

## APPROFONDIMENTO **Momenti meccanici e momenti magnetici**

### MOMENTO SU UN MAGNETE RETTILINEO

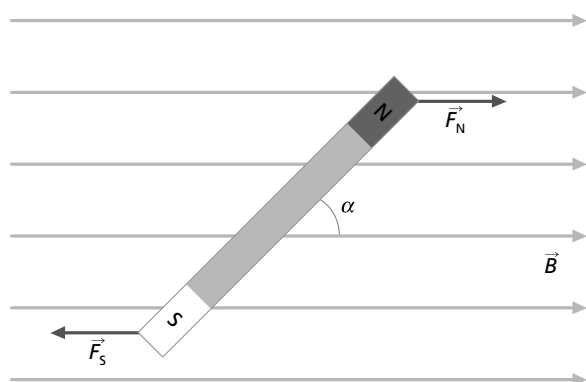
Consideriamo un campo magnetico uniforme  $\vec{B}$  orizzontale e un magnete rettilineo. L'asse orientato sud-nord del magnete forma un angolo  $\alpha$  con la direzione del campo (figura 1). Il campo esercita due forze uguali e opposte sul magnete: la forza  $\vec{F}_N$  sul polo nord e la forza  $\vec{F}_S$  sul polo sud. Il magnete risulta sottoposto a un momento meccanico  $\vec{M}$ . Sperimentalmente si verifica che il momento  $\vec{M}$  è direttamente proporzionale alla componente perpendicolare del vettore  $\vec{B}$ :

$$M = mB \sin(\alpha),$$

dove  $m$  è una costante di proporzionalità caratteristica del magnete.

Il magnete, sottoposto al momento meccanico, tende a ruotare portando il suo asse ad allinearsi con la direzione del vettore  $\vec{B}$ , con il verso sud-nord del magnete coincidente con il verso di  $\vec{B}$ . In tale posizione il momento meccanico applicato sul magnete è nullo.

Il discorso è identico, se al posto del magnete rettilineo mettiamo un ago magnetico: sui poli si esercita una coppia di forze e quindi un momento meccanico che lo fa ruotare.



**Figura 1.** Dentro al campo  $\vec{B}$ , il magnete rettilineo è sottoposto a una coppia di forze. Il momento meccanico di questa coppia fa ruotare il magnete, finché il suo asse è parallelo al vettore  $\vec{B}$ .

### MOMENTO MAGNETICO DI UNA SPIRA PERCORSA DA CORRENTE

Consideriamo una spira rettangolare di lati  $a$  e  $b$ , percorsa da corrente e immersa in un campo magnetico uniforme (figura 2). Il campo esercita due forze uguali e opposte sui lati della spira perpendicolari al campo. Tali forze costituiscono una coppia che fa ruotare la spira, finché questa assume una posizione di equilibrio. Il momento meccanico della coppia è dato dal prodotto:

$$M = iAB \sin(\alpha),$$

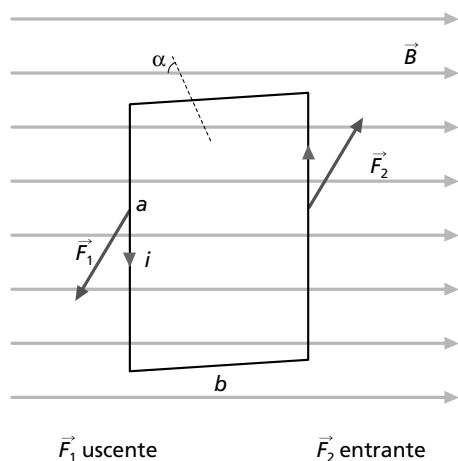
dove  $A$  è il prodotto di  $a$  per  $b$ ,  $\alpha$  è l'angolo tra il vettore  $\vec{B}$  e la normale alla superficie; perciò il prodotto  $B \sin(\alpha)$  è la componente del vettore  $\vec{B}$  perpendicolare alla superficie.

Il prodotto  $iA$  viene chiamato **momento magnetico** della spira:

$$m = iA.$$

Il momento magnetico è un vettore così definito:

- la sua intensità è data dal prodotto fra la corrente e l'area della spira;
- la direzione è perpendicolare al piano della spira;
- il verso è individuato dal pollice della mano destra quando le dita si avvolgono nel verso della corrente.



**Figura 2.** La spira rettangolare percorsa da corrente e immersa in un campo magnetico è sottoposta all'azione di due forze:  $\vec{F}_1$  uscente dal piano del foglio,  $\vec{F}_2$  entrante. Le due forze costituiscono una coppia di forze che fa ruotare la spira, in questo caso in verso antiorario.

Ad esempio, se la spira della figura, di lati  $a = 8 \text{ cm}$  e  $b = 5 \text{ cm}$ , è percorsa da una corrente di intensità  $i = 2 \text{ A}$  in verso antiorario, il momento magnetico è:

$$m = iA = (2 \text{ A}) \times (8 \text{ cm}) \times (5 \text{ cm}) = 80 \times 10^{-4} \text{ Am}^2.$$

Se si trova dentro un campo uniforme di valore  $B = 0,6 \text{ T}$  e  $\alpha = 30^\circ$ , il momento meccanico è:

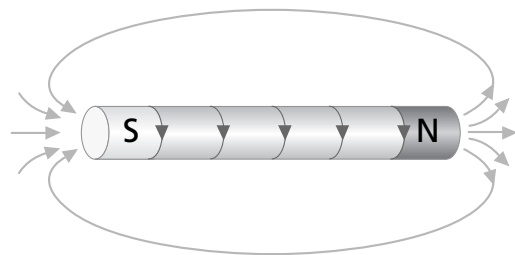
$$M = mB \sin(30^\circ) = (80 \times 10^{-4} \text{ Am}^2) \times (0,6 \text{ T}) \times (0,5) = 24 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}.$$

### ANALOGIA FRA SPIRA E MAGNETE RETTILINEO

Una spira percorsa da corrente e un magnete rettilineo, immersi in un campo magnetico uniforme, hanno un comportamento analogo: entrambi tendono a ruotare, finché assumono una posizione di equilibrio stabile. In tale posizione il momento meccanico è nullo, l'asse del magnete e quello della spira coincidono con la direzione di  $\vec{B}$ .

Partendo da questa analogia, Ampère formulò l'ipotesi, poi verificatasi corretta, che un magnete rettilineo sia formato da tante spire elementari percorse da correnti microscopiche (figura 3).

Secondo l'ipotesi di Ampère, un magnete è analogo a un solenoide percorso da corrente elettrica; quindi, in ultima analisi, tutti i campi magnetici sono prodotti da correnti elettriche.



**Figura 3.** Un magnete può essere considerato formato da tante spire elementari percorse da correnti microscopiche.

Le proprietà della materia sono interpretabili solo a livello atomico-molecolare e richiedono l'utilizzo della meccanica quantistica. Talora il magnetismo può essere associato a correnti microscopiche, confermando l'ipotesi di Ampère, ma in molti casi esso è spiegabile solo in termini di momento magnetico intrinseco degli elettroni.