

CAMPO MAGNÉTICO II (fuentes)

ÍNDICE

1. Introducción.
2. Ley de Biot y Savart.
3. Fuerza entre corrientes.
4. Flujo del campo magnético.
5. Ley de Ampère.

BIBLIOGRAFÍA:

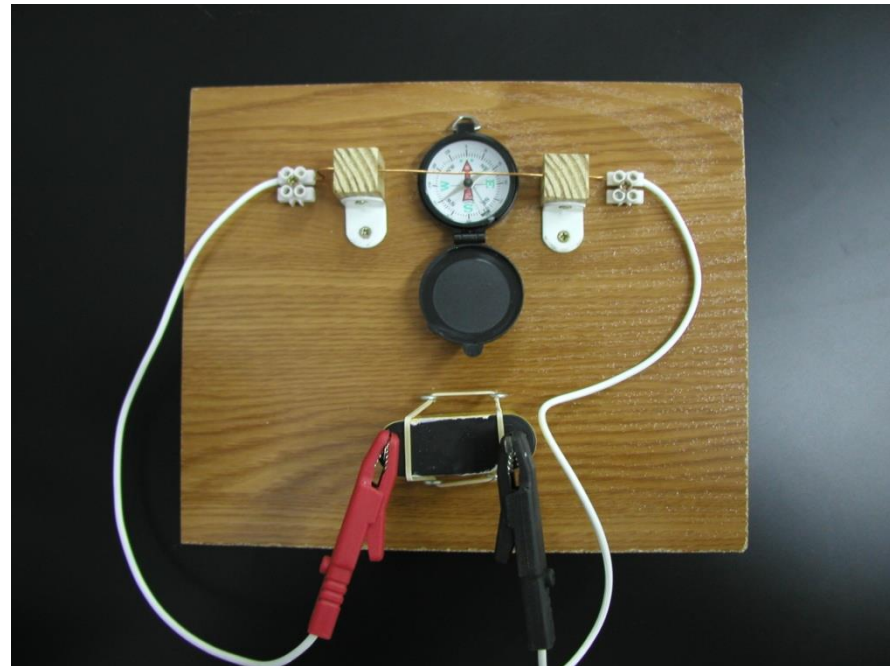
Cap. 27 del Tipler–Mosca, vol. 2, 5ª ed.
Cap. 30 del Serway–Jewett, vol. 2, 7ª ed.

1. INTRODUCCIÓN

Experimento de Oersted: (1819) Observó una relación entre electricidad y magnetismo consistente en que cuando colocaba la aguja de una brújula cerca de un alambre por el que circulaba una corriente, ésta experimentaba una desviación.



Hans Christian Ørsted
(1777-1851)

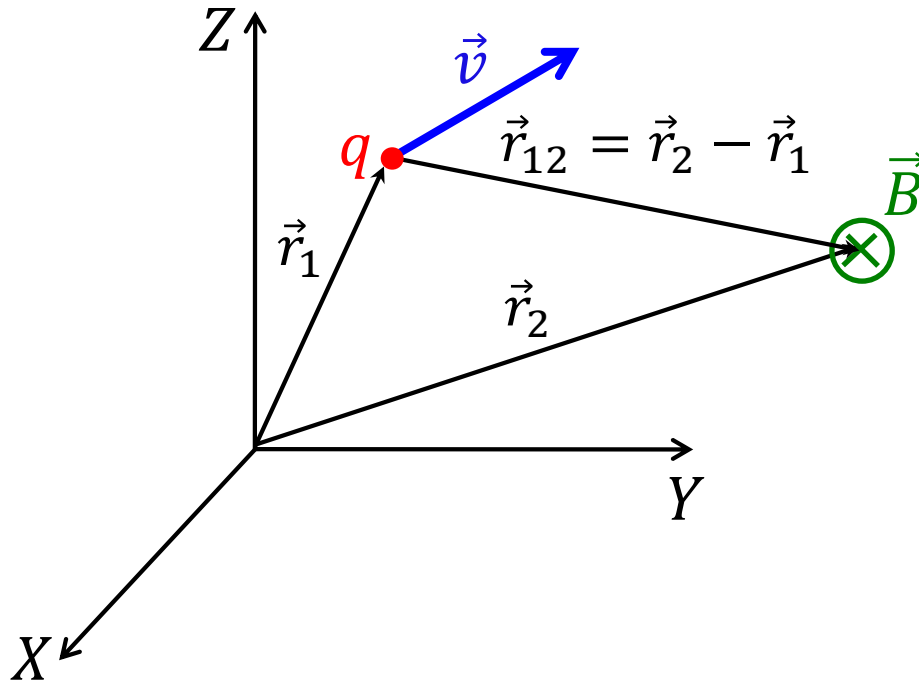


2. LEY DE BIOT Y SAVART

El campo magnético creado en $\vec{r}_2$ por una carga q situada en $\vec{r}_1$ moviéndose a una velocidad $\vec{v}$ es:

$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{u}_{12}}{r_{12}^2}$$

$$\vec{u}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}$$



Donde μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \quad \text{ó} \quad \frac{N}{A^2}$$

Una carga produce campo magnético sólo si se encuentra en movimiento

$$[\mu_0] = \frac{[B][d^2]}{[q][v]} = MLC^{-2}$$

2. LEY DE BIOT Y SAVART

La corriente eléctrica que circula por un cable es el resultado del movimiento de multitud de cargas eléctricas. Cada carga eléctrica moviéndose produce un campo magnético.

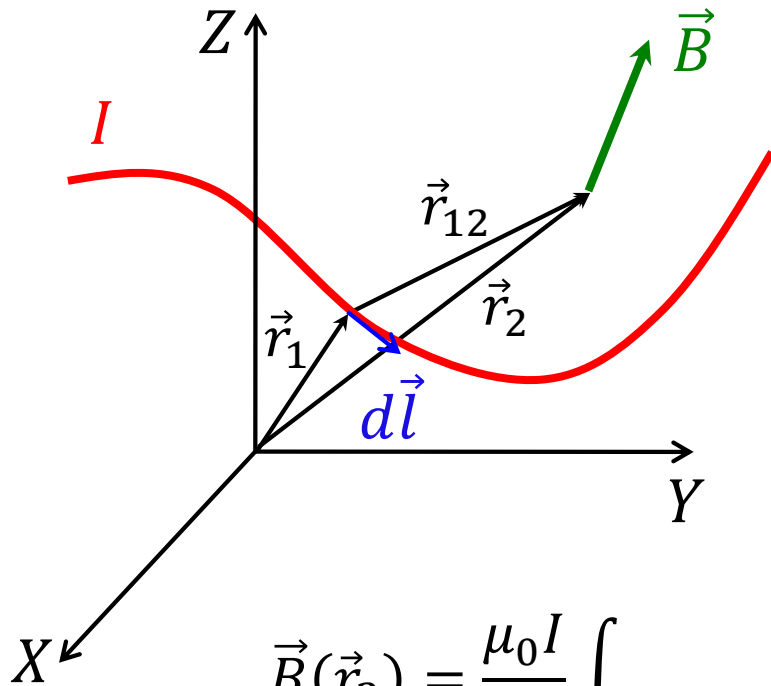
Un trozo de cable $d\vec{l}$ se comporta como una corriente rectilínea que genera un campo $d\vec{B}$:

El diferencial de campo magnético creado por un elemento de corriente $I d\vec{l}$ se obtiene de la ecuación de la transparencia anterior, sustituyendo $q\vec{v}$ por $I d\vec{l}$:

$$d\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{u}_{12}}{r_{12}^2}$$

El campo magnético generado por la corriente es la suma de todos los campos producidos por cada trozo de cable $d\vec{l}$:

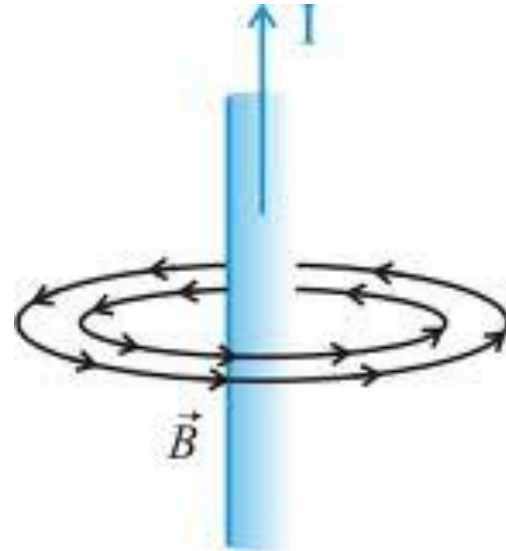
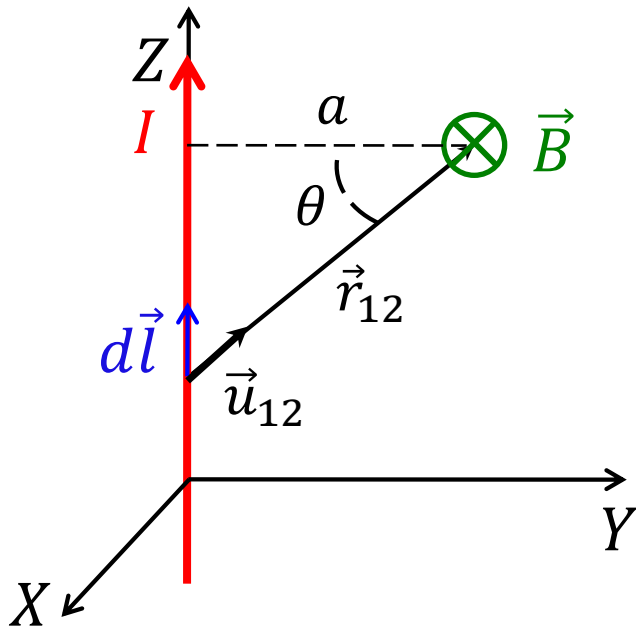
$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{\text{conductor}} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_{12}}{r_{12}^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{\text{conductor}} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}_{12}}{r_{12}^3}$$



