Unidad 3: Fuentes de Campos Magnéticos

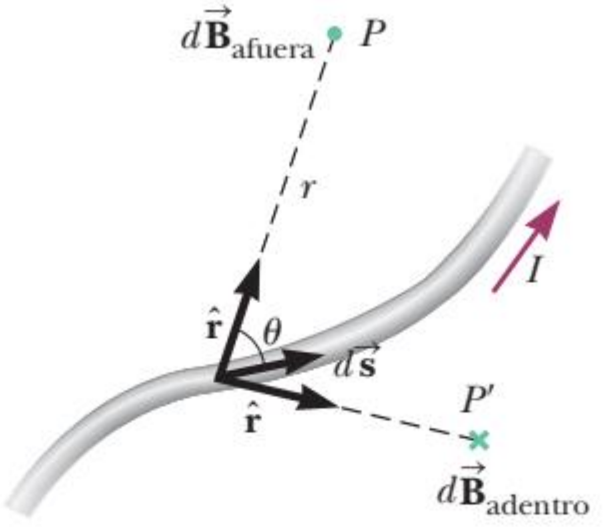
Definiciones

Modelos

Aplicaciones

Ley de Biot-Savart

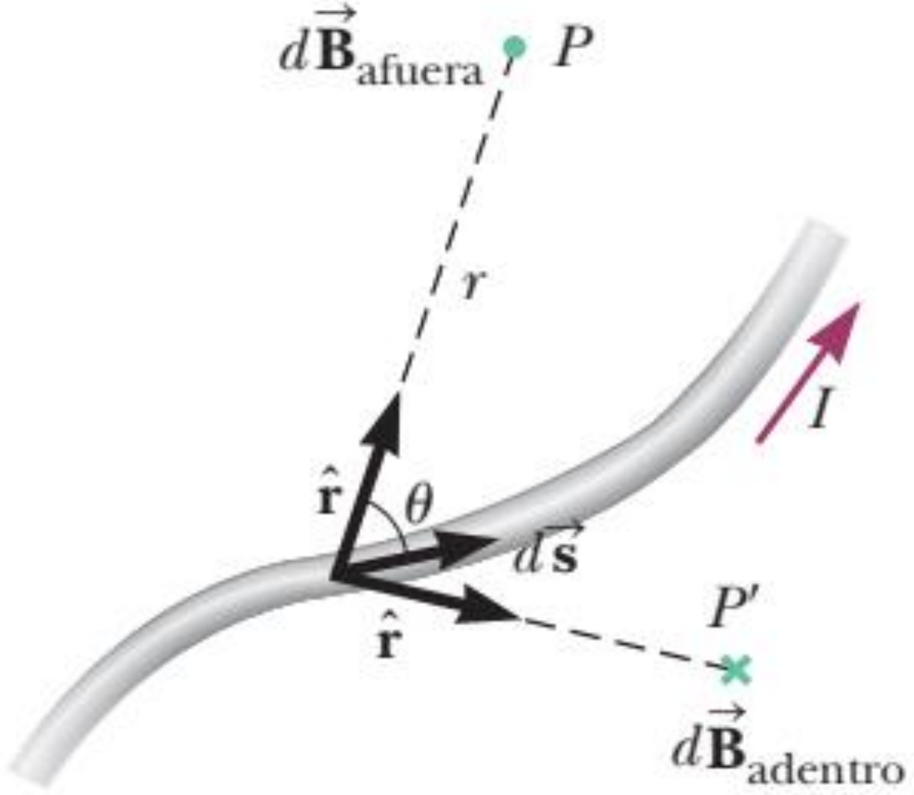
- El vector $d\vec{B}$ es perpendicular tanto a $d\vec{s}$ como al vector unitario $\hat{r}$, dirigido desde $d\vec{s}$ hacia P.
- La magnitud de $d\vec{B}$ es inversamente proporcional a r^2, donde r es la distancia desde $d\vec{s}$ hacia P.
- La magnitud de $d\vec{B}$ es proporcional a I, y a la magnitud ds del elemento $d\vec{s}$.
- La magnitud de $d\vec{B}$ es proporcional a $\sin\theta$, donde θ es el ángulo entre $d\vec{s}$ y $\hat{r}$.



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\, d\vec{s}\; \times \hat{r}}{r^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\left[\frac{T.m}{A}\right](permabilidad\ vacío)$$

Ley de Biot-Savart

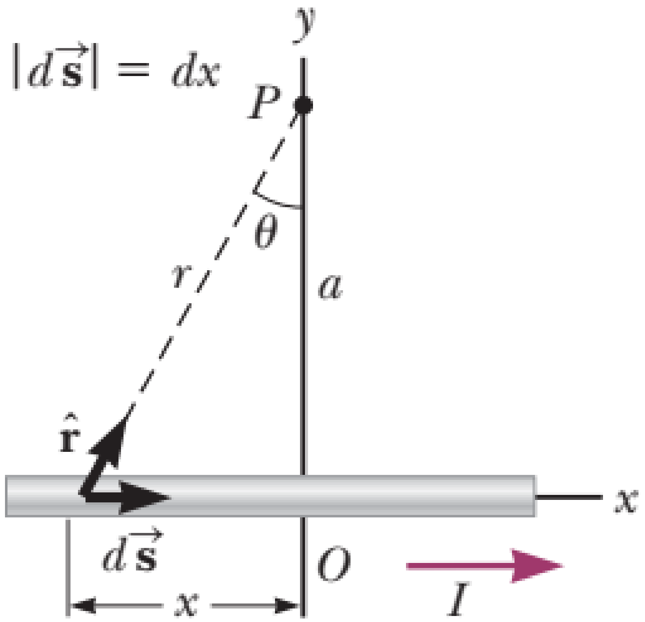


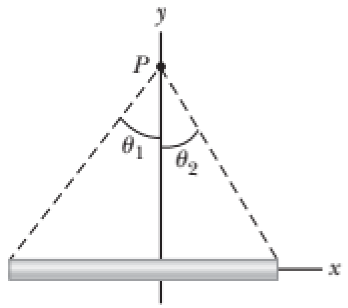
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{T.m}{A}\right] (permabilidad\ vacío)$$

