

Lezione 40: La direzione del campo magnetico

40.1. I magneti

In questa lezione parleremo di magneti, partendo dal presupposto che ciascuno di voi sappia, a grandi linee, come è fatto un magnete e come si comporta. Vi sarà capitato, per esempio, di giocare con i pezzi di Geomag (► fig.40.1):

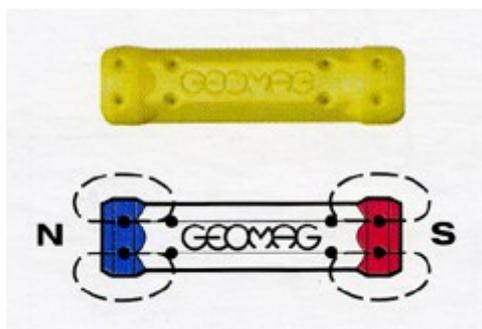


fig.40.1 un magnete del gioco Geomag e una sua rappresentazione schematica

Si tratta di cilindretti le cui estremità, evidenziate nello schema con colori diversi, vengono denominate polo nord (in blu nello schema) e polo sud (in rosso). Se avviciniamo tra di loro due pezzi, il comportamento che si osserva è molto interessante: se accostiamo due poli con lo stesso nome, allora i magneti si respingono; se viceversa avviciniamo poli di nome opposto, allora i magneti si attraggono.

La forza che ciascuno di essi avverte è dovuta al fatto che ciascuno di essi è immerso nel campo magnetico creato dall'altro. E' un fatto che abbiamo già incontrato più volte in queste lezioni:

- due masse si attraggono con una forza reciproca, perché ciascuna è immersa nel campo gravitazionale generato dall'altra,
- due cariche elettriche interagiscono tra loro (l'interazione può essere attrattiva o repulsiva a seconda dei segni) perché ciascuna è immersa nel campo elettrico generato dall'altra,
- due magneti interagiscono tra loro perché ciascuno è immerso nel campo magnetico generato dall'altro.

Abbiamo volutamente cominciato questa lezione con un gioco, perché per lungo tempo i fenomeni magnetici sono stati poco più che una curiosità priva di interesse, sia teorico sia pratico. L'esistenza di magneti naturali è nota in occidente fin dal sesto secolo avanti Cristo. Il nome deriva dalla regione greca di Magnesia, nella quale si potevano trovare pezzi di minerale ferroso che presentavano le proprietà appena descritte. Fu solo molti secoli più tardi che si comprese come utilizzare queste strane proprietà con lo scopo di orientarsi, soprattutto nella navigazione: prima in Cina (intorno al 9° secolo d.C.), più tardi in Europa (intorno al 13°), si diffuse infatti l'uso della bussola. Si tratta di un piccolo ago magnetizzato, libero di ruotare in modo tale da indicare la

direzione del nord geografico. William Gilbert, nel suo trattato *De Magnete* pubblicato nel 1600, trasse la conclusione per lui ormai evidente: la terra stessa si comporta come un grande magnete, il cui campo magnetico provoca l'azione sul piccolo magnete che costituisce l'ago della bussola.

Cominciamo con il descrivere la direzione del campo magnetico generato da un magnete. Il modo è semplice, almeno in linea di principio: si usa un piccolo magnete libero di orientarsi nello spazio (per esempio l'ago di una bussola), e lo si dispone in vari punti dello spazio intorno al magnete. La direzione del vettore campo magnetico è quella verso cui punta l'estremità nord dell'ago. Possiamo quindi tracciare le linee di campo, in modo che la direzione dell'ago risulti in ogni punto tangente alla linea che vi passa (► fig.40.2):

