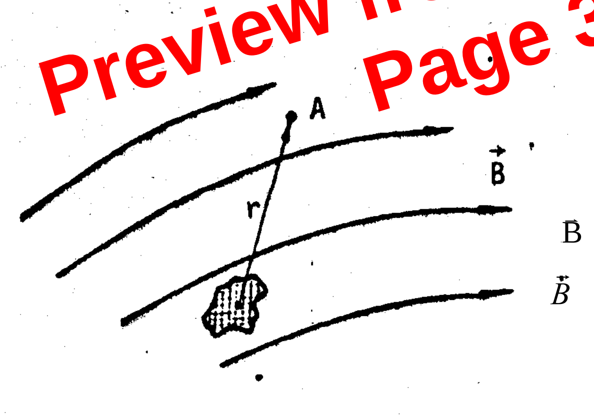
La presencia de un material magnético afecta el Campo magnético del medio que lo rodea.

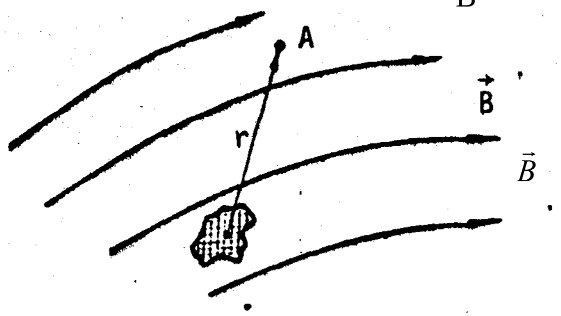


Los efectos a una distancia *r* mucho mayor que las dimensiones del contorno del material, modifican el campo como si existiera un momento dipolar magnético ubicado en el lugar del material.

Se aplica la superposición de los efectos producidos por los momentos dipolares de pequeños elementos de volumen en el punto A

Los momentos dipolares pueden ser representativos

- de pequeñas espiras de corrientes
- dipolos magnéticos



***Material*=** distribución volumétrica de momentos dipolares magnéticos.

$\vec{p}_i^{\,*}$ el momento dipolar magnético elemental,

P^* **<u>Densidad de momentos dipolares por unidad de volumen</u>**
la suma vectorial de momentos dipolares magnéticos elementales de un pequeño elemento de volumen , dividida por ese volumen

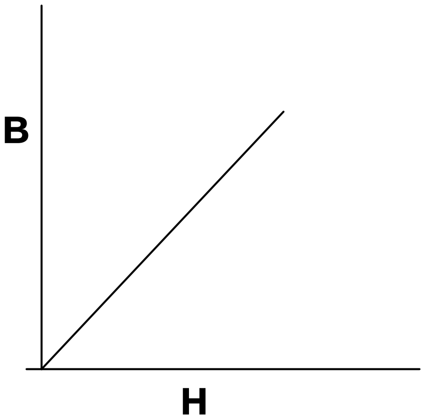
$$P^* = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{1}{\Delta V} \sum_i \vec{p}_i^{\,*}$$

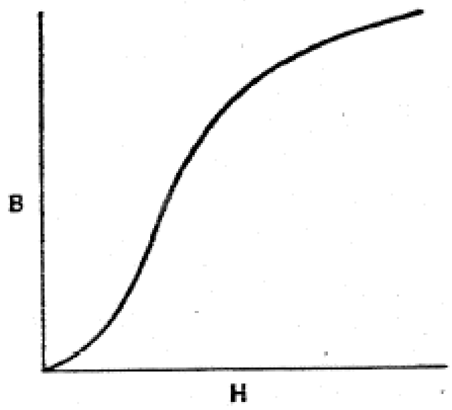
- **<u>Característica de magnetización de los materiales</u>**

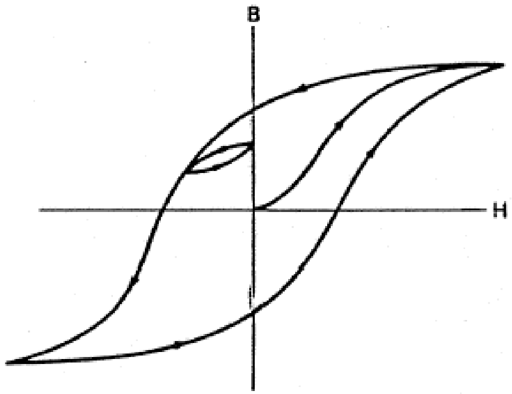
los materiales magnéticos reales imponen una relación funcional entre **B, H y P**.

$$f(\vec{B},\vec{H})=0 \qquad f(\vec{H},\vec{P}^{*})=0 \qquad f(\vec{B},\vec{P}^{*})=0$$

- **las dos primeras son las más frecuentemente utilizadas cualquiera de ellas expresa una vinculación funcional entre dos campos vectoriales que puede presentar, según el material, diferentes grados de complejidad: desde una simple relación de proporcionalidad, hasta relaciones alinéales de tipo tensorial.**







Materiales-magnéticamente isotrópicos y lineales

$$\vec{P}^* - \chi_m \cdot \mu_0 \cdot \vec{H} = 0 \qquad \vec{P}^* = \chi_m \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}$$

$$\chi_m << 1$$

Donde χ_m es una cantidad escalar adimensional llamada susceptibilidad magnética. Su valor absoluto es generalmente muy pequeño 10^{-5} a *10^{-8} a*

El material es:

- ***paramagnético si χ_m es positiva***
- ***diamagnético si χ_m es negativa.***

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{P}^*$$

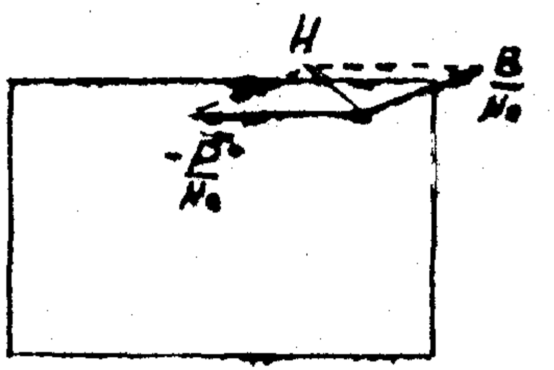
$$\mu_r = \chi_m + 1$$

permeabilidad magnética relativa

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

Análisemos el Imán Permanente en materiales reales...

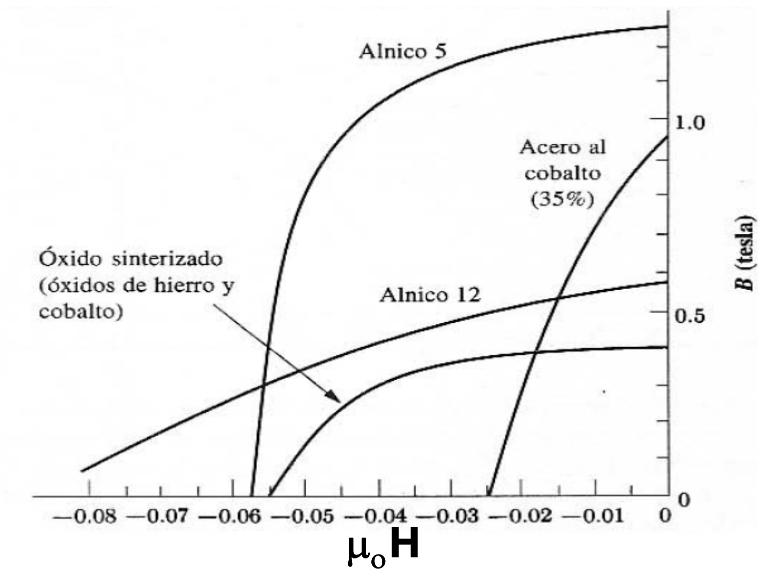
$$\vec{B} - \vec{P}^* - \mu_0 \cdot \vec{H} = 0$$



La ecuación constitutiva que liga los tres campos es vectorial
Por lo tanto en el caso **ideal** planteado los campos no son colineales y por lo tanto la relación funcional entre ellos no sería un escalar, tal situación NO ocurre en la realidad.

Si fijamos una determinada relación
funcional entre uniformemente válida en toda la barra magnetizada (material homogéneo),
ni **P*** será uniforme,
ni **B** ni **H** serán fácilmente calculables como en el ejemplo

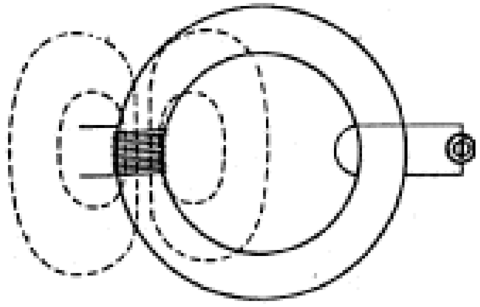
$$\vec{B} \mathrm{x} \vec{H} = 0$$

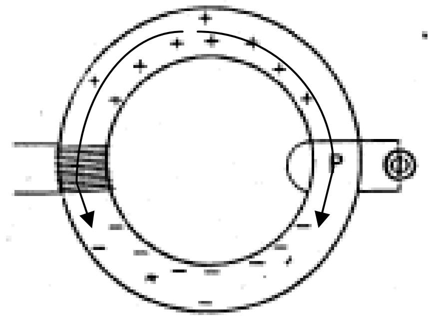


- **Anillo de material magnetizado con arrollamiento de excitación concentrado**

- En el caso anterior, el hecho de que el campo **H** producido por el arrollamiento externo no tenga componentes perpendiculares a la superficie del anillo se traduce en que **no existe densidad superficial de carga magnética**
- Para el caso del **arrollamiento concentrado** el campo producido por tal arrollamiento en el vacío es de tal forma que si introducimos el anillo de hierro, las líneas de campo incidirán sobre su superficie con un cierto ángulo, indicativo de una componente perpendicular, sobre la superficie del anillo. **Esto equivale a una distribución de carga magnética distribuida no uniformemente en el anillo, mostrada esquemáticamente en la figura**
- Esta carga superficial es fuente de un campo tal que disminuye el producido por la corriente externa en el lugar donde está ubicado el arrollamiento excitador y lo aumenta en el lado opuesto del anillo. El resultado es que el campo **H** que aparece en el **interior del anillo es casi uniforme y su magnitud es aproximadamente igual a la que existe cuando se lo excita con un arrollamiento distribuido uniformemente de igual valor de f.m.m.**

$$\vec{\nabla} \times \vec{H}_1 = \vec{J}$$





$$\vec{\nabla} \cdot \vec{H}_2 = -\frac{\vec{\nabla} \cdot \vec{P}^*}{\mu_0}$$

$$\vec{H} = \vec{H}_1 + \vec{H}_2$$