Ley de Biot-Savart

Campo magnético alrededor de un conductor rectilíneo





$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 . I}{4\pi}\frac{d\vec{s}\ \times \hat{r}}{r^2} \qquad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\left[\frac{T.m}{A}\right](permabilidad\ vacío)$$

$$d\vec{s}\ \times \hat{r} = |d\vec{s}\ \times \hat{r}|\hat{k} = (dx \cos\theta)\hat{k}$$

$$\mathrm{d}\,\vec{B} = (dB)\hat{k} = \frac{\mu_0 . I}{4\pi}\frac{dx \cos\theta}{r^2}\ \hat{k}$$

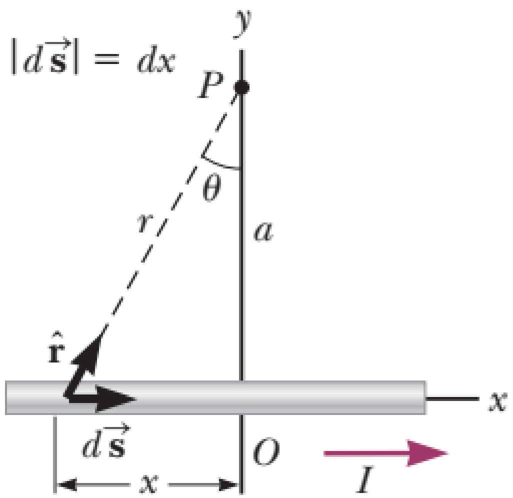
$$r = \frac{a}{\cos\theta}$$

$$x = -a\,\mathrm{tg}\,\theta \quad \Rightarrow \quad dx = -a\ sec^2\ \theta\ d\theta\ = -\frac{a\ d\theta}{cos^2\theta}$$

$$dB = -\frac{\mu_0 . I}{4\pi}\left(\frac{a\ d\theta}{cos^2\theta}\right)\left(\frac{cos^2\theta}{a^2}\right)\cos\theta\ = -\frac{\mu_0 . I}{4\pi a}\cos\theta\ \ \mathrm{d}\theta$$

Ley de Biot-Savart

Campo magnético alrededor de un conductor rectilíneo



$$B = \frac{\mu_0 . I}{4\pi a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos\theta \, d\theta \quad = \frac{\mu_0 . I}{4\pi a}(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)$$

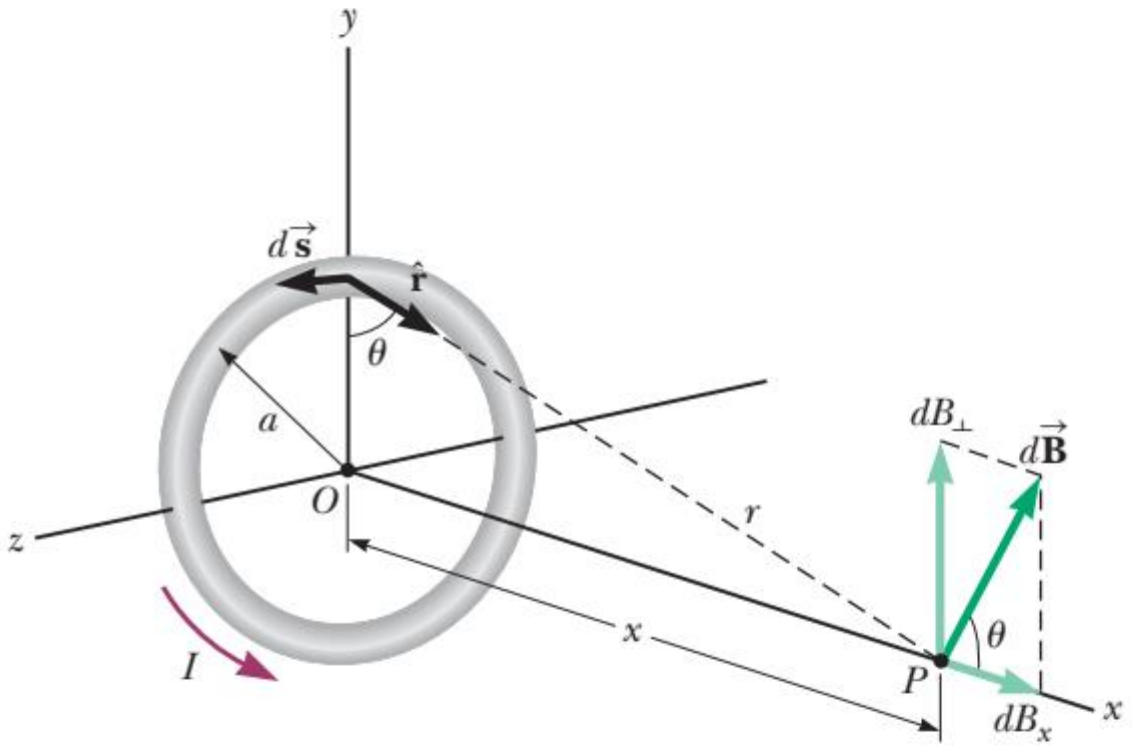
$$Si\ \theta_1 = -\frac{\pi}{2} \quad y \quad \theta_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 . I}{2\pi a}}$$

$$B = \frac{\mu_0 . I}{4\pi a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos\theta \, d\theta$$

Ley de Biot-Savart

Campo magnético alrededor de una espira



$$dB = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \frac{|d\vec{s} \times \hat{r}|}{r^2} = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \frac{ds}{(a^2 + x^2)}$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \frac{ds}{(a^2 + x^2)} \cos\theta$$