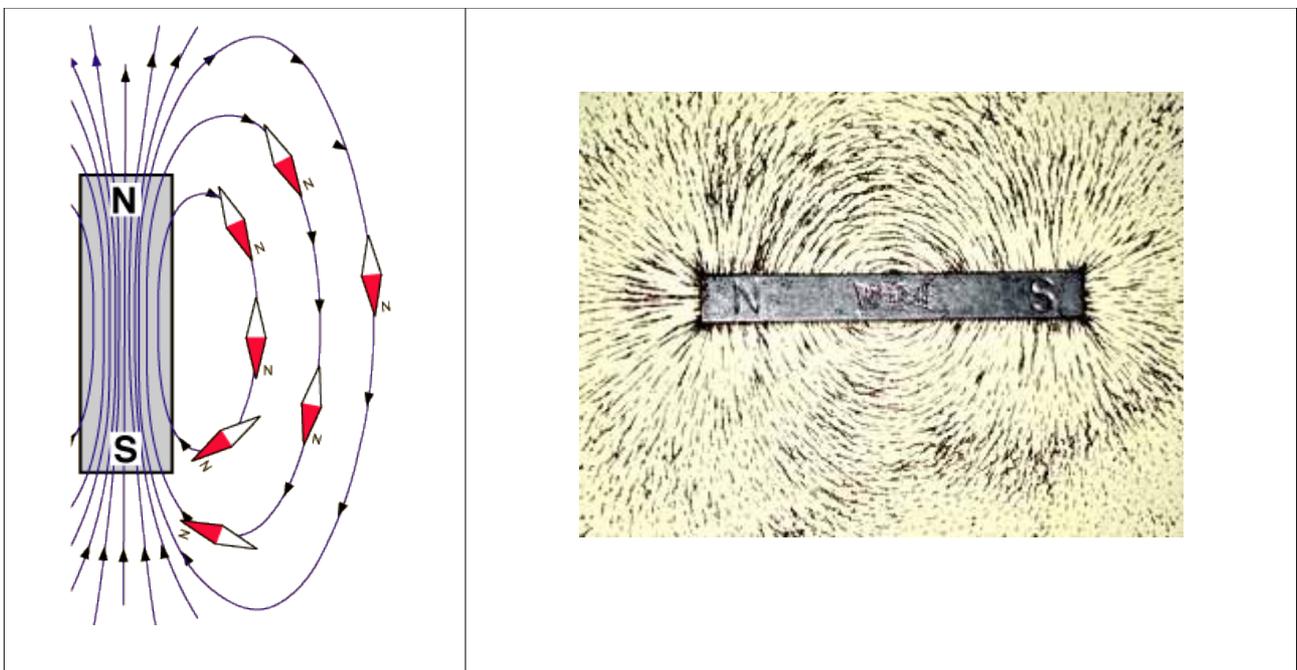


fig.40.2 come determinare le linee di campo con un ago magnetico e come visualizzarle con limatura di ferro

La stessa figura mostra come visualizzare l'andamento delle linee di campo usando limatura di ferro: le piccole scaglie di ferro si magnetizzano a causa del campo in cui sono immerse, quindi si comportano come piccoli aghi magnetici che si orientano a causa del campo stesso.

Il campo magnetico prodotto da un magnete ha quindi un aspetto simile a quello del campo elettrico prodotto da un dipolo elettrico che abbiamo visto nella lezione 36. La cosa non è strana: in entrambi i casi siamo in presenza di un dipolo: allora era costituito da due cariche elettriche opposte, situate a una certa distanza, ora si tratta di due poli magnetici di nome diverso. C'è però una differenza sostanziale. Nel caso elettrico i due poli possono essere separati allontanandoli quanto si vuole, al limite portandoli a una distanza infinita: otteniamo allora due distinti campi di carica

singola, separati nello spazio. Nel caso magnetico ciò non è possibile! Se ad esempio proviamo a spezzare a metà un ago magnetico, non otteniamo la separazione dei due poli, ma solo due aghi magnetici più piccoli, ciascuno dei quali genera quindi un campo dipolare.

