



LABORATORIO DIDATTICO DELLA FISICA E DELLA MATEMATICA

Misura del ciclo di isteresi

Introduzione

Quando un materiale ferromagnetico viene posto nel campo magnetico B_0 prodotto da un solenoide percorso da corrente questo si magnetizza a causa di vari fenomeni, il principale dei quali riguarda l'orientamento dei dipoli magnetici elementari associati allo spin degli elettroni. Più esattamente, nei materiali ferromagnetici l'orientamento non riguarda direttamente lo spin dei singoli elettroni, ma piuttosto delle regioni del materiale (domini magnetici di Weiss) in cui gli elettroni sono già orientati. Nel materiale non magnetizzato i domini magnetici sono disposti in modo da annullare quasi completamente il loro effetto complessivo, ma quando applichiamo un campo magnetico esterno i domini cambiano di forma, dimensioni e orientamento in modo tale da manifestare in modo evidente la magnetizzazione del materiale. Oltre un certo valore di B_0 quasi tutti i domini saranno stati uniti e orientati nella direzione del campo esterno e la magnetizzazione raggiunge un valore limite (satura) oltre il quale il campo aumenta quasi solo per via dell'aumento del campo esterno B_0 .

In un elettromagnete il campo magnetico B complessivamente risultante è quindi la somma del campo esterno B_0 dovuto al solo solenoide e del campo dovuto alla magnetizzazione del materiale M , dove il contributo di quest'ultimo è in generale molto maggiore del campo prodotto dal solenoide soltanto.

$$B = B_0 + M = \mu_0 \frac{NI}{l} + M$$

Non abbiamo utilizzato il simbolo di vettore supponendo (è un'approssimazione) che i campi B_0 e M siano paralleli.

Il ciclo di isteresi consiste nella misura del campo B in funzione del campo B_0 e nel grafico di questa funzione. Tale funzione non è univoca in quanto la magnetizzazione dipende, oltre che dal campo B_0 applicato, anche dallo stato di magnetizzazione precedente all'applicazione del campo. Per questo motivo le misure, per avere un senso, devono essere prese senza tornare mai indietro, cioè sempre aumentando (o diminuendo) il campo esterno B_0 fino al valore massimo (minimo).

Istruzioni operative

Materiale a disposizione:

1. Nucleo in ferro, con due bobine per generare il campo B_0 ed espansioni polari regolabili in distanza;
2. Alimentatore triplo in corrente continua;
3. Multimetro per la misura della corrente;
4. Sonda per campo magnetico ad effetto Hall con alimentatore plug-in montata su sostegno;
5. Multimetro per la misura della tensione di Hall;
6. Cavi e sostegni.

Nel connettere le bobine dobbiamo ricordare che la direzione del campo magnetico prodotto da un solenoide è quella di avanzamento di una vite che gira come la corrente nel solenoide. Affinché le due

bobine diano un campo concorde devono quindi essere connesse con polarità opposte, altrimenti i loro campi saranno uguali e opposti e misurerete un campo quasi nullo.

Le bobine devono essere connesse in serie ad una sola sezione dell'alimentatore (se volete raggiungere più alti valori di saturazione dovete connettere le due sezioni in parallelo sulle bobine connesse in parallelo). La sezione dell'alimentatore va regolata in tensione, ovvero mettendo al massimo la corrente e regolando la tensione con l'apposita manopola. È opportuno inserire in serie un multimetro per misurare la corrente con maggior precisione dei misuratori interni al multimetro.

Una volta connesse le bobine si posizioni la sonda Hall fra le espansioni polari, si allentano le viti di blocco superiori e si portano le espansioni polari a contatto con la sonda, quindi si serrano nuovamente le viti di blocco. La sonda va connessa all'alimentatore plug-in e poi si inseriscono i cavi del multimetro nelle bocche rossa e nera rispettivamente. L'alimentatore fornisce una corrente costante alla sonda, di modo tale che

$$B = \frac{V_H}{K_H}$$

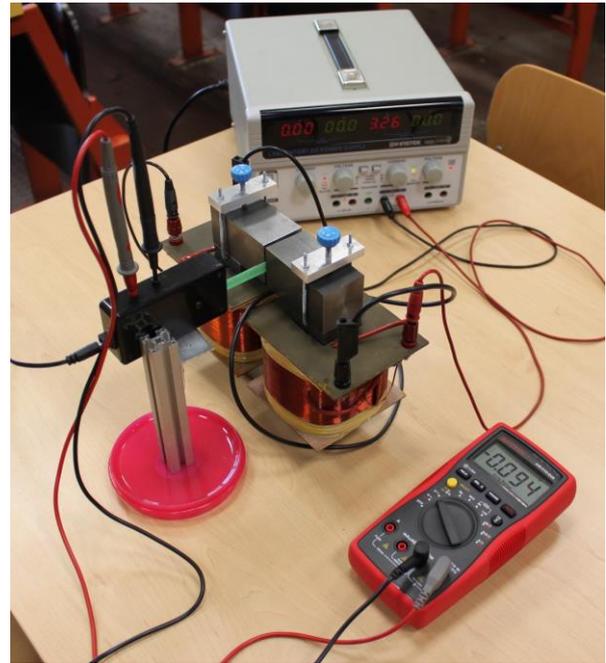
Dove V_H è la tensione di Hall misurata dal multimetro, K_H è una costante uguale a 2,0 Volt/Tesla.

Per eseguire le misure alimentare il circuito, iniziando con piccoli aumenti nei valori di corrente e poi con aumenti maggiori (si consiglia di utilizzare i valori suggeriti nella tabella allegata). Non aggiustare mai il valore della corrente tornando indietro, ma andare sempre nello stesso verso: B_0 deve aumentare come una funzione monotona crescente. (Se volete annullare le misure e iniziare nuovamente daccapo, portate al massimo il valore della corrente e poi a zero, quindi iniziate il nuovo set di misure. La saturazione riporta il materiale in condizioni iniziali "standard" di magnetismo residuo.)

Raggiunto il massimo della corrente sarete in saturazione; eseguite le misure anche diminuendo la corrente a step prima rapidi e piccoli quando siete vicino a zero (B_0 deve diminuire come una funzione monotona decrescente, quindi sempre senza tornare indietro o aggiustare).

Arrivati a zero invertire la polarità dei cavi sull'alimentatore e prendere i valori di corrente e campo negativi come fatto per quelli positivi. Rappresentare i dati in un grafico.

Ripetere tutto il procedimento con l'aggiunta nel circuito magnetico di due magneti ceramici e cercate di darvi una spiegazione della differenza nel ciclo di isteresi.



I(A) suggerito	I(A) reale	V Hall (V)	Campo B_0 (T)	Campo B(T)
0				
0,1				
0,2				
0,4				
0,6				
1,0				
1,5				
2,0				
2,5				
3,0				
2,5				
2,0				
1,5				
1,0				
0,6				
0,4				
0,2				
0,1				
0				
-0,1				
-0,2				
-0,4				
-0,6				
-1,0				
-1,5				
-2,0				
-2,5				
-3,0				
-2,5				
-2,0				
-1,5				
-1,0				
-0,6				
-0,4				
-0,2				
-0,1				
0				

