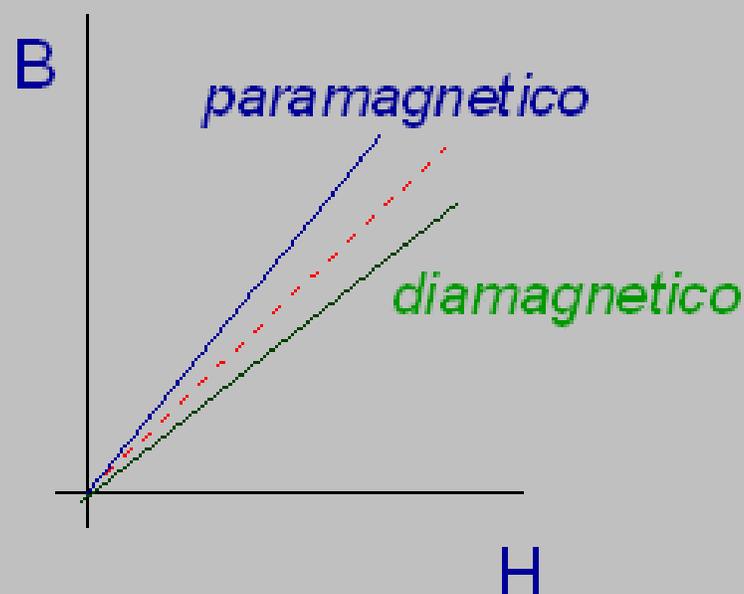


Ferromagnetismo

Fenomenologia complessa, che riguarda le proprietà magnetiche di *Ferro, Cobalto, Nickel* e loro leghe

Andamento di B vs H per i materiali visti finora

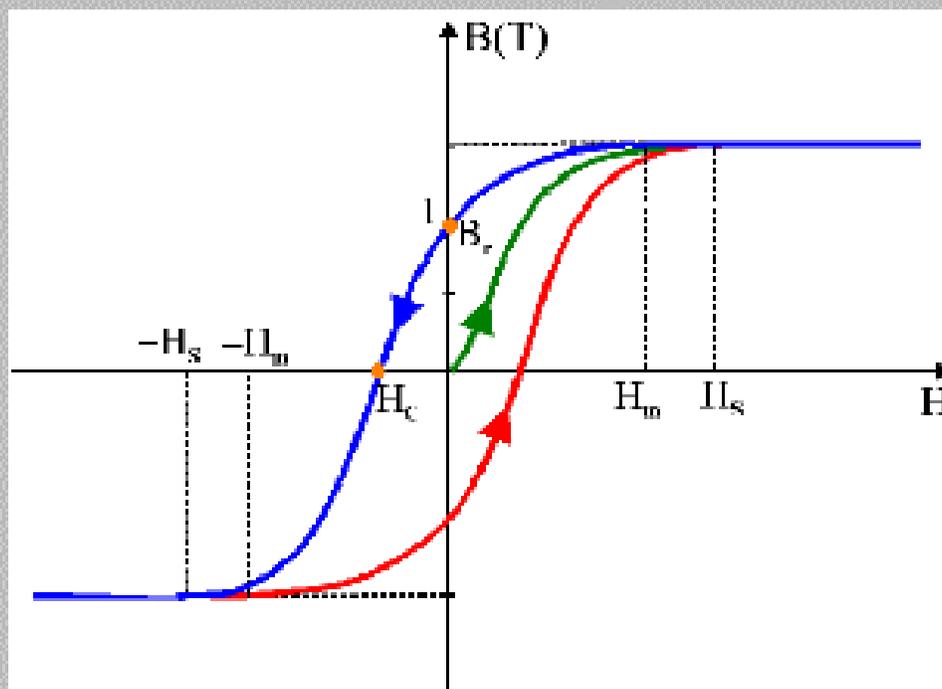


Relazione costitutiva: circa lineare

Ciclo d'isteresi - 1

Situazione:

si immagina un campione entro un solenoide; si varia la corrente nel solenoide (quindi il campo magnetizzante H); si misura B



