

MAGNETISMO NELLA MATERIA

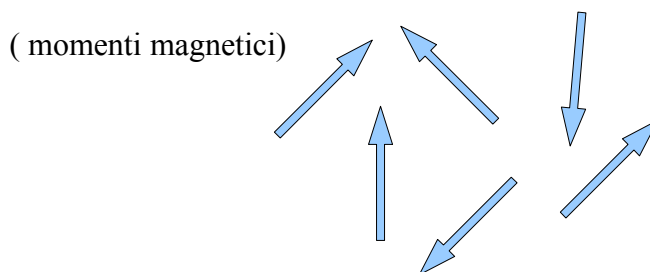
Gli atomi hanno **momenti magnetici di dipolo** dovuti al moto dei loro elettroni. Ogni elettrone ha a sua volta un momento magnetico di dipolo intrinseco associato alla sua rotazione su se stesso (spin). Il momento magnetico risultante di un atomo dipende dalla disposizione degli elettroni nell'atomo. I dipoli magnetici assumono la direzione orientata dell'induzione del campo magnetico esterno (si allineano parallelamente al campo magnetico esterno) e ciò tende a far **aumentare** l'induzione magnetica.

Le sostanze si suddividono in tre categorie:

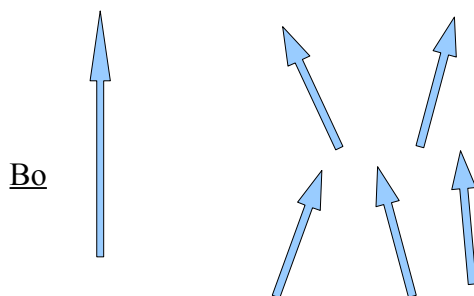
1. Sostanze Paramagnetiche
2. Sostanze Diamagnetiche
3. Sostanze Ferromagnetiche

CASO PARAMAGNETICO

Nelle sostanze paramagnetiche i dipoli magnetici **non interagiscono fortemente tra loro** e sono di norma diretti e orientati casualmente.



In Presenza di un campo magnetico esterno , i dipoli assumono parzialmente la direzione orientata dell'induzione del campo magnetico esterno, aumentandola.



L'ordine dei momenti magnetici correlato anche con la **temperatura**. Infatti il moto di agitazione termica dei dipoli tende a rendere casuale la loro direzione orientata. Perciò più alta sarà la temperatura e più basso sarà l'ordine dei momenti magnetici e viceversa più bassa sarà la temperatura e più alto sarà l'ordine.

CASO DIAMAGNETICO

Sono sostanze le cui molecole sono prive di momento magnetico permanente.

CASO FERROMAGNETICO

Sostanze in cui si produce un alto grado di allineamento anche in presenza di campi magnetici esterni deboli, determinando un grande aumento dell'induzione magnetica risultante. Anche in assenza di un campo magnetico esterno i dipoli di una sostanza ferromagnetica possono essere equi-orientati, ossia avere la stessa direzione orientata.

MAGNETIZZAZIONE

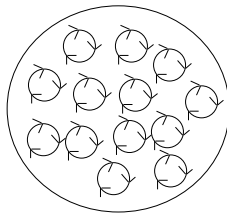
Una sostanza posta in forte campo magnetico ha, come visto sopra, un allineamento dei suoi momenti magnetici di dipoli nella direzione orientata dell'induzione del campo magnetico esterno. In tal caso la sostanza è detta **magnetizzata** ed è descritta dalla sua **intensità di magnetizzazione** o più semplicemente **magnetizzazione**.

La magnetizzazione è, per definizione, il momento magnetico di dipolo risultante riferito all'unità di volume della sostanza :

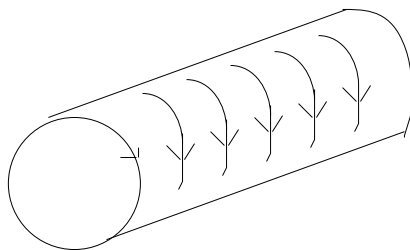
$$M = \frac{dm}{dV}$$

All'interno della sostanza magnetizzata **si creano delle correnti microscopiche**, dovute al moto intrinseco delle cariche atomiche. Possiamo supporre, per semplicità, che questi moti siano equivalenti a microscopiche spire percorse da corrente

(prendiamo come esempio un cilindro)



La corrente totale in un punto qualsiasi all'interno della sostanza è nulla perché le correnti atomiche vicine si elidono mutuamente. Però sulla superficie della sostanza questa elisione non avviene, il risultato di queste correnti è equivalente ad una corrente macroscopica sulla superficie della sostanza.



Sappiamo dunque che il momento magnetico è $m = A I$ ovvero Area * Corrente, e nel nostro caso

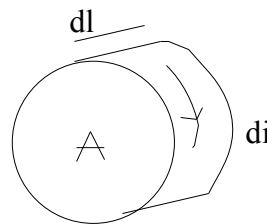
$$dm = A di$$

Dove A è l'area della sezione trasversale e di l'intensità di corrente sulla superficie. Sapendo inoltre che $dV = A dl$ allora:

La magnetizzazione \mathbf{M} del disco è il momento magnetico riferito all'unità di volume

$$M = \frac{dm}{dV} = \frac{A di}{A dl} = \frac{di}{dl}$$

E quindi il modulo del vettore magnetizzazione è l'intensità della corrente superficiale riferita all'unità di lunghezza lungo la superficie della sostanza magnetizzata.



Se il campo magnetico esterno non è uniforme possiamo scrivere la corrente superficiale con la seguente formula $\mathbf{J}_{mv} = \nabla \times \mathbf{M}$

Per cui sapendo che $\int \mathbf{B} d\mathbf{l} = \mu_0 \int \mathbf{J} d\mathbf{A}$ (Teorema di Ampère) nel nostro caso diviene

$\int \mathbf{B} d\mathbf{l} = \mu_0 \int \mathbf{J} + \mathbf{J}_{mv} d\mathbf{A}$ che in forma differenziale diviene $\nabla \times \left(\frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - \mathbf{M} \right) = \mathbf{J}$ da cui posso scrivere che $\frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - \mathbf{M} = \mathbf{H}$ e quindi la formula finale risulta essere

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}$$

Nei materiali paramagnetici si può benissimo scrivere

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

μ_r permeabilità magnetica relativa ($\mu_r = 1 + \chi$) χ = suscettività magnetica

Nei passaggi da un materiale ad un altro **la componente normale rimane invariata ($B_{n1} = B_{n2}$)**
 Mentre la componente tangenziale assume questa forma **$H_{t1} = H_{t2}$** che porta l'induzione dei
 campi magnetici dei due materiali ad assumere questa forma

$$\frac{B_{1t}}{\mu_{r1}} = \frac{B_{2t}}{\mu_{r2}}$$

MAGNETIZZAZIONE PER MATERIALI FERROMAGNETICI

Si dicono **sostanze ferromagnetiche** quelle che hanno valori positivi molto grandi della suscettività magnetica χ_m . In queste sostanze, un campo magnetico esterno debole è capace di produrre un grado molto alto di “allineamento” dei momenti magnetici di dipolo degli atomi. E questo allineamento può persistere anche dopo che è stato soppresso il campo magnetizzante esterno.

In questi materiali esistono i cosiddetti **Domini di Weiss** ovvero delle regioni di spazio nelle quali i momenti magnetici di dipolo sono equiorientati.

A seconda dell'intensità del campo applicato questi domini volta volta si orientano fino a raggiungere un livello di saturazione (tutti i domini orientati secondo la direzione del campo esterno).