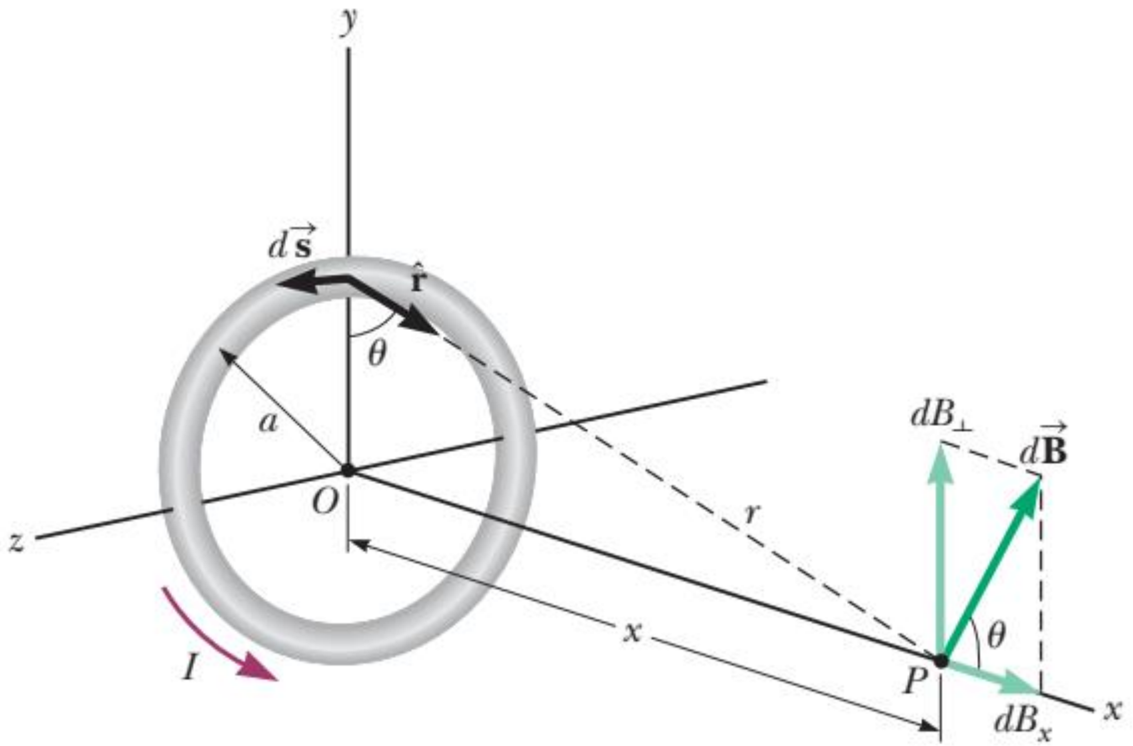
$$B_x = \oint dB_x = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \oint \frac{ds \cos\theta}{(a^2 + x^2)}$$

$$\cos\theta = \frac{a}{(a^2 + x^2)^{1/2}}$$

$$B_x = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \oint \frac{ds}{(a^2 + x^2)} \left[\frac{a}{(a^2 + x^2)^{1/2}} \right]$$

Ley de Biot-Savart

Campo magnético alrededor de una espira



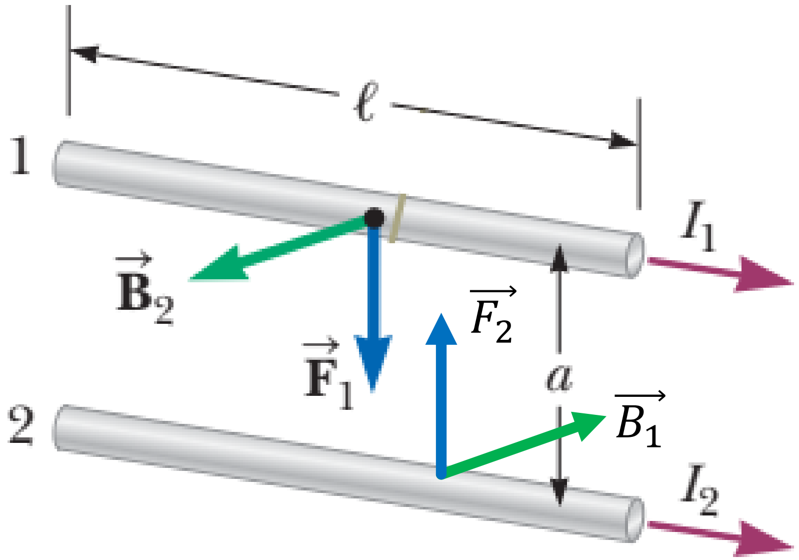
$$B_x = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \oint \frac{ds}{(a^2 + x^2)} \left[\frac{a}{(a^2 + x^2)^{1/2}} \right]$$

$$= \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \frac{a}{(a^2 + x^2)^{3/2}} \oint ds$$

$$= \frac{\mu_0 . I}{4\pi} \frac{a}{(a^2 + x^2)^{3/2}} (2\pi a)$$

$$\boxed{B_x = \frac{\mu_0 . I . a^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}}$$

Fuerza magnética entre conductores paralelos



$$F_1 = I_1 . l . B_2$$

$$= I_1 . l . \left(\frac{\mu_0 I_2}{2\pi a}\right)$$

$$F_1 = \frac{\mu_0 . I_1 . I_2}{2\pi a} l$$

$Si\ I_1 = I_2 = 1[A]$ $\quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{T.m}{A}\right]$