$H > H_s$ saturazione

B_r induzione magnetica residua

$M_r = \frac{B_r}{\mu_0}$ magnetizzazione residua

H_c campo coercitivo

Ciclo d'isteresi - 2

Relazione costitutiva: fortemente non lineare (tranne che per H molto piccolo)

Effetti principali:

saturazione (quando H e' grande, B non aumenta quasi piu')

magnetizzazione residua anche per H=0

non univocita' della relazione fra B e H
(dipende dalla "storia" passata)

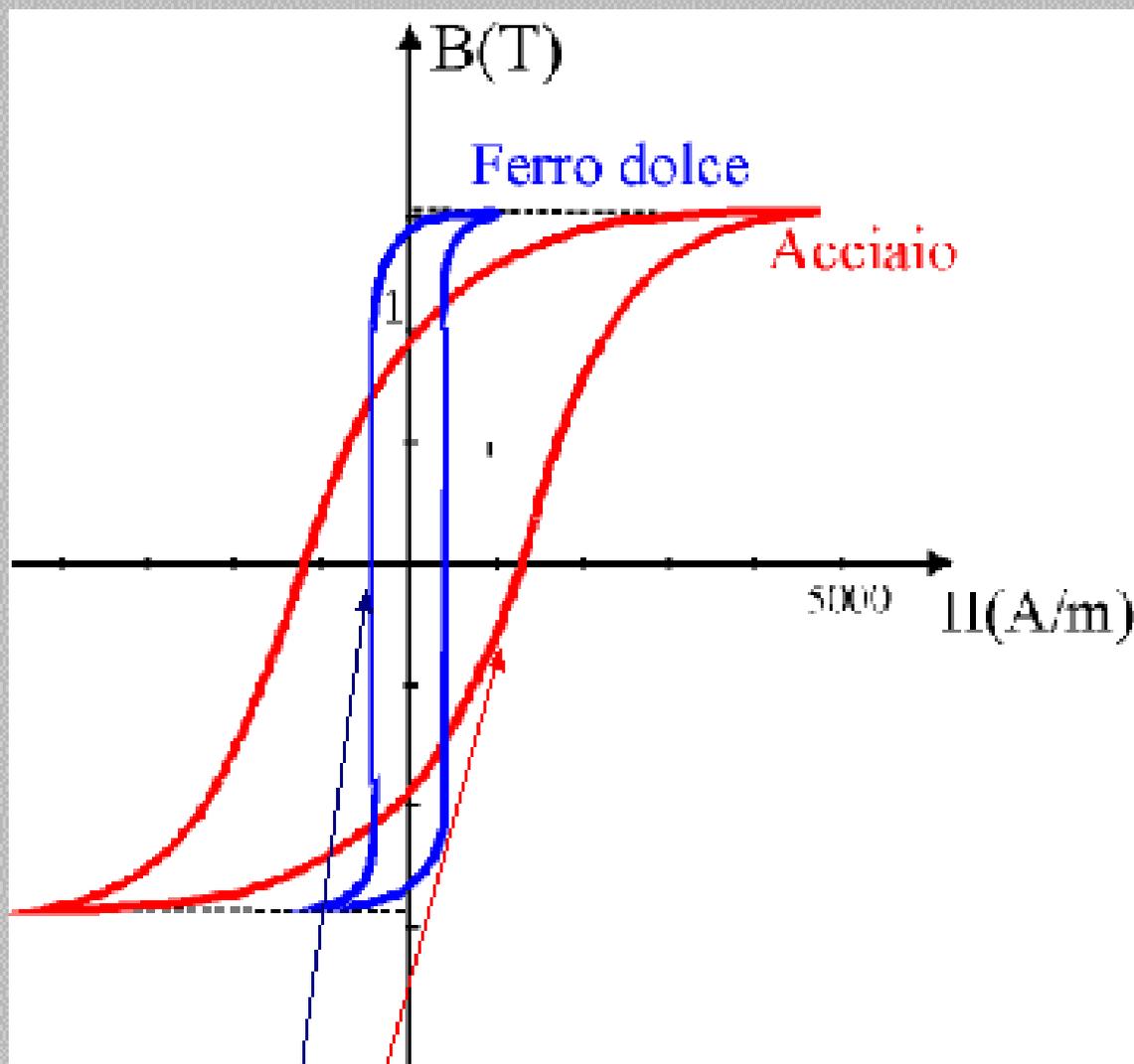
$$B = \mu_0 \mu_r H \rightarrow \mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$$

