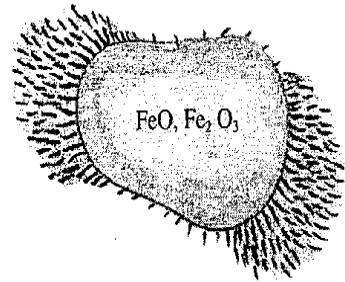


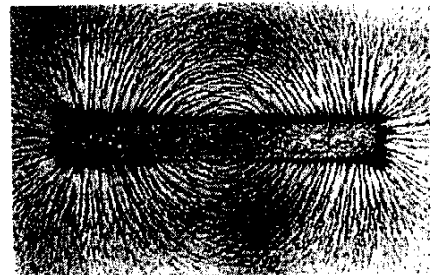
Fenomeni magnetici

VII secolo: magnetite ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)
attira limatura di ferro:

- ✓ proprietà **non uniforme** nel materiale;
- ✓ si manifesta in determinate parti.



campioni cilindrici (**magneti**)
nei quali tale proprietà
si manifesta ai **poli**.



XVI secolo: W. Gilbert

- ✓ indagine sistematica dei fenomeni magnetici;
- ✓ differenze elettrostatica e magnetismo.

Osservazioni Sperimentali



Nuova Forza (magnetica)

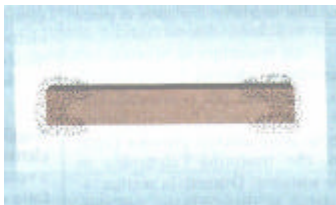
- ✓ forza **gravitazionale** e' attrattiva ed agisce su ogni **massa**
- ✓ forza **elettrica** e' attrattiva o repulsiva ed agisce sulle **cariche**

forza **magnetica** agisce su

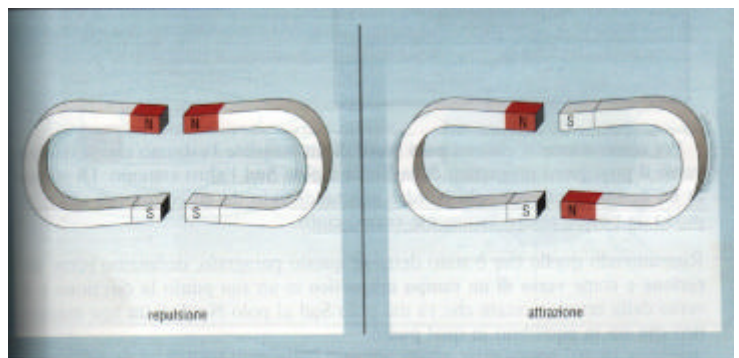
- ✓ magneti
- ✓ correnti
- ✓ cariche in moto

★ sia attrattiva che repulsiva

★ attrattiva

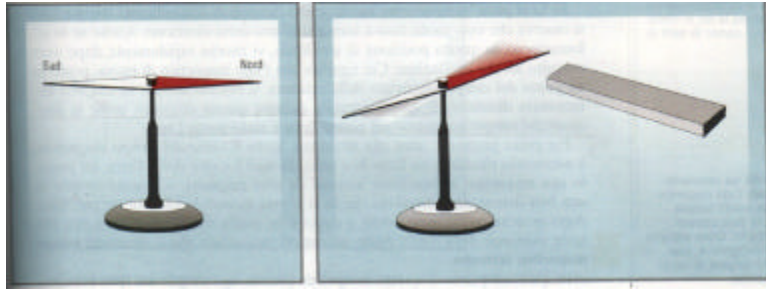


un metallo (**magnetite**)
attira limatura di ferro,
acciaio e di altri metalli



gli estremi di due pezzi di
magnetite si attraggono o
si respingono

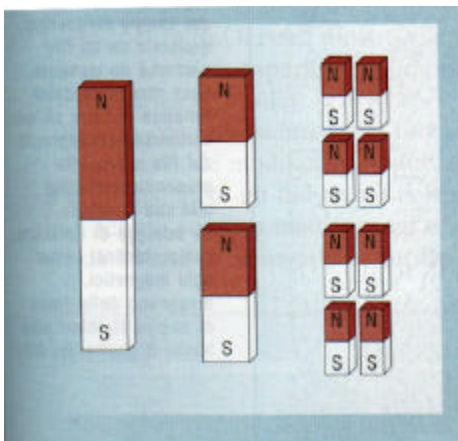
★ può indurre un **momento di rotazione**



elemento di magnetite fa **cambiare orientamento** a sottile lamina di magnetite in equilibrio su una punta o sospesa con un filo