40.2. Correnti e campi magnetici

Un passo avanti decisivo nella comprensione dei fenomeni magnetici si ebbe nel 1820, quando il fisico danese Hans Christian Oersted scoprì che un filo percorso da corrente genera un campo magnetico nello spazio intorno a sé. Osservò infatti che un ago magnetico, posto vicino ad un filo nel quale passa una corrente elettrica molto intensa, non segue più la direzione del campo magnetico terrestre, bensì la direzione del campo elettrico generato dal filo. La forma del campo magnetico può essere ricostruita ponendo aghi magnetici nei punti dello spazio intorno al filo, o più semplicemente usando limatura di ferro (► fig.40.3).

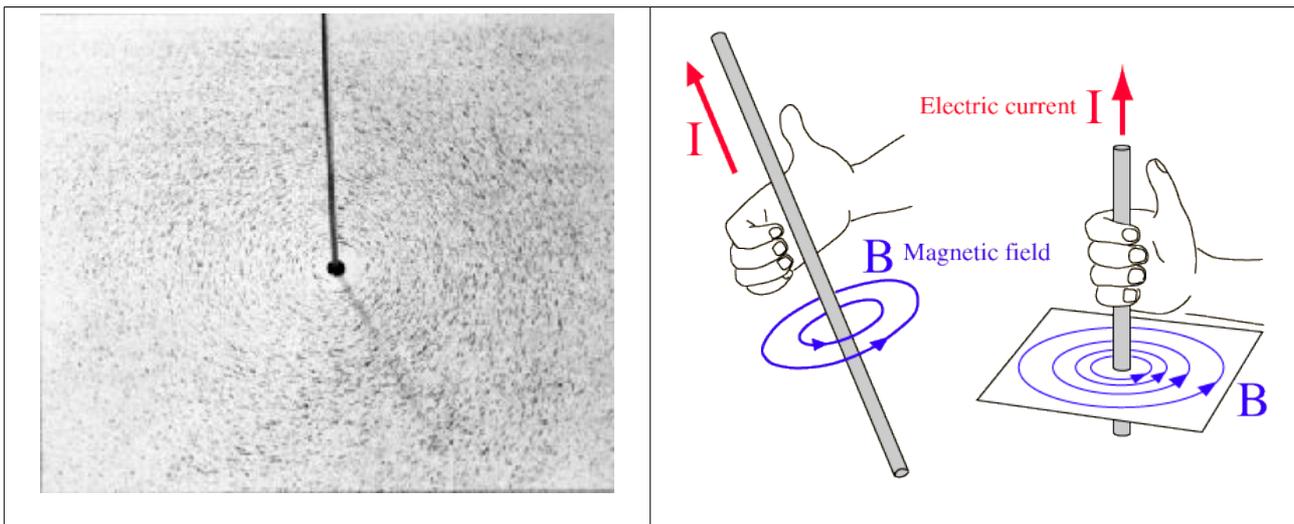


fig.40.3 il campo magnetico di un filo: come visualizzarlo con limatura di ferro, come descriverlo con la regola della mano destra

La limatura mostra che le linee di campo sono circonferenze poste in un piano perpendicolare al filo: il loro centro è il punto in cui il filo taglia il piano. La seconda parte della figura mostra come si stabilisce la direzione delle linee usando la regola della mano destra: se il pollice segue la direzione della corrente, le altre dita ruotano nella direzione della linea.

Osservando attentamente la prima parte della figura si nota che la limatura di ferro si orienta sempre meno quanto più è lontana dal filo: ciò significa che il campo magnetico diventa sempre più debole con il crescere della distanza dalla sua sorgente. La seconda parte della figura mostra come si rappresenta questo fatto disegnando le linee di campo: esse diventano sempre più rarefatte con il crescere della loro distanza

dalla sorgente. Maggiore la distanza tra due linee di campo successive, minore è l'intensità del campo magnetico che esse rappresentano.

Le linee di campo magnetico prodotte dal filo mostrano una proprietà nuova e sorprendente: sono linee chiuse! Posso seguire una linea a partire da un certo punto: prima o poi ritorno al punto di partenza. Non c'è inizio e non c'è fine. Sappiamo che le linee di campo elettrico sono fatte in modo differente: hanno origine nelle cariche positive, e terminano in quelle negative. Le linee di campo gravitazionale, a loro volta, si dirigono verso il centro della massa che le origina.