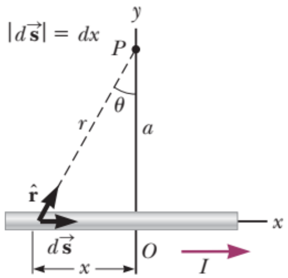
$l = 1[m]$ $\quad a = 1[m]$

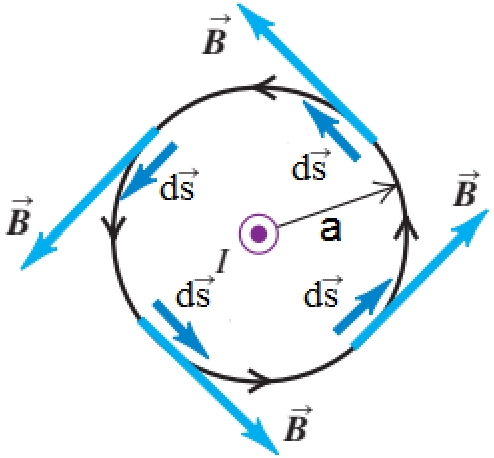
$F_1 = 2 \times 10^{-7} [N]$

Patrón internacional para la intensidad de corriente - Ampere

Ley de Ampere

$$B = \frac{\mu_0 . I}{2\pi a}$$

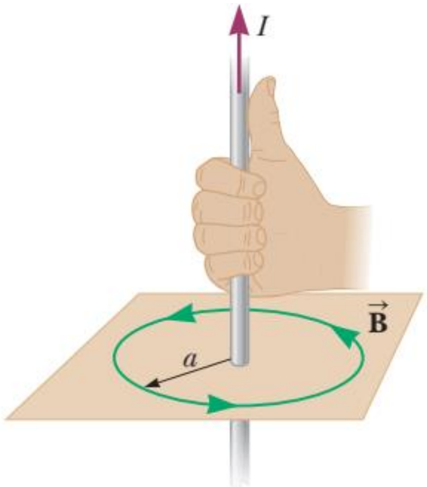




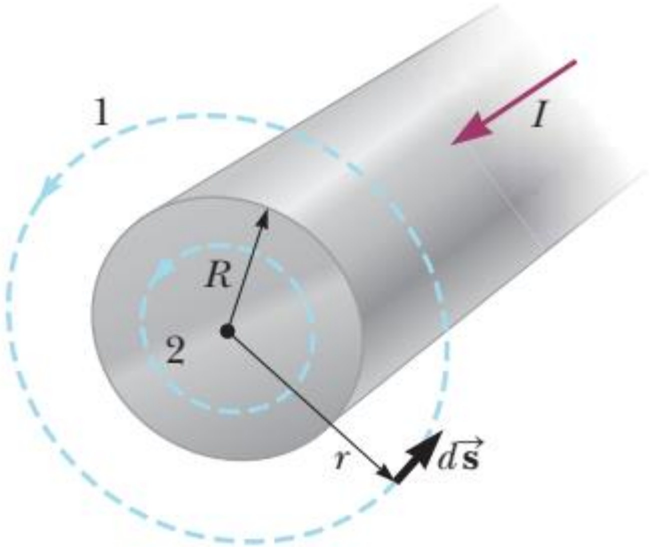
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = B\oint ds = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}(2\pi a) = \mu_0 . \mathrm{I}$$

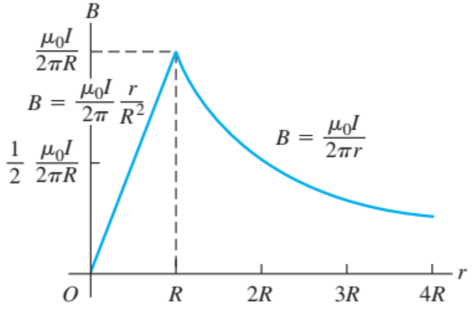
$$\boxed{\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 . \mathrm{I}}$$

Donde el primer término representa la distribución del campo magnético en una trayectoria cerrada, y resulta igual a la corriente que circula por el conductor



Campo magnético alrededor de un conductor recto





$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = B\oint ds = B(2\pi r) = \mu_0.\mathrm{I}$$

$$B = \frac{\mu_0.I}{2\pi r} \quad para\, r \geq R$$

$$\frac{I'}{I} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \Rightarrow I' = \frac{r^2}{R^2}I$$

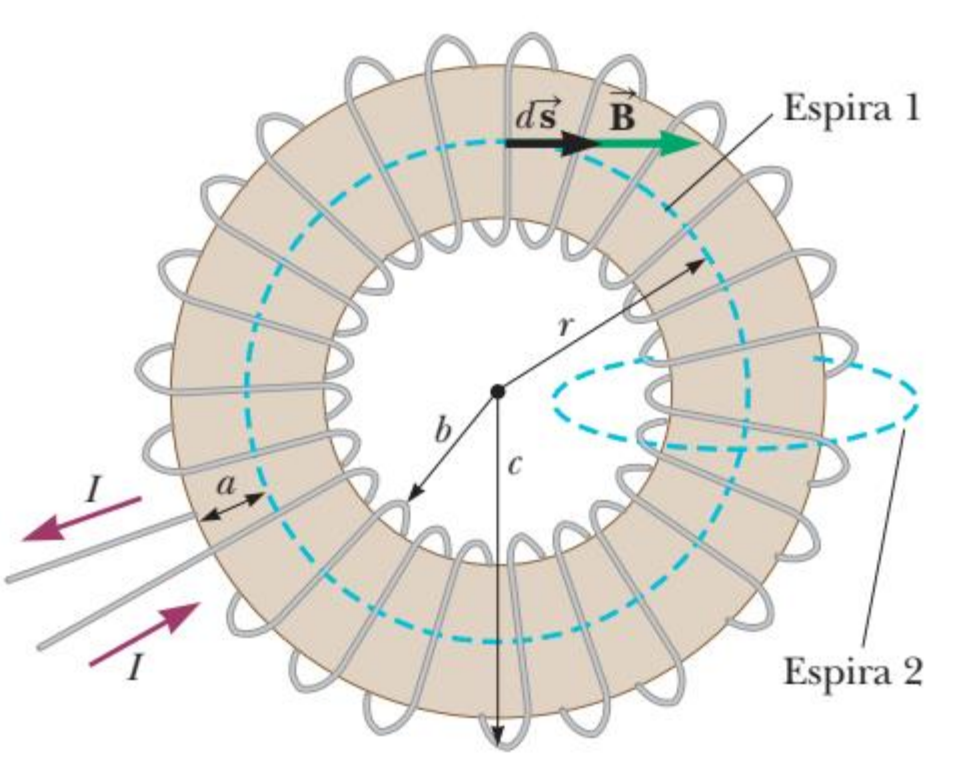
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = B\oint ds = B(2\pi r) = \mu_0.\mathrm{I}' = \mu_0.\left(\frac{r^2}{R^2}I\right)$$

