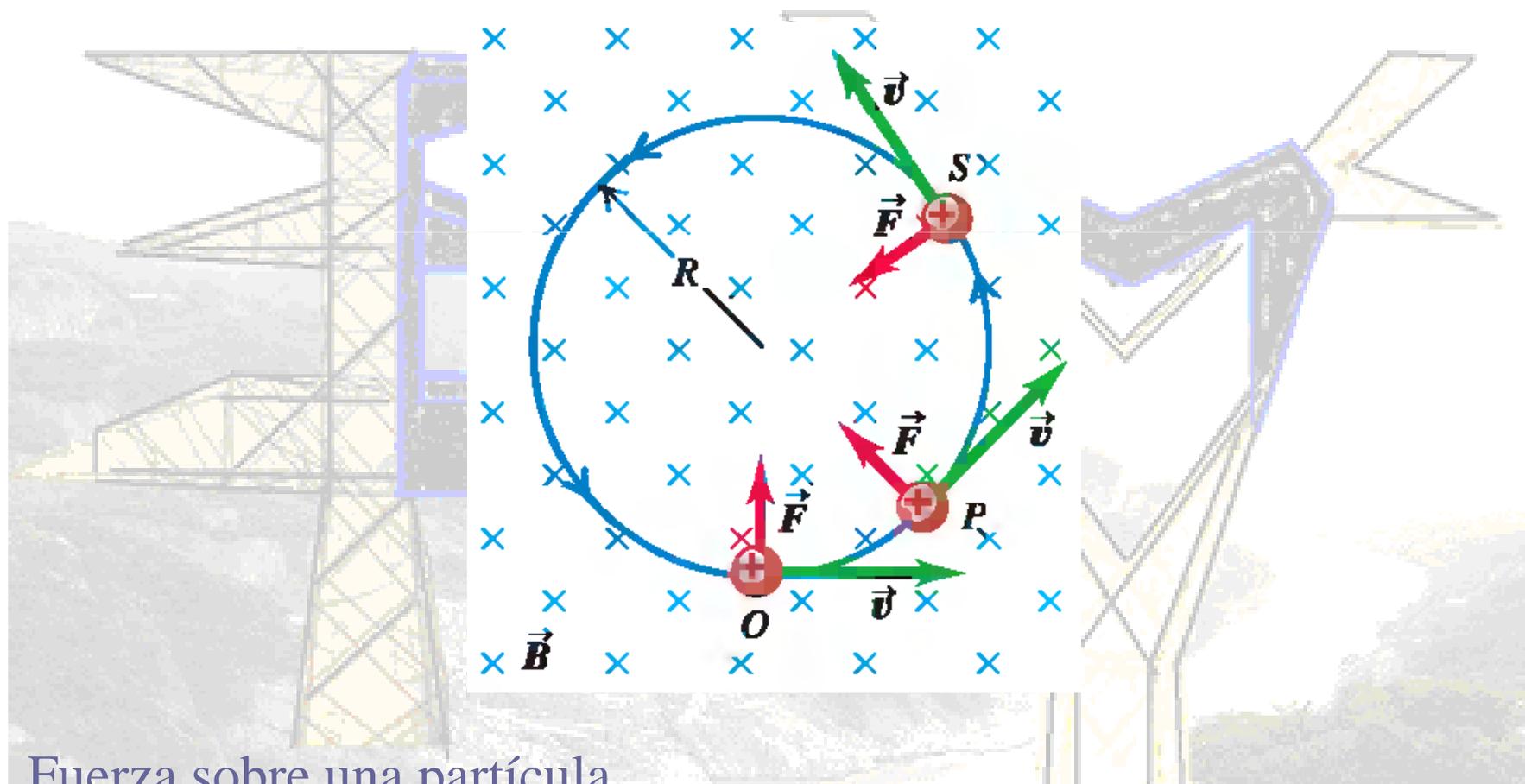
# Fuerza magnética



- Cuando una partícula con carga se mueve dentro de un campo magnético constante, actúa sobre ella una fuerza magnética que le producirá una rapidez constante ya que siempre formará un ángulo recto con la velocidad de la partícula, de tal manera que la partícula describirá una trayectoria circular. Como se muestra en la siguiente figura.



