

## **Lezione\_12\_fis**

### **6. Campo magnetico e forza magnetica**

#### **6.1. Interazione magnetica e campo magnetico**

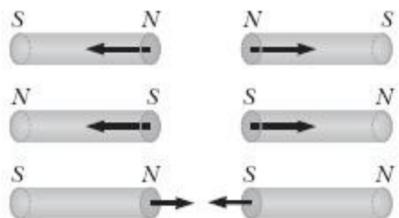
Il magnetismo è un fenomeno noto sin dall'antichità: la proprietà di attirare la limatura di ferro di alcuni minerali come la magnetite era nota ai greci almeno dal VVI secolo a.C.

Il nome di tale campo di forza deriva dalla città Magnesia al Meandro nei pressi dell'odierna città di Germencik in Turchia, dove ci sono giacimenti di magnetite.

Fino all'inizio del XIX secolo, il campo magnetico era considerato indipendente dal campo elettrico. Nel XVI secolo il fisico britannico William Gilbert condusse degli esperimenti, grazie ai quali notò *cinque proprietà*:

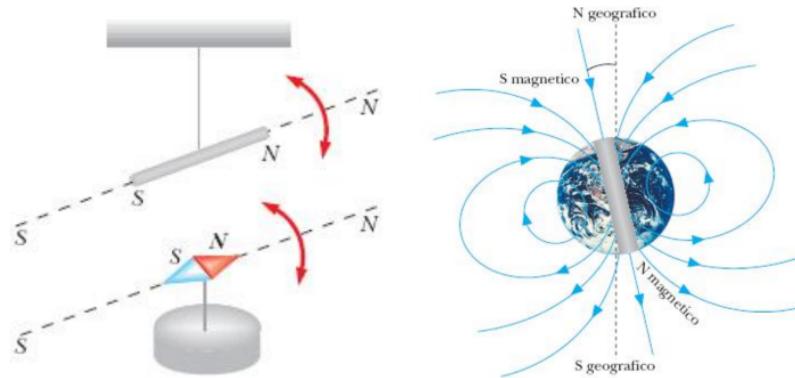
1. Un magnete genera un campo, chiamato *campo magnetico*, e un altro magnete risente dell'azione che il campo esercita nella posizione da esso occupata. In particolare si nota che la forza di interazione tra i due magneti è *attrattiva o repulsiva* a seconda dei poli magnetici che vengono affacciati, detti *poli positivi* e *poli negativi*.

Si nota inoltre che i poli di uno stesso magnete sono *sempre opposti*.

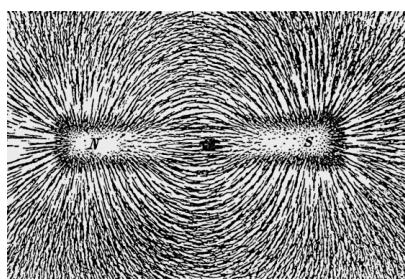


2. Se si avvicina a un pezzo di magnetite una bacchetta sottile di ferro, questa a sua volta *acquista la proprietà* di attirare la limatura di ferro. Essa viene chiamata *magnete artificiale* o *calamita* e presenta due poli magnetici di segno opposto.
3. Se suspendiamo ad un filo l'ago magnetico sopra definito e lo lasciamo libero di ruotare, osserviamo che esso tende a disporsi

approssimativamente parallelo al meridiano terrestre.



4. Coulomb svolse uno studio quantitativo sulla *forza magnetica* tra i poli di due magneti, dimostrando un andamento inversamente proporzionale al quadrato della distanza, almeno per i poli puntiformi (gli estremi di sbarre lunghe e sottili ne sono una buona approssimazione).
5. I granelli di limatura si dispongono in modo ordinato lungo linee regolari, fatto che interpretiamo supponendo che ciascun granello venga magnetizzato dal campo magnetico del magnete e, diventato un dipolo magnetico, si orienti parallelamente al campo magnetico stesso.

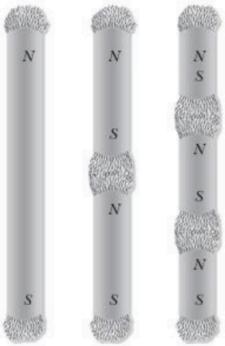


### 6.1.1. La calamita spezzata

Se si taglia a metà una calamita compaiono sempre due poli di segno opposto nella zona del taglio, che precedentemente non mostrava la proprietà di attirare la limatura di ferro.

Ripetendo il taglio su pezzi sempre più piccoli, si ottiene ogni volta lo stesso risultato, *senza* riuscire ad ottenere un polo magnetico isolato (*monopolio magnetico*). Infatti i poli magnetici sembrano esistere sempre a coppie di egual valore e segno opposto, cioè sotto forma di *dipoli magnetici*. Non è mai stato possibile

ottenere un monopolo magnetico.