$$B = \left(\frac{\mu_0.I}{2\pi R^2}\right)r \quad para\, r < R$$

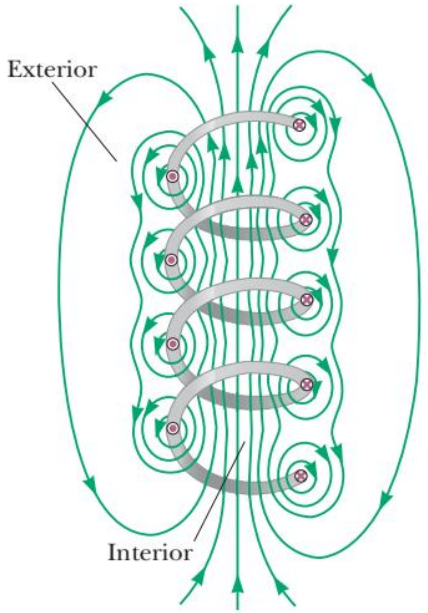
Campo magnético en un toroide

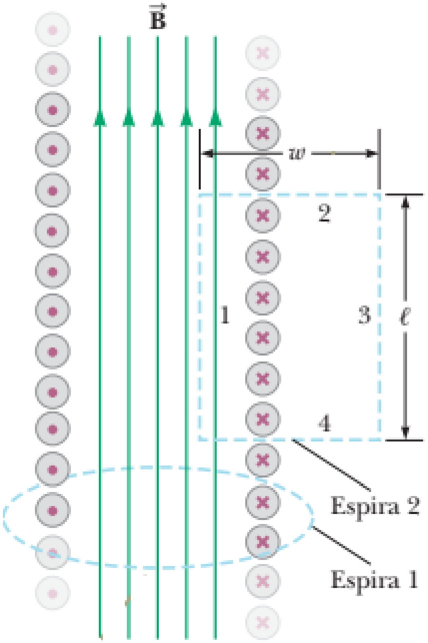
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} \;=B\oint ds \;=B(2\pi r)=\mu_0.\mathrm{I.N}$$

$$B=\frac{\mu_0.I.N}{2\pi r}$$



Campo magnético en un solenoide

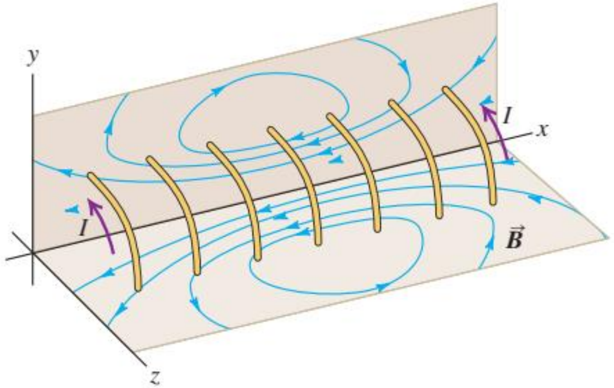




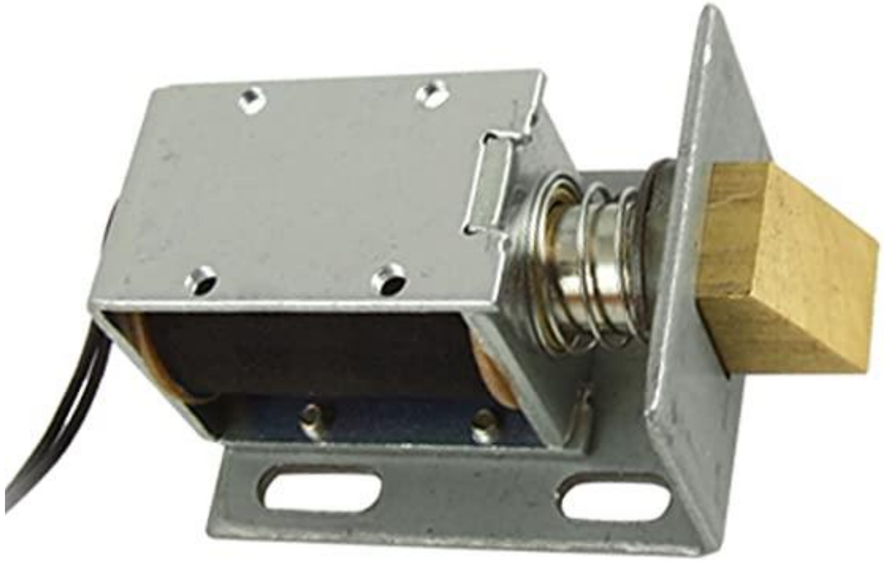
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} \;=\; \oint_{tray.1} \vec{B}.d\vec{s} = B \oint_{tray.1} d\vec{s} \;= B.l$$