# Fuerza magnética

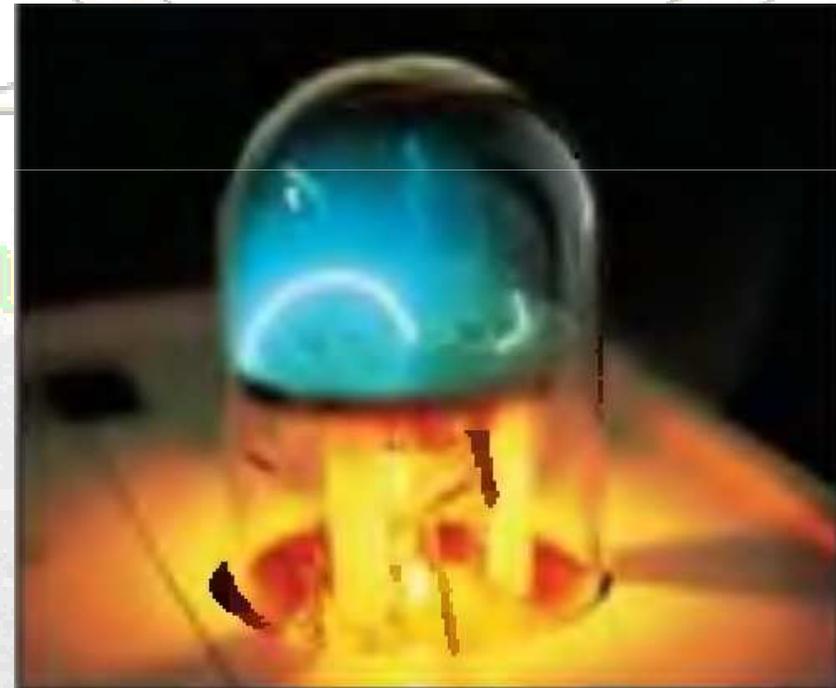


Fuerza sobre una partícula



# Fuerza magnética

- En el Laboratorio se puede realizar un experimento en donde se observa como el haz de electrones forman una trayectoria circular.





# Fuerza magnética

- La aceleración centrípeta es  $\frac{v^2}{R}$

Y la única fuerza que actúa es la fuerza magnética; por lo tanto, de acuerdo con la segunda ley de Newton

$$F = |q|vB = m \frac{v^2}{R}$$

Donde  $m$  es la masa de la partícula y  $R$  es el radio de la trayectoria circular .