### ♀ Approfondimento

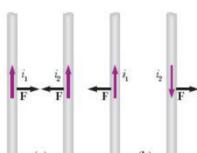
L'esistenza del **monopolo magnetico elementare** (e della sua antiparticella) non sarebbe in contrasto con le teorie quantistiche che descrivono il comportamento elementare della materia. Una possibile spiegazione della loro attuale assenza è la seguente: nel **big-bang** da cui ha avuto origine l'universo sono stati prodotti, insieme alle altre particelle, anche **monopoli e antimonopoli**; la maggior parte di questi, a seguito di processi di annichilazione particella-antiparticella è scomparsa in un tempo brevissimo liberando energia, ma alcuni però potrebbero essere sopravvissuti e sarebbero sparsi nell'universo, analogamente a quanto succede per i **neutrini** e per la cosiddetta **radiazione cosmica di fondo**, altri **fossili** dei processi avvenuti negli istanti immediatamente successivi al big-bang.

Poiché l'interazione di questi ipotetici monopoli con la materia dovrebbe dar luogo a un rilascio di energia notevole (su scala microscopica) sono stati costruiti esperimenti per segnalare l'eventuale passaggio di monopoli; uno di questi è installato da vari anni nel laboratorio sotterraneo del Gran Sasso, dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Caratteristica di tali laboratori è la schermatura, dovuta a chilometri di roccia, di buonaparte della radiazione cosmica, con il che è facilitata la rivelazione di fenomeni rari dovuti a particelle extraterrestri penetranti. Nessun monopolo magnetico è stato finora rivelato, anche se si sono ottenuti limiti sui flussi di tali particelle: anche tali risultati negativi sono importanti, in quanto permettono di selezionare tra teorie concorrenti.

## 6.2. Elettricità e magnetismo

Nel XIX secolo sono stati effettuati diversi esperimenti da diversi fisici come Hans Christian Ørsted e André-Marie Ampère.

Oersted mostrò che un ago magnetico, posto in prossimità di un filo percorso da corrente, tende ad assumere una ben definita posizione di equilibrio. Se poniamo in un piano perpendicolare al filo percorso da corrente della limatura di ferro, osserviamo che i grani si addensano lungo circonferenze con centro il filo.



P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci

Elementi di fisica Elettromagnetismo e Onde ed.III

EdiSES Università



P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci

Elementi di fisica Elettromagnetismo e Onde ed.III

In seguito Ampère dimostrò che anche due fili percorsi da corrente interagiscono e intuì che le azioni magnetiche non sono altro che la manifestazione dell'*interazione tra cariche elettriche in movimento*, ponendo le basi della teoria attuale del magnetismo.

Negli anni successivi al 1820 Faraday dimostrò l'esistenza di una ulteriore connessione tra elettricità e magnetismo, provando che campi magnetici variabili nel tempo producono campi elettrici (non conservativi).

Infine Maxwell, a cui è dovuta la sistemazione formale dell'elettromagnetismo classico, predisse il risultato simmetrico, cioè che campi elettrici variabili nel tempo danno origine a campi magnetici. Egli dimostrò pertanto che nel caso più generale un *campo elettrico e un campo magnetico non possono avere esistenza indipendente e vanno unificati nell'unico concetto di campo elettromagnetico*. Con lo sviluppo della teoria della relatività ristretta la nozione di campo elettromagnetico acquistò un ulteriore aspetto, nel senso che campo elettrico e campo magnetico hanno significato relativo: un'interazione magnetica in un sistema di riferimento inerziale può apparire elettrica in un altro sistema di riferimento inerziale e viceversa.

## 6.3. Forza magnetica su una carica in moto

Dai paragrafi precedenti possiamo concludere che sistema di cariche in moto genera, in una certa regione, un campo magnetico, che

indichiamo con il simbolo  $\vec{B}$ , e che l'altro sistema di cariche in moto risente di una forza in quanto immerso in  $\vec{B}$ .

Consideriamo ora una particella di massa  $m$  e carica  $q$ , posta in un campo magnetico  $\vec{B}$ . Se la particella è "ferma", su di essa non agisce alcuna forza. Se invece la particella è in moto con velocità  $\vec{v}$ , si verifica che su di essa agisce la *forza di Lorentz*

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

il cui modulo vale  $F = qvB \sin \theta$ , con  $\theta$  l'angolo tra  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ . Allora avrà valore massimo quando  $\vec{v}$  è ortogonale a  $\vec{B}$ , mentre sarà nulla se saranno parallele.