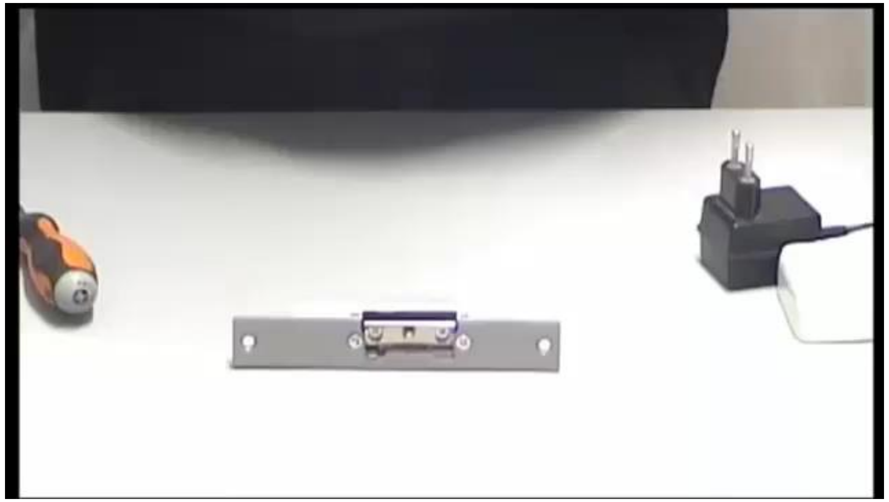
$$B.l = \mu_0.N.I$$

$$B. = \mu_0.I.\frac{N}{l}$$

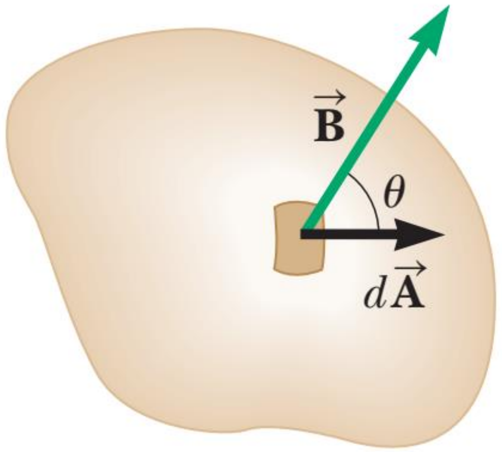


Campo magnético en un solenoide



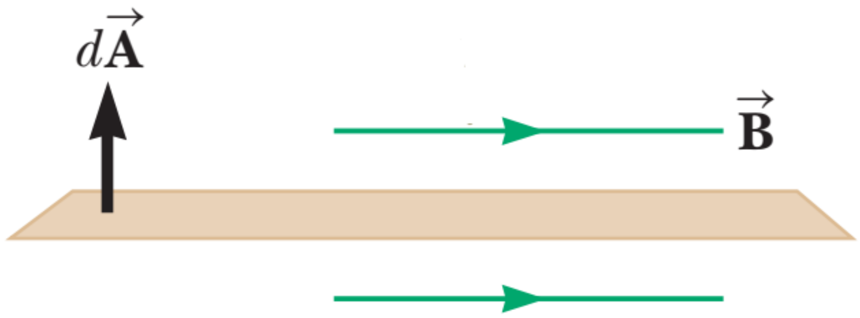


Ley de Gauss

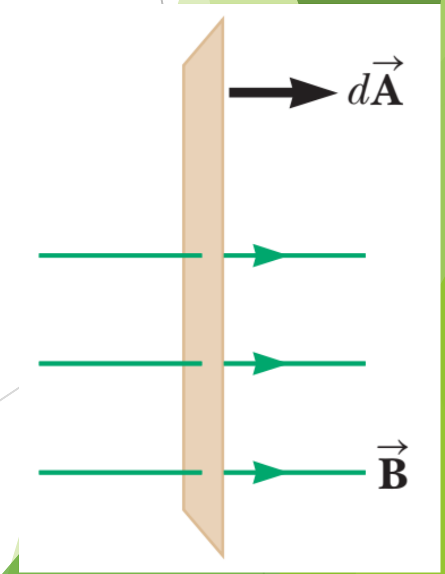


$$\Phi_B = \int \vec{B} d\vec{A}$$

$$\Phi_B = B.A.cos\theta$$



$$\Phi_B = 0$$

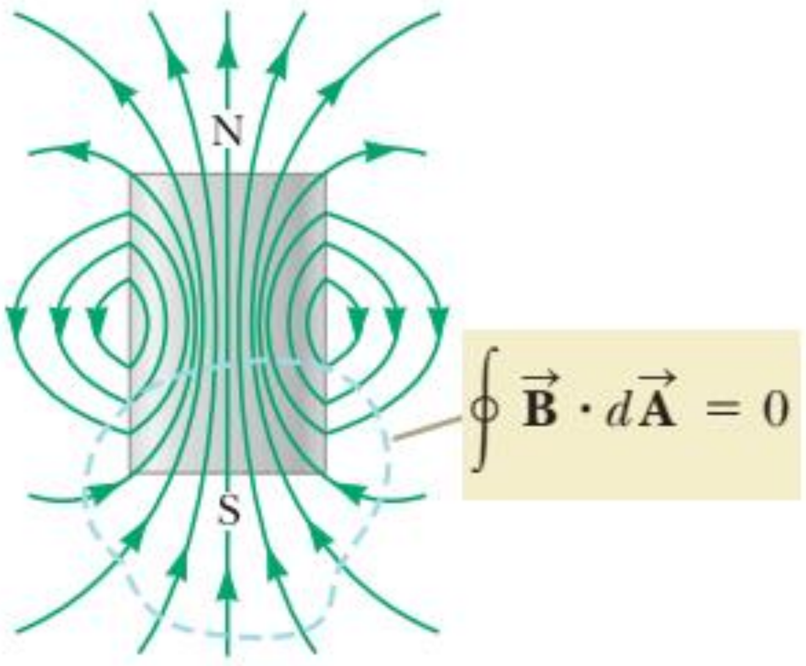


$$\Phi_B = B.A$$

Ley de Gauss

El flujo magnético neto a través de cualquier superficie cerrada siempre es igual a cero

$$\int \vec{B} d\vec{A} = 0$$



Magnetismo en la materia

$$I = \frac{e}{T} = \frac{ev}{2\pi r}$$

$$\mu = IA = \left(\frac{ev}{2\pi r}\right)\pi r^2 = \frac{1}{2} evr$$

$$L = m_e vr$$

Constante de Planck

$$\mu = \left(\frac{e}{2m_e}\right)L$$

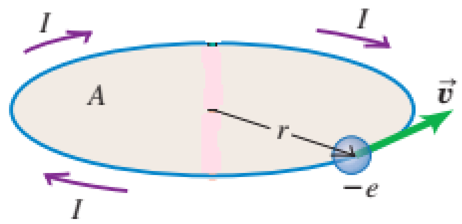
$$h = \frac{h}{2\pi} = 1{,}05 \times 10^{-34} [J.s]$$

