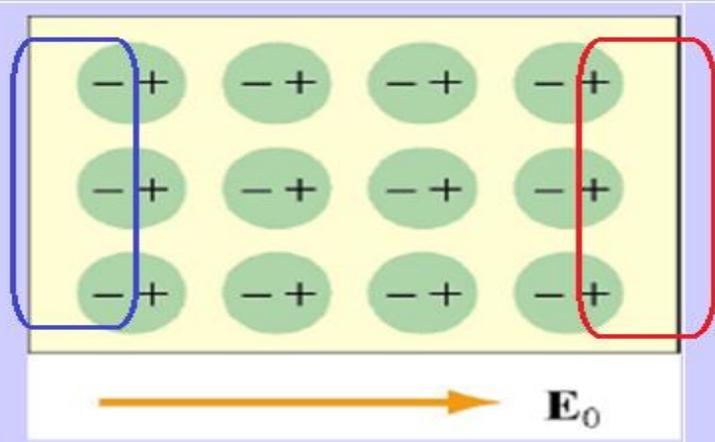
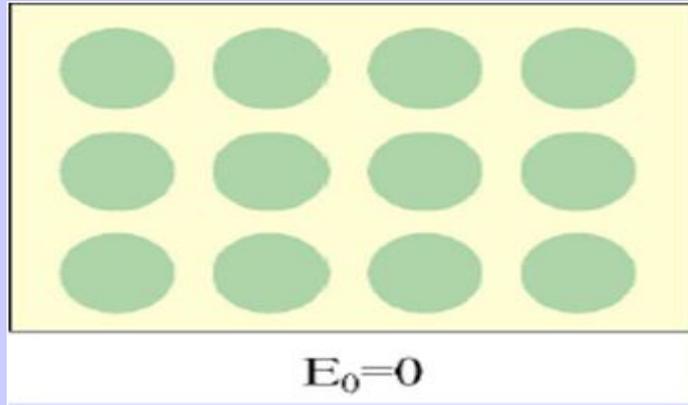


**T4-6**

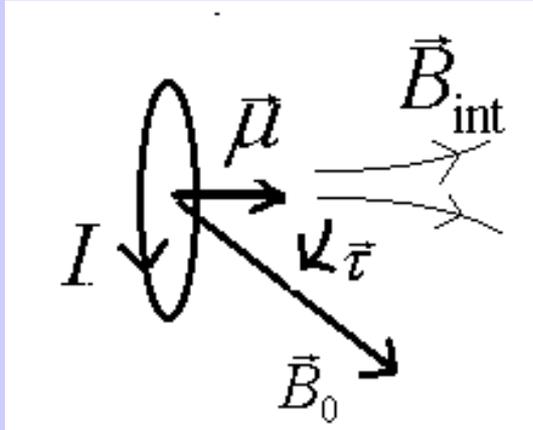
**Materiales magnéticos**

# RECORDATORIO: Dieléctricos:



- Existen o se forman dipolos microscópicos.
- En presencia de un campo eléctrico externo  $E_0$ , se forman dipolos orientados en la dirección del campo (por orientación o inducción).
- Aparece cargas netas inducidas en la superficie del dieléctrico: el dieléctrico se polariza
- El campo eléctrico inducido se opone al externo.
- $E = E_0 - E_{\text{ind}} < E_0$  siempre.
- Entonces  $E = E_0 / \epsilon_r$  con  $\epsilon_r \geq 1$
- $\epsilon_r$ : permitividad dieléctrica relativa.

# Dipolos magnéticos



$B_0$  campo  
magnetostático  
externo

Los dipolos magnéticos:

- Producidos por:
  - corrientes microscópicas
  - spin de electrones y núcleos
- Tienen a orientarse paralelos con  $\mu$  paralelo a  $B_0$
- Produce  $B_{\text{int}}$  paralelo a  $\mu$  cerca de su centro