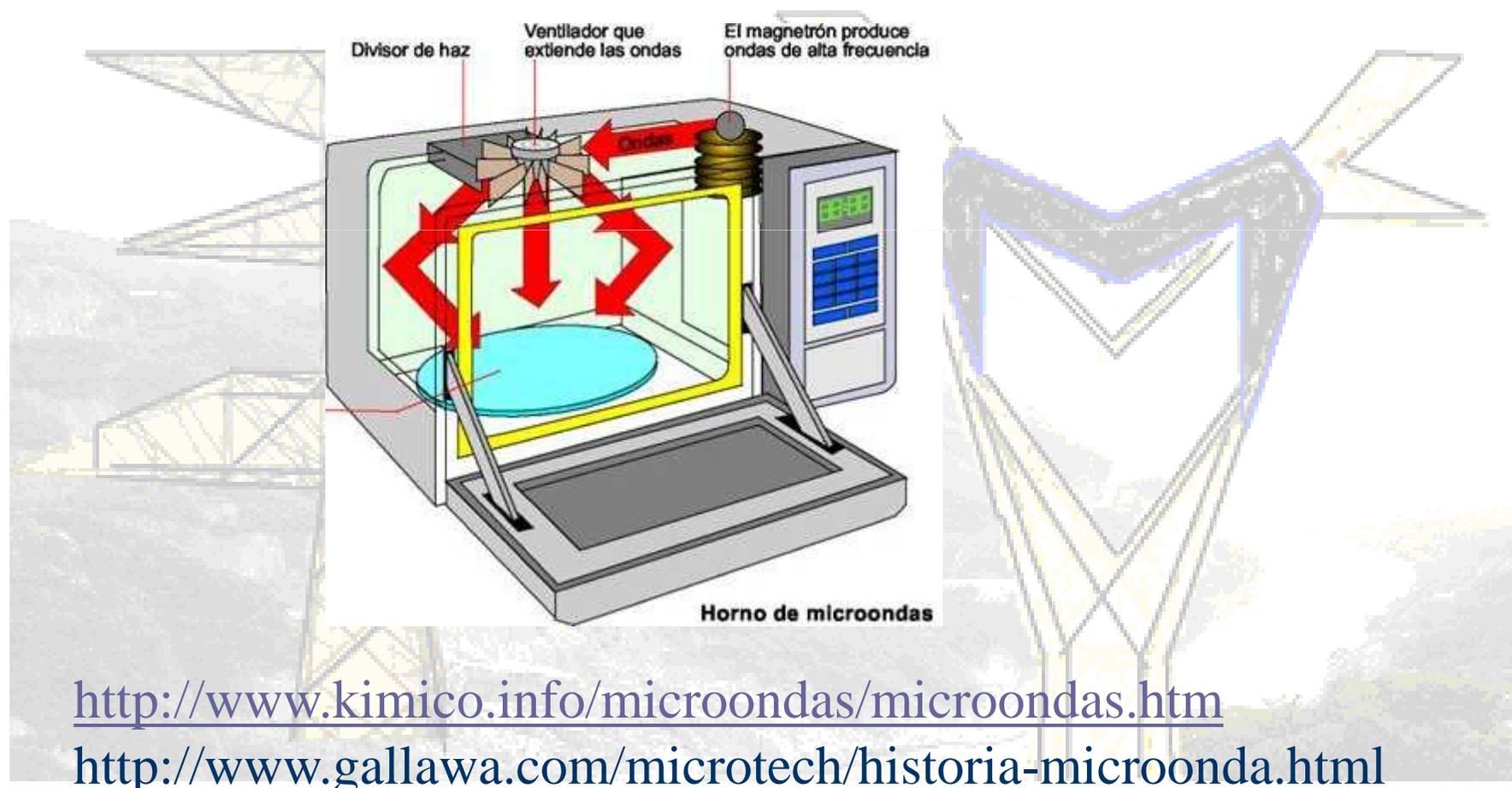


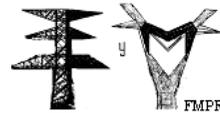
# Horno de microondas

- En un horno de microondas el magnetrón emite ondas electromagnéticas de una frecuencia de 2450 [Hz] que genera un campo magnético  $B=0.0877$  [T] que produce que las moléculas de agua se agiten rápidamente provocando un incremento de temperatura suficiente para calentar y cocinar alimentos.



# Horno de microondas





# Fuerza electromagnética

Si consideramos una carga móvil  $q$  en una región en la que existan un campo eléctrico y un campo magnético simultáneamente, la carga experimentará dos fuerzas, una debido al campo eléctrico y otra debido al campo magnético.



# Fuerza electromagnética

Por esta razón es factible determinar la fuerza electromagnética, la cual será la resultante de las mencionadas anteriormente; combinando las ecuaciones de fuerza de origen eléctrico y fuerza de origen magnético se obtiene:

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



# Fuerza electromagnética

O sea:

$$\vec{F}_{em} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

La ecuación anterior se conoce como fuerza de Lorentz.



# Fuerza electromagnética

- La expresión entre paréntesis nos indica que las magnitudes  $\vec{E}$  y  $\vec{v} \times \vec{B}$  deben tener la mismas dimensiones ya que se suman, por lo tanto  $\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$
- Esta última expresión nos indica que cuando una carga se mueve con una velocidad dentro de un campo magnético, esta carga experimenta un efecto equivalente al producido por un campo eléctrico.



# Aurora boreal o austral

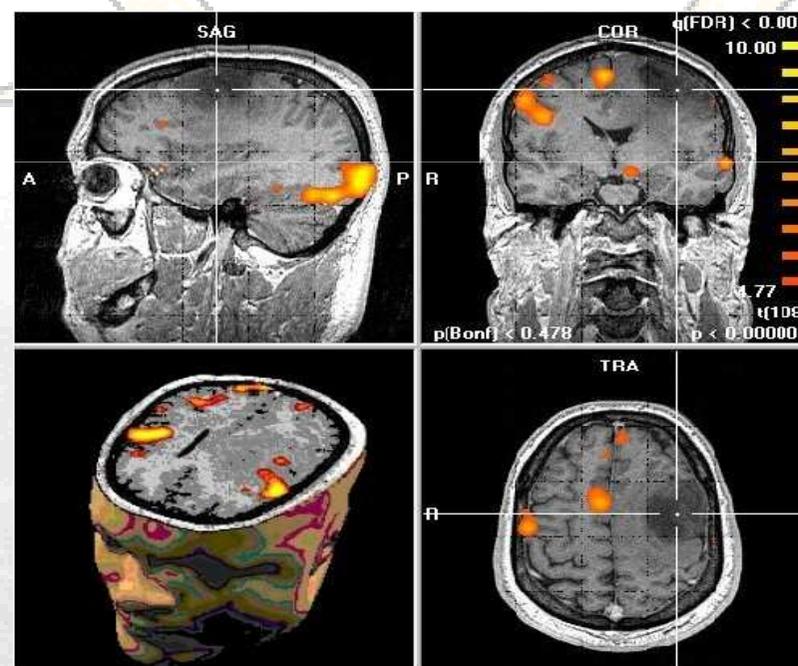




# IRM



- Formación de imágenes por resonancia magnética (IRM)



<http://ingbiomedica.wordpress.com/2008/05/03/las-imagenes-por-resonancia-magnetica-su-sigla-en-ingles-es-mri/>



# Bibliografía.

Gabriel A. Jaramillo Morales, Alfonso A.  
Alvarado Castellanos.  
Electricidad y magnetismo.  
Ed. Trillas. México 2003

Sears, Zemansky, Young, Freedman  
Física Universitaria  
Ed. PEARSON. México 2005