$$\mu = \sqrt{2}\frac{e}{2m_e}h$$

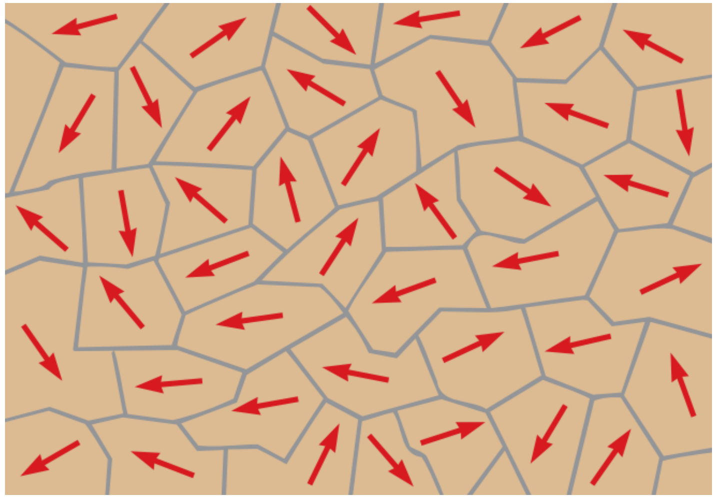
$$S = \frac{\sqrt{3}}{2}h$$

$$\mu_{espín} = \frac{eh}{2m_e}$$

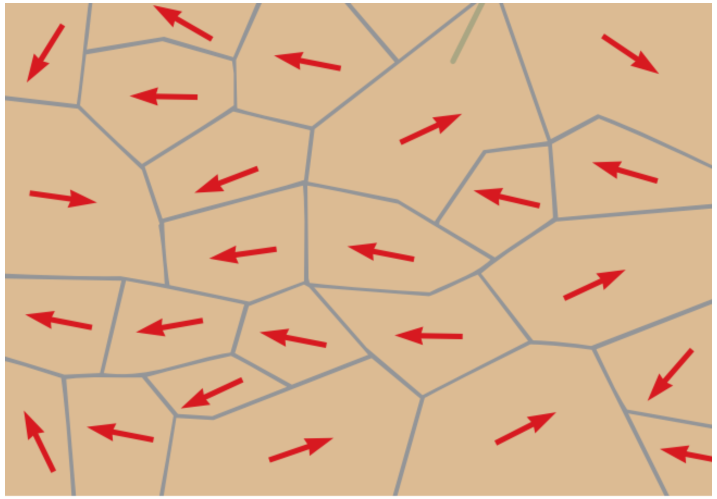
$$\mu_B = \frac{eh}{2m_e} = 9{,}27 \times 10^{-24} \left[\frac{J}{T}\right]$$



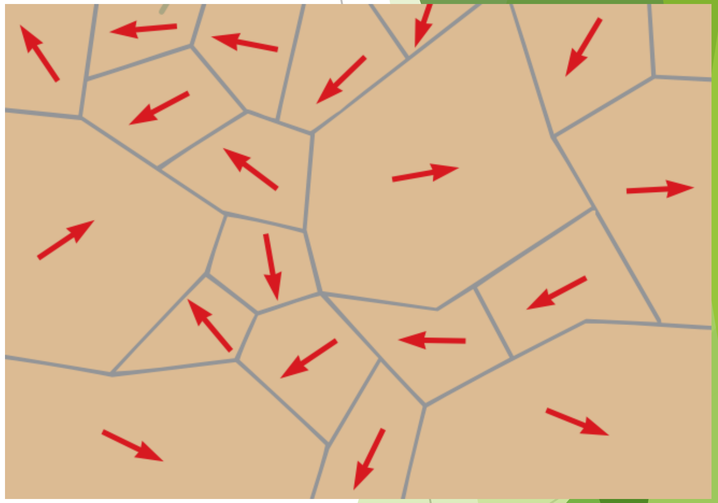
Dominio Magnético



B=0



B



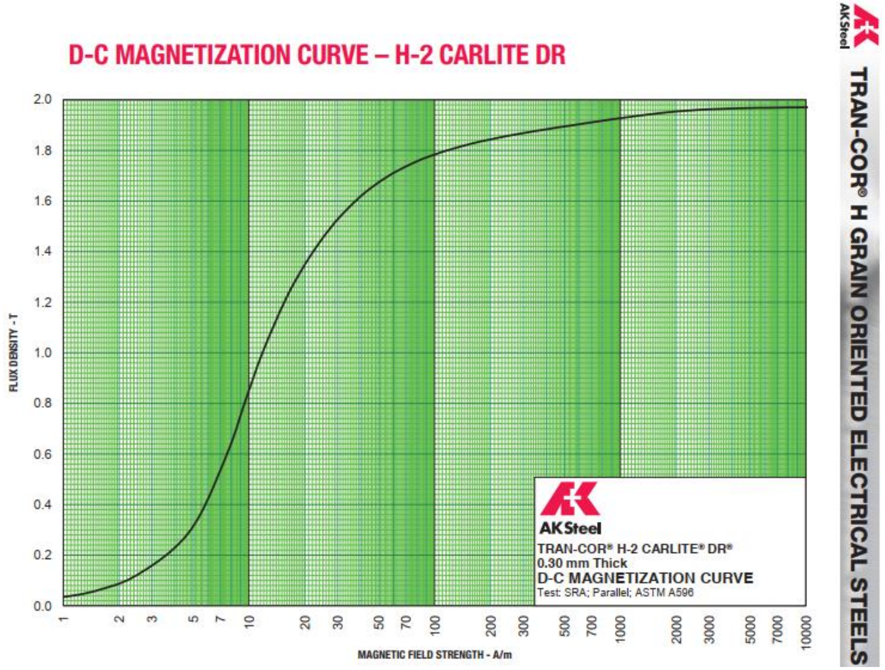
B

Ferromagnetismo

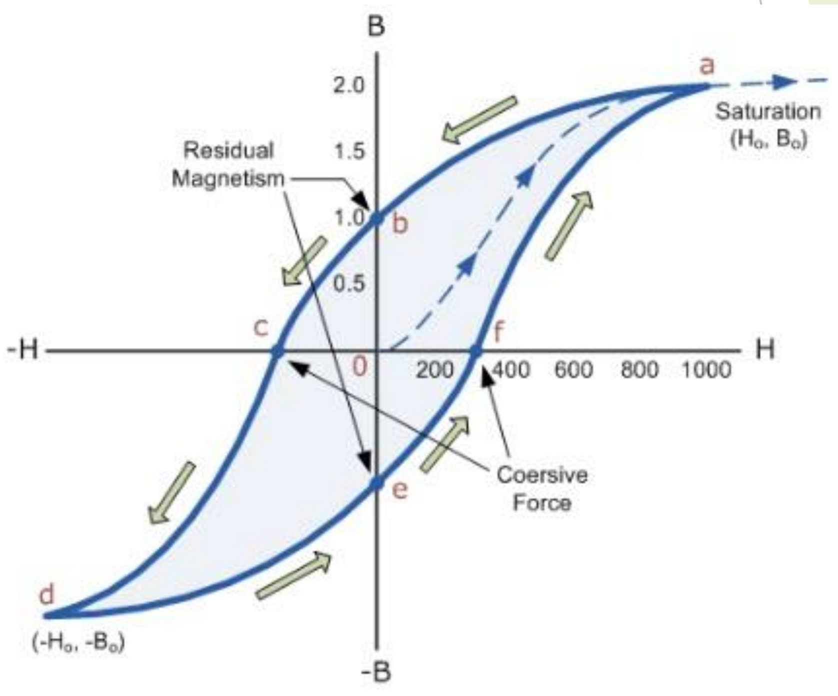
- Se encuentra en materiales cuyos momentos magnéticos permanentes en cada dominio, tienden a alinearse paralelamente entre sí y con campos magnéticos externos.
- Tienen esta característica el hierro, cobalto, níquel, gadolinio y disprosio.
- Si se retira el campo magnético externo, la alineación de los momentos magnéticos en cada dominio se mantiene, por lo tanto, el material permanece magnetizado. ⇒ Histéresis
- El ferromagnetismo depende de la sustancia y de la estructura cristalina.