# Materiales magnéticos

$B_0$  campo magnetostático externo sin material magnético

## Principales materiales magnéticos:

$\kappa_m$  : permeabilidad magnética

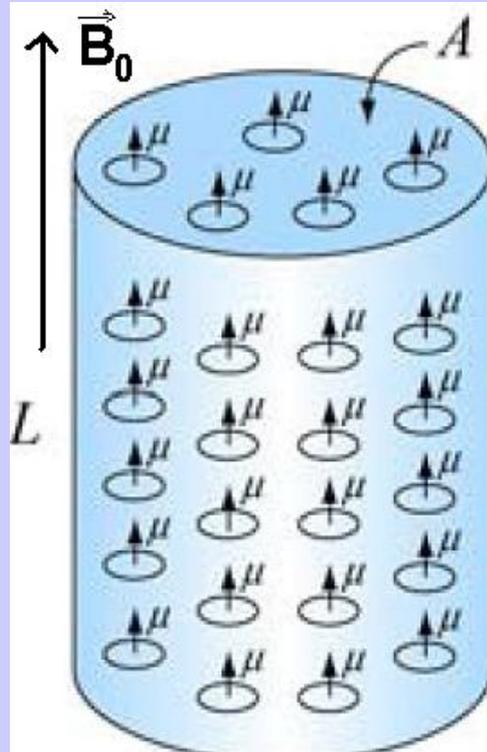
a) diamagnético:  $B < B_0$  :  $B = \kappa_m B_0$  con  $\kappa_m < 1$

b) paramagnético:  $B > B_0$  :  $B = \kappa_m B_0$  con  $\kappa_m > 1$

c) ferromagnético:  $B \gg \gg B_0$  :  $B = \kappa_m B_0$  con  $\kappa_m \gg \gg 1$

$B$  permanente, imanes, histéresis

# Magnetización o imanación

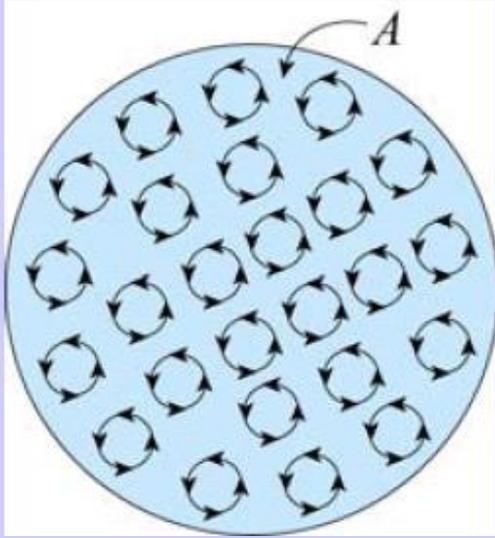


Un campo magnético externo  $\mathbf{B}_0$  tiende a alinear los momentos dipolares magnéticos atómicos

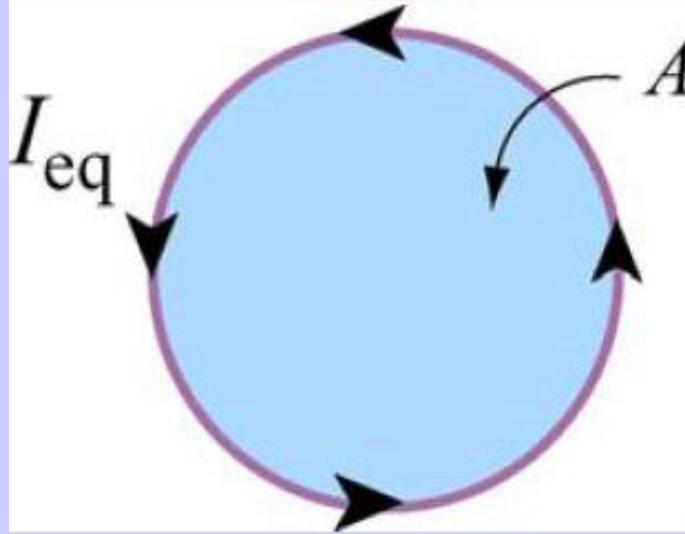
Momento dipolar (total):

$$\vec{m} = \sum \vec{\mu}_i$$

# Imanación y corrientes de polarización

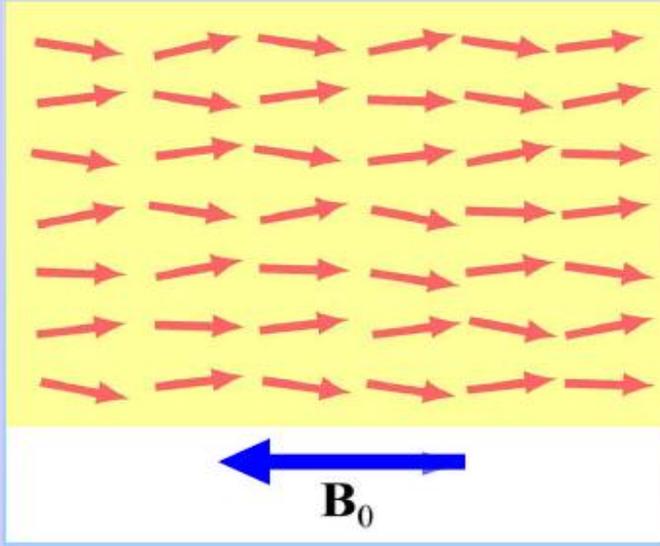


Vista superior:



Corriente equivalente  $I_{eq}$   
Corriente de polarización

# Diamagnetismo



Todo es ligeramente diamagnético.