La permeabilita' relativa e' molto grande (migliaia);

la magnetizzazione residua fa prevedere l'esistenza di materiali permanentemente magnetizzati;

in un ciclo completo di magnetizzazione nei 2 sensi, il campione percorre il ciclo

Ciclo d'isteresi - 3



Differenti tipi di cicli di isteresi:

materiale a ciclo "quadrato"

materiale a ciclo "obliquo"

Transizione di fase

Tutte le caratteristiche ferromagnetiche scompaiono al di sopra di una temperatura caratteristica:

il materiale è soggetto ad una *transizione di fase* (cambiamento di stato, analogo a quello dallo stato solido a liquido etc)

Temperature caratteristiche:

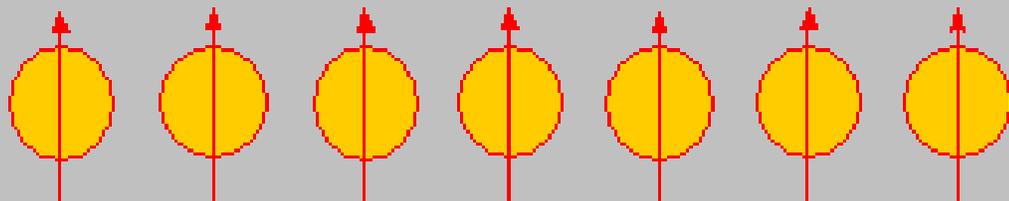
	T(K)
Co	1400
Fe	1047
Ni	631
Gd	289
Dy	105

Origine del ferromagnetismo

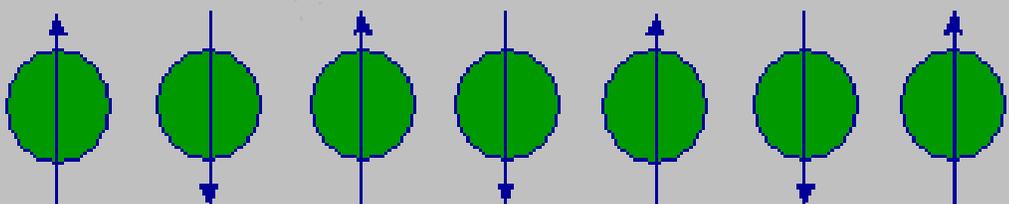
Elementi con elettrone esterno spaiato:
interazione di origine quantistica fra
coppie di elettroni (*non magnetica*)

Interazione relativamente intensa

(> agitazione termica), stato
fondamentale (en. minima) con
elettroni a spin paralleli o antiparalleli