Se riguardiamo la figura 40.2, prima parte, ci accorgiamo che in effetti l'autore ha disegnato linee di campo che si chiudono all'interno del magnete. Ma come possiamo esplorare lo spazio *interno* al magnete con bussole o limatura di ferro? Chi ci assicura che le linee si chiudano per davvero?

40.3. Il campo di un solenoide

Il termine "solenoido" deriva dal greco σωλήν, che significa tubo, e indica qualcosa che ha l'aspetto di un tubo: in particolare un lungo filo conduttore, avvolto in modo da formare un'elica con le spire il più possibile vicine tra di loro. La prossima figura (► fig.40.4) mostra solenoidi le cui spire, in realtà, sono piuttosto distanti l'una dall'altra: lo si è fatto apposta, proprio per mostrare che cosa succede dentro al solenoide.

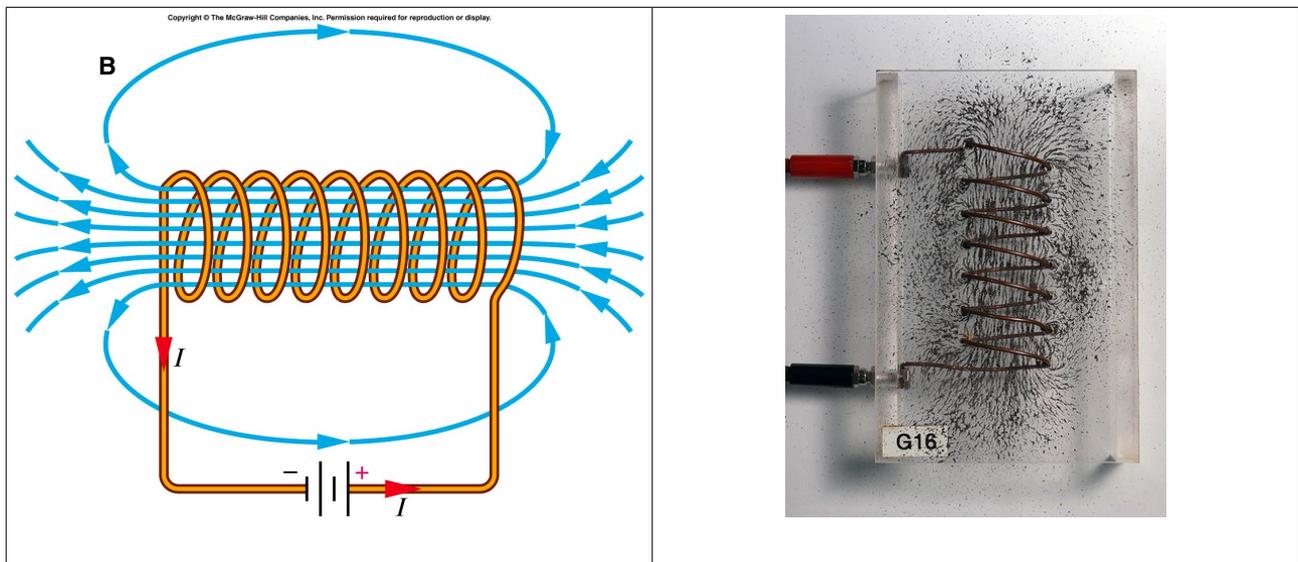


fig.40.4 il campo magnetico di un solenoide

Dentro al tubo scorrono linee di campo magnetico! Il campo, fuori dal solenoide, è identico a quello generato da un magnete. Dentro al solenoide il campo magnetico è uniforme, così come il campo elettrico che si trova tra le armature di un condensatore piano. Le linee di campo, come sospettavamo, sono chiuse. Nella prima parte della figura vediamo all'opera una variante della regola della mano destra: avvolgi le dita

intorno al solenoide, nel senso della corrente, e il pollice punterà nella direzione del campo magnetico.