No hay dipolos magnéticos permanentes

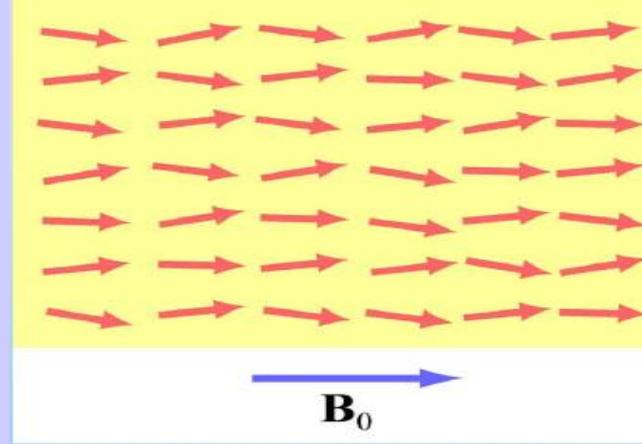
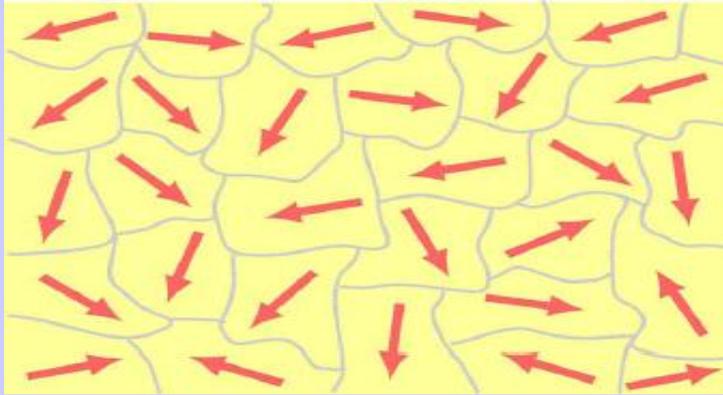
Los dipolos magnéticos inducidos son antiparalelos al campo magnético externo  $B_0$

Crean un campo magnético inducido  $B_{\text{ind}}$  que se opone a  $B_0$

$$B = B_0 - B_{\text{ind}} < B_0$$

$$B = \kappa_m B_0 \text{ con } \kappa_m < 0$$

# Para/Ferromagnetismo



Los átomos tienen dipolos magnéticos permanentes

Un campo magnético externo  $B_0$  tiende a alinear los momentos magnéticos atómicos

Paramagnetismo  
 $B > B_0$

Ferromagnetismo  
 $B \gg \gg B_0$   
No constante

# Magnitudes magnéticas

$\kappa_m$ : permeabilidad magnética relativa :  $B = \kappa_m B_0$

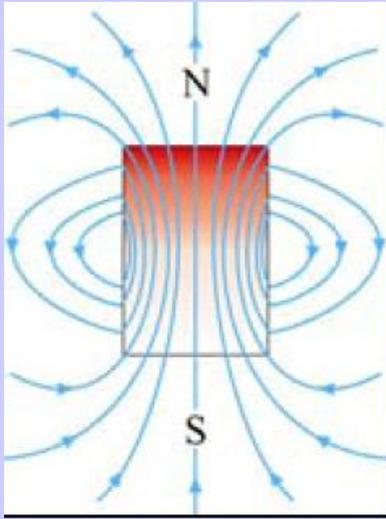
$\chi_m$ : susceptibilidad magnética  $\kappa_m = 1 + \chi_m$ :  $B = (1 + \chi_m) B_0$

a) diamagnético:  $\kappa_m = 1 + \chi_m < 1$ ;  $\chi_m \sim -10^{-5}$  to  $-10^{-9}$

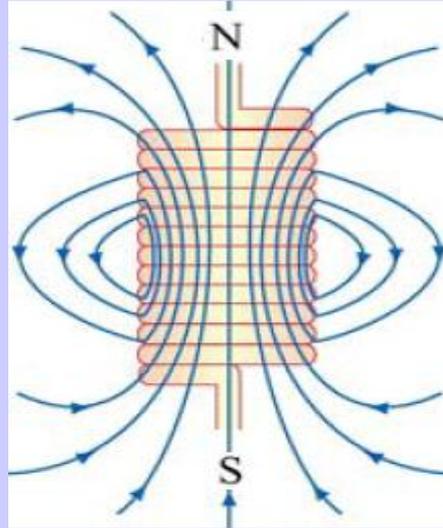
b) paramagnético:  $\kappa_m = 1 + \chi_m > 1$ ;  $\chi_m \sim 10^{-6}$  to  $10^{-3}$

c) ferromagnético:  $\kappa_m = 1 + \chi_m \gg 1$ ;  $\chi_m \sim 10^3$  to  $10^6$   
no constante