2. LEY DE BIOT Y SAVART

Ejercicio

Calcular el campo magnético creado por una corriente rectilínea I muy larga, a una distancia a de la corriente.



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{y} \times \vec{u}_{12}}{r_{12}^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idy \cos \theta}{r_{12}^2} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Ia \sec^2 \theta \cos \theta d\theta}{a^2 \sec^2 \theta} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cos \theta d\theta$$

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \cos \theta d\theta = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} \sin \theta \Big|_{+\pi/2}^{-\pi/2} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} (-1 - 1) = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

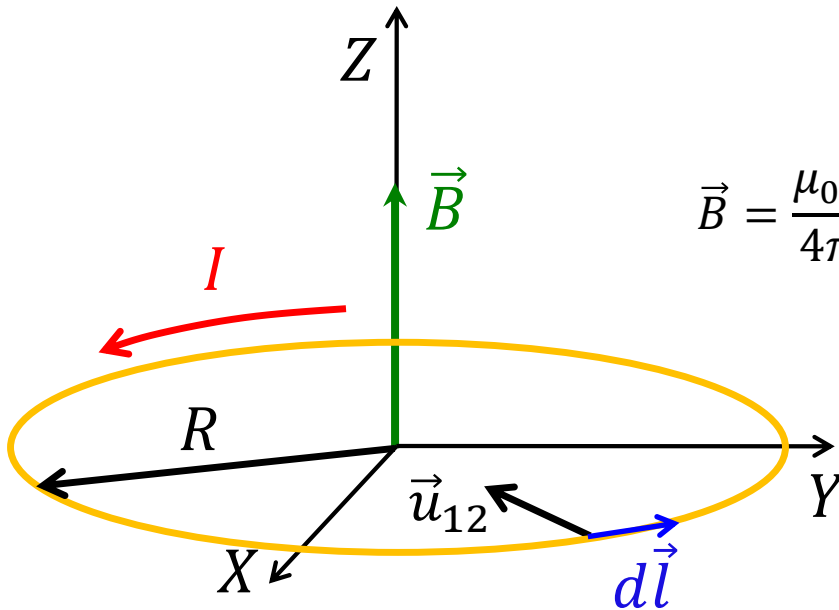
2. LEY DE BIOT Y SAVART

Ejercicio

Calcular el campo magnético creado en el centro de una espira de radio R por la que circula una corriente I .

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{u}_{12}}{r_{12}^2}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{\text{conductor}} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_{12}}{r_{12}^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{1}{R^2} \oint dl = \frac{\mu_0 I}{2R}$$



3. FUERZA ENTRE CORRIENTES

Si tenemos dos corrientes paralelas l_1 y l_2 , la corriente l_1 crea un campo $\vec{B}_1$ sobre el cable con la corriente l_2 . La fuerza que experimenta la corriente l_2 debido al campo magnético $\vec{B}_1$ es:

$$d\vec{F}_2 = I_2(d\vec{l}_2 \times \vec{B}_1)$$

$$\vec{F}_2 = \int I_2(d\vec{l}_2 \times \vec{B}_1)$$

Como la corriente y el campo son constantes y el cable es rectilíneo:

$$\vec{F}_2 = I_2(\vec{l}_2 \times \vec{B}_1)$$

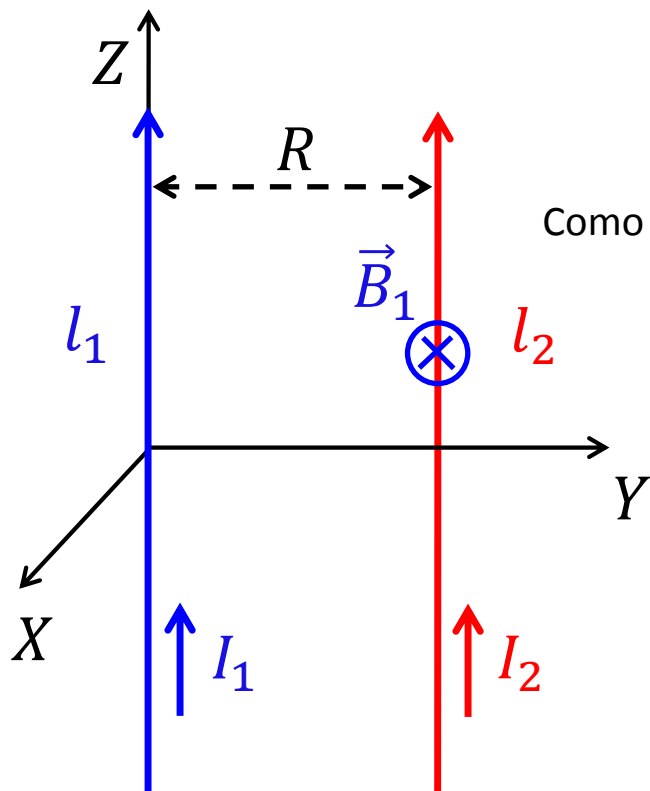
El campo magnético creado por cada hilo en el otro es:

$$\vec{B}_1 = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi R} \vec{i} \quad \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R} \vec{i}$$

$$\vec{F}_1 = I_1(\vec{l}_1 \times \vec{B}_2) = I_1 l_1 \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R} \vec{j}$$

$$\vec{F}_2 = I_2(\vec{l}_2 \times \vec{B}_1) = -I_2 l_2 \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R} \vec{j}$$

Por tanto, las fuerzas que ambas corrientes se ejercen mutuamente por unidad de longitud son iguales en módulo y de sentido contrario (principio de acción y reacción).



3. FUERZA ENTRE CORRIENTES

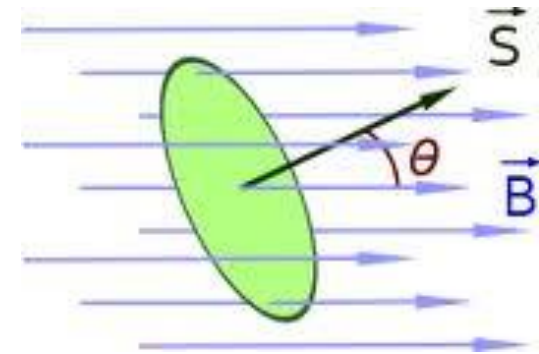
Conclusión: Dos hilos conductores paralelos por los que circulan corrientes experimentan fuerzas atractivas si las corrientes tienen el mismo sentido. En caso contrario las fuerzas serán repulsivas.

Definición de amperio: Un amperio es aquella corriente que si se mantiene en dos conductores rectos y paralelos de longitud infinita y sección transversal circular despreciable, situados en el vacío con una separación de un metro, produce entre estos conductores una fuerza igual a $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ por metro de longitud.

4. FLUJO DEL CAMPO MAGNÉTICO

Se define el flujo del campo $\vec{B}$ a través de una superficie $\vec{S}$ como:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_S |\vec{B}| \cos \theta \cdot dS$$