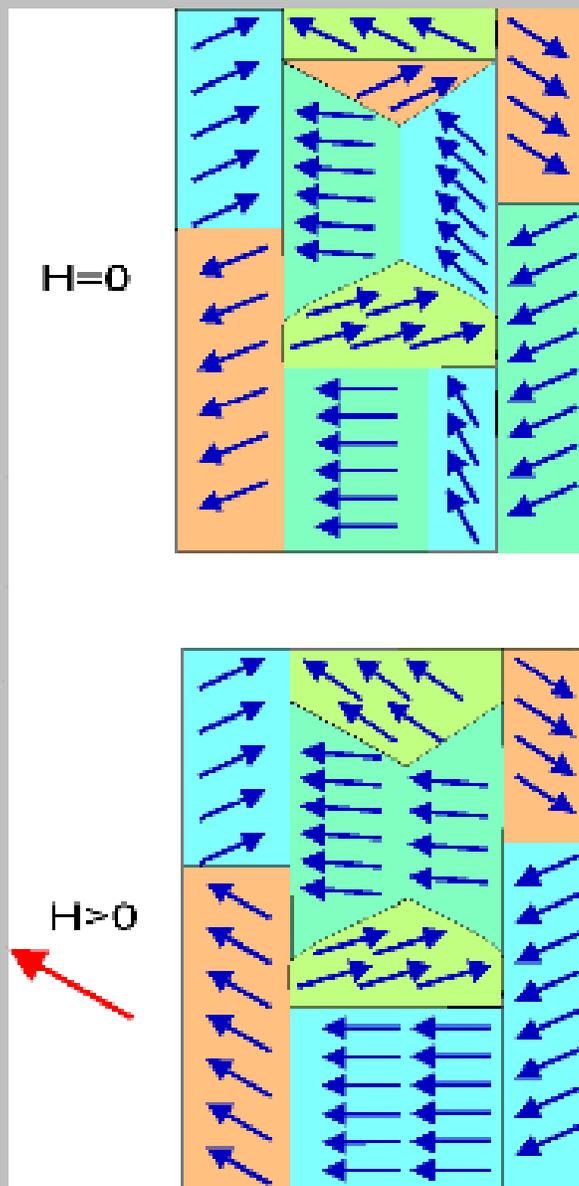
Ferromagnetico



Antiferromagnetico

Caratteristica mesoscopica - 1

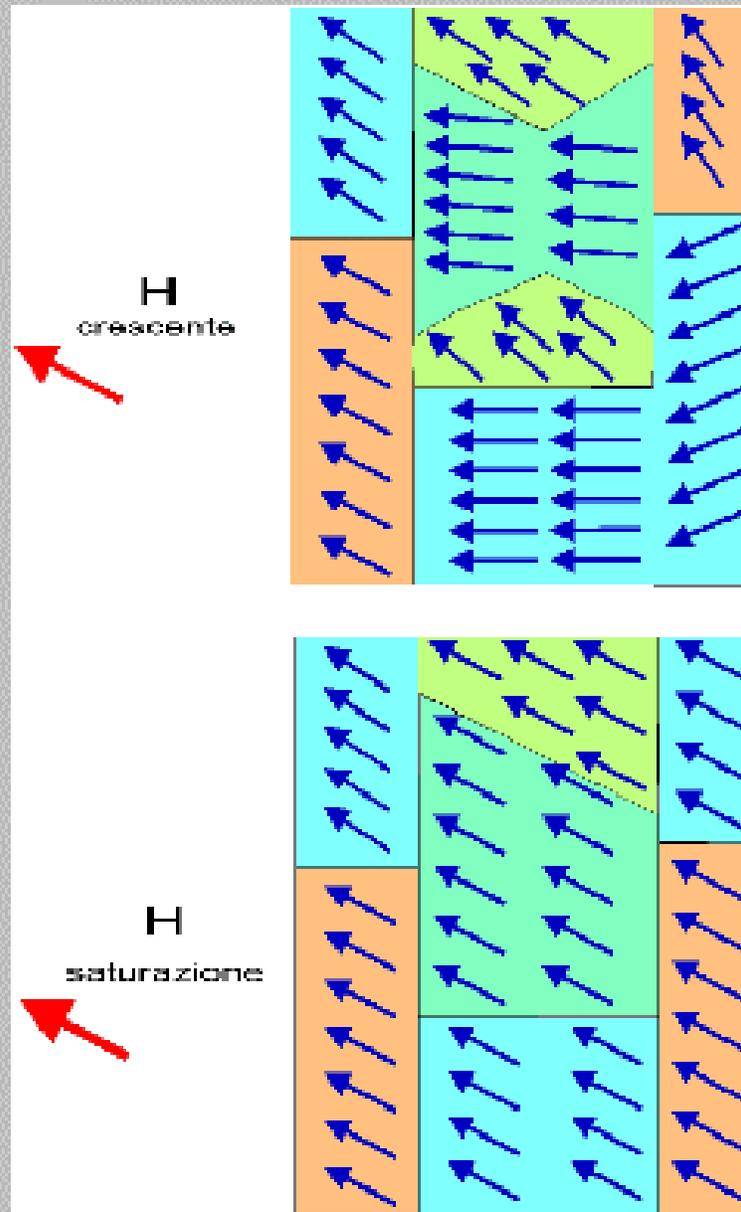
Struttura a domini: regioni a dimensione intermedia, contenenti elettroni con spin allineati)



Allineamento casuale per $H=0$

Parziale allineamento per $H>0$

Caratteristica mesoscopica - 2



Per H sufficientemente elevato, tutti i domini sono allineati - saturazione