# Imanes=materiales ferromagnéticos similares a solenoides



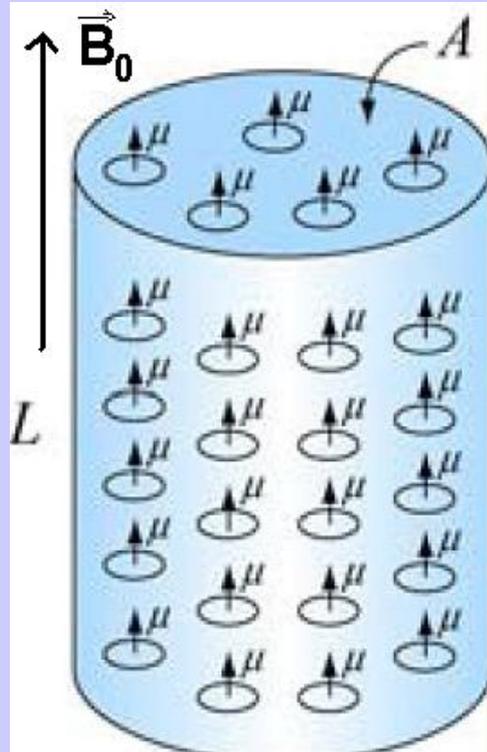
~



Crean un campo magnético  $\mathbf{B}_{\text{int}}$  y experimentan un momento de fuerzas en presencia de un campo magnético externo  $\mathbf{B}$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

# Magnetización o imanación (avanzado)



Un campo magnético externo  $\mathbf{B}_0$  tiende a alinear los momentos dipolares magnéticos atómicos (átomos con electrones sin aparear)

Vector imanación  $\mathbf{M}$ : momento dipolar magnético total por unidad de volumen

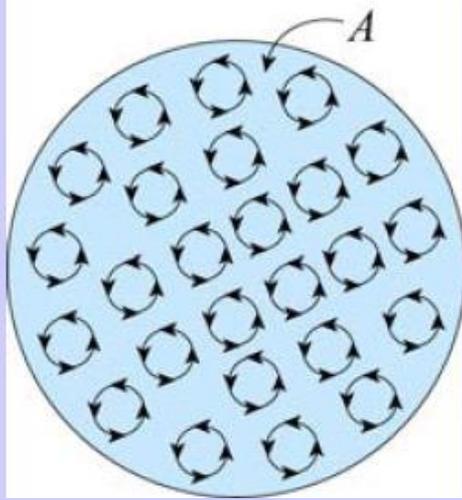
$$\vec{m} = \sum \vec{\mu}_i \quad \vec{M} = \frac{\vec{m}}{Vol}$$

$$M = n\mu$$

$n$ : número de dipolos por unidad de volumen

$\mu$ : momento dipolar medio

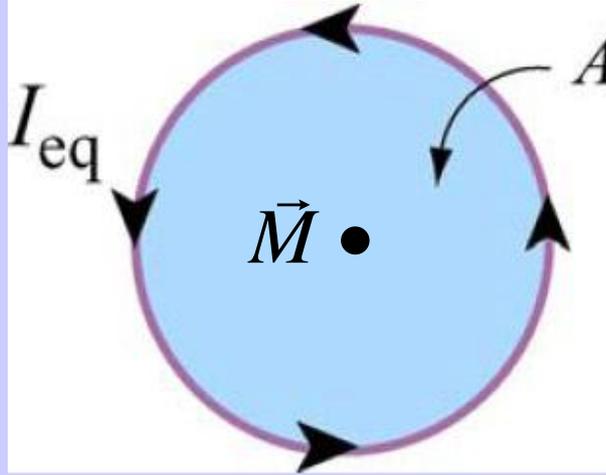
# Imanación $M$ (avanzado)



Vista superior:

$$m = I_{eq} A; \quad Vol = AL$$

$$M = \frac{I_{eq} A}{Vol} = \frac{I_{eq} A}{AL} \Rightarrow$$



Corriente equivalente  $I_{eq}$   
Corriente de polarización

$$M = \frac{I_{eq}}{L}$$

La imanación es igual a la intensidad de corriente por unidad de longitud