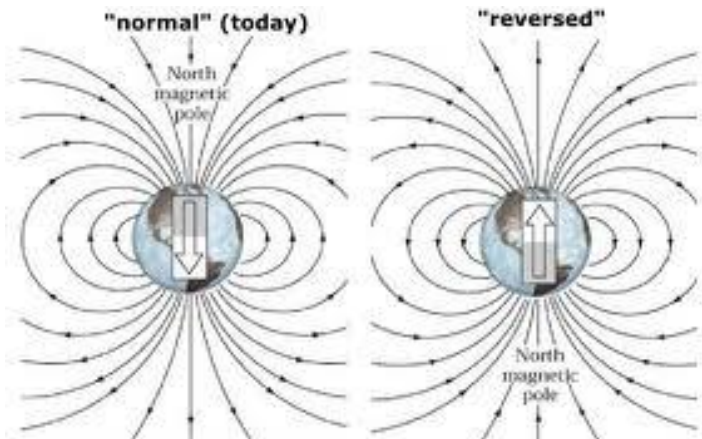


$$[\Phi] = [B][S] = ML^2T^{-1}Q^{-1}$$

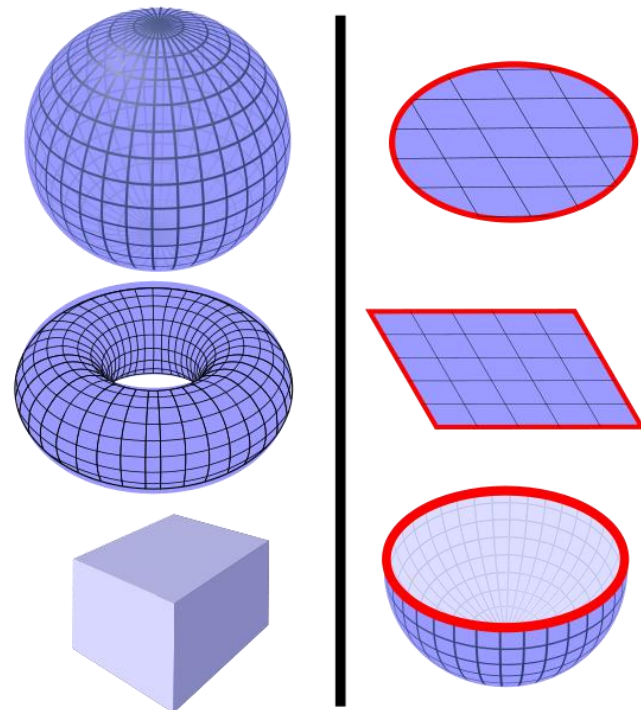
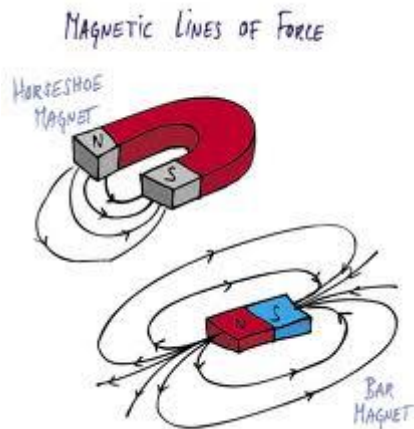
En el SI la unidad de flujo magnético es el Weber: $Wb = Tm^2$

4. FLUJO DEL CAMPO MAGNÉTICO

El flujo del campo magnético a través de una superficie cerrada siempre es cero, al ser las líneas de $\vec{B}$ siempre cerradas.

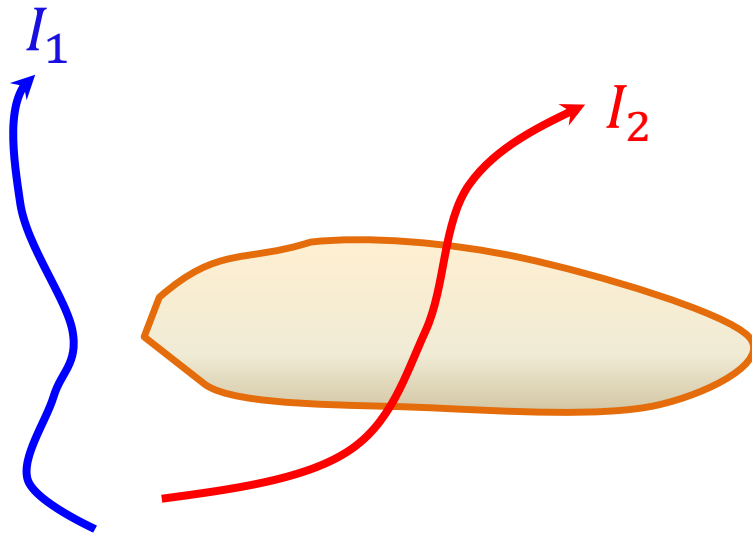


$$\Phi = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$



5. LEY DE AMPÈRE

La ley de Ampere dice: La circulación del campo magnético a lo largo de una curva cerrada es igual al producto de la constante μ_0 por la suma de las intensidades que atraviesan cualquier superficie limitada por la curva. El signo de la intensidad será positivo si cumple la regla de la mano derecha al establecer el recorrido de la curva C , y negativo en caso contrario.



$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$$

Ley de Ampère

5. LEY DE AMPÈRE

Ejercicio

Calcular el campo magnético $\vec{B}$ creado por una corriente I rectilínea infinita, a una distancia a de la corriente.

Ejercicio

Calcular el campo magnético $\vec{B}$ en el centro de un solenoide muy largo, de longitud L y N espiras, con $n = N/L$ espiras por metro, por el que circula una corriente I .