Ferromagnetismo

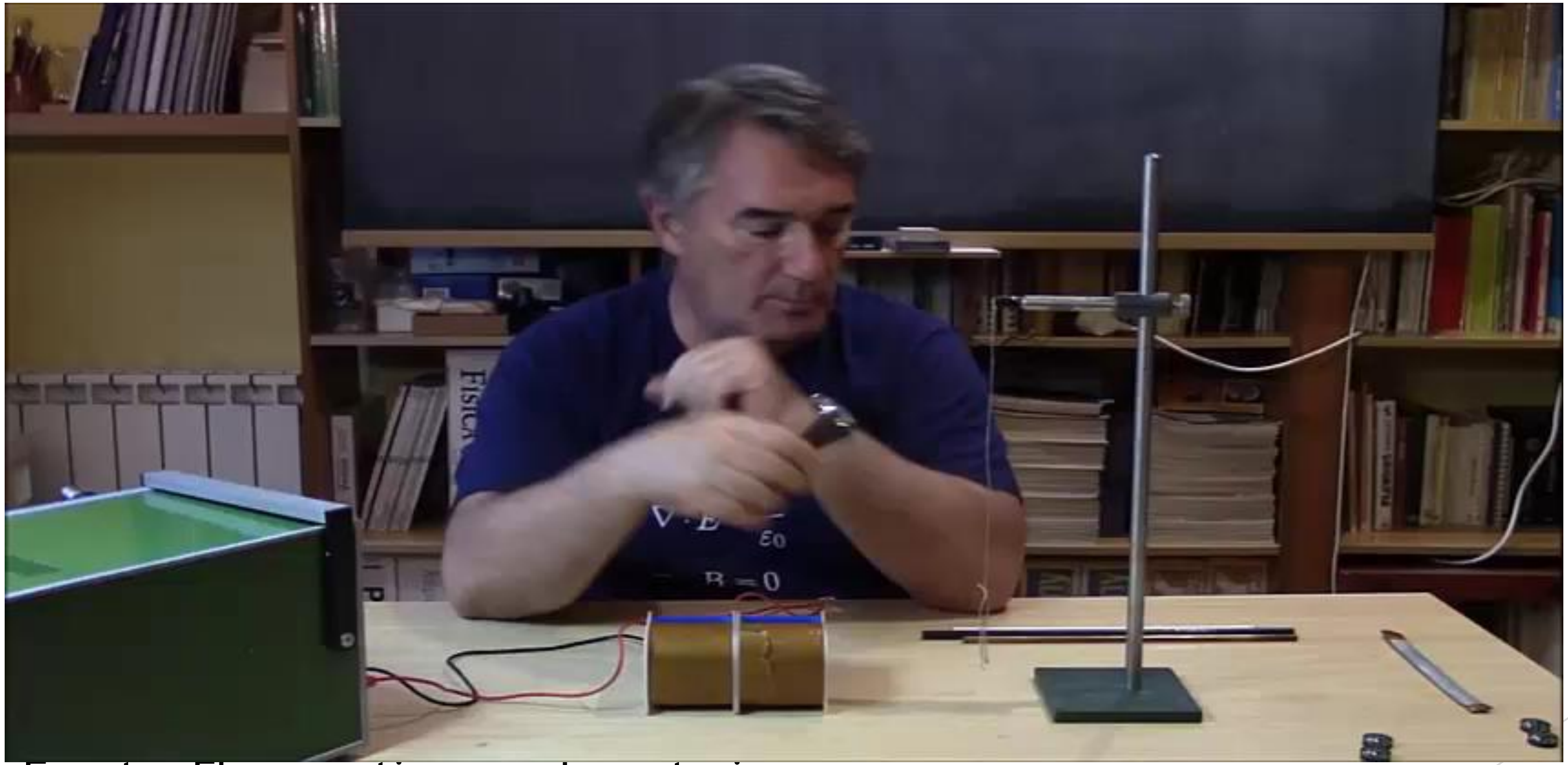
Saturación magnética



Ciclo de histéresis



Ferromagnetismo



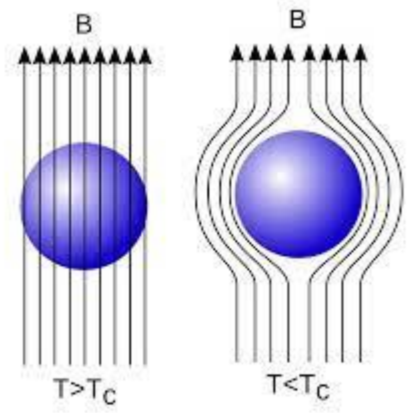
Fuente: El magnetismo en la materia.
Realizado por Jorge Gómez Barrios de Agüero

Paramagnetismo

- Estos materiales poseen momentos magnéticos permanentes, pero la interacción entre los dominios es débil y las orientaciones son aleatorias. El magnetismo resultante es relativamente reducido. Los elementos se atraen.

Diamagnetismo

- En estos materiales, cuando son sometidos a campos magnéticos externos, se inducen momentos magnéticos débiles y de sentido opuesto al campo externo. Los elementos se repelen.
- Algunos materiales superconductores, cuando son sometidos a campos magnéticos externos y se encuentran a temperatura crítica, en el interior el campo magnético se anula. → Efecto Meissner



Ferromagnetismo, Paramagnetismo y Diamagnetismo

Fuente: El magnetismo en la materia.
Realizado por Jorge Gómez Barrios de Agüero