40.4. Un filo immerso in un campo magnetico

Se un filo percorso da corrente genera un campo magnetico, allora possiamo usare un filo percorso da corrente per esplorare un campo magnetico, perché un filo percorso da corrente subisce una forza quando viene esposto ad un campo magnetico. C'è però un problema legato alla direzione: la forza è nulla quando il filo ha la stessa direzione del campo, ed è massima quando il filo ha direzione perpendicolare al campo.

La prossima figura mostra come è diretta la forza quando il filo è perpendicolare al campo (► fig.40.5)

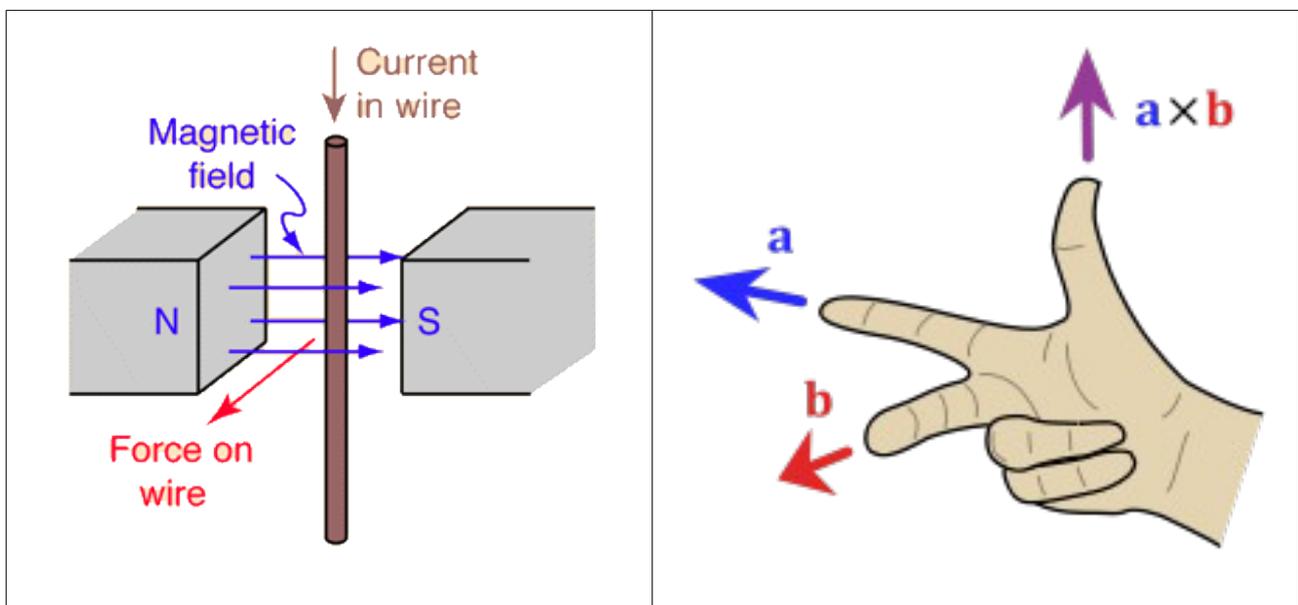


fig.40.5 forza che agisce su un filo percorso da corrente, immerso in un campo magnetico

La seconda parte della figura mostra come utilizzare la mano destra per ricavare la direzione della forza: se si orientano l'indice come la corrente e il medio come il campo magnetico, allora il pollice fornisce la direzione della forza. Si tratta di un oggetto matematico di cruciale importanza: si chiama prodotto vettore, ed è descritto in dettaglio nella scheda "Vettori tridimensionali" del parallelo corso di matematica. Se orientiamo l'indice come un generico vettore a , il medio come un generico vettore b , allora il pollice indica la direzione del loro prodotto vettore, che si indica con $a \times b$.