esistenza di un **campo magnetico naturale**

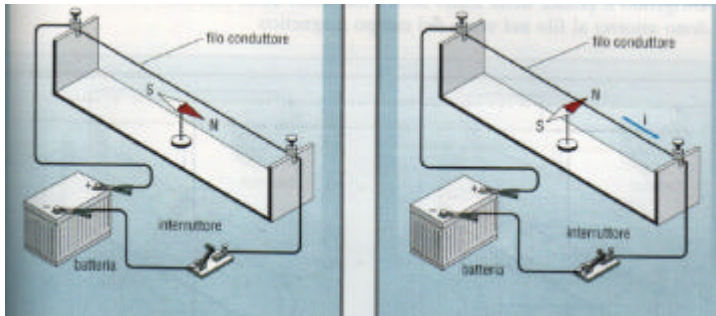
★ non è possibile ottenere un polo magnetico isolato (**monopolo**)



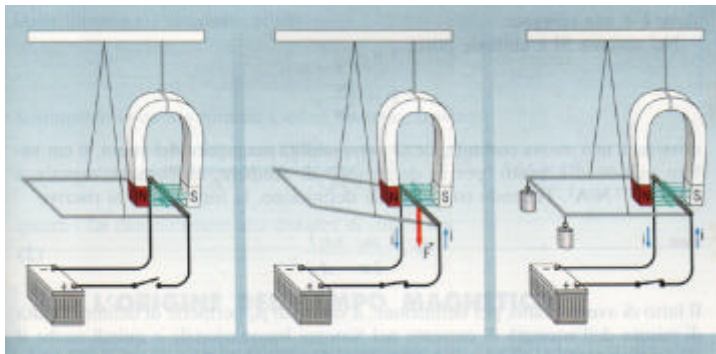
tagliando a metà una calamita compaiono sempre due poli

elementi costitutivi dei magneti sono i **dipoli magnetici**

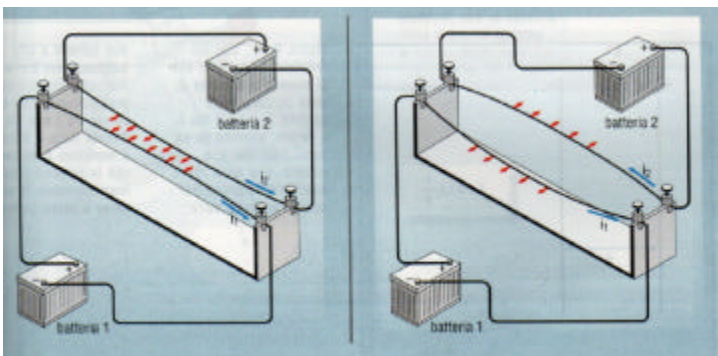
1800 Oersted-Ampere: legame fra fenomeni elettrici e magnetici



filo percorso da corrente fa cambiare orientamento ad ago magnetico



magnete fa cambiare orientamento ad un circuito percorso di corrente



fili percorsi da corrente si attraggono o respingono a seconda della direzione della corrente

le **azioni magnetiche** sono la manifestazione di interazioni tra **cariche elettriche in movimento**

Il Campo Magnetico

un sistema di **cariche in moto** genera
un **campo magnetico B**

definisco

direzione e **verso**

del campo B utilizzando
come **sonda** un **ago
magnetico**

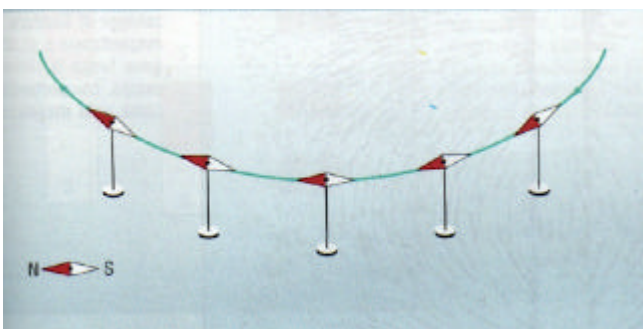
(in elettrostatica: carica q)



disegno le

linee del campo

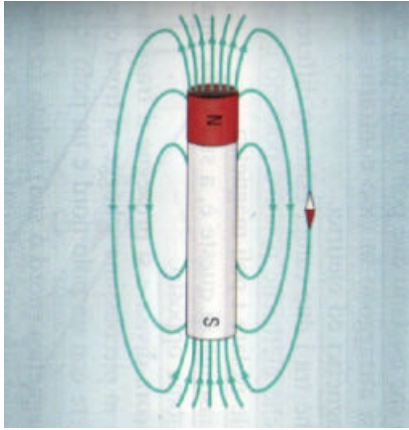
magnetico ponendo la
sonda in “tutti” i punti
dello spazio attorno alla
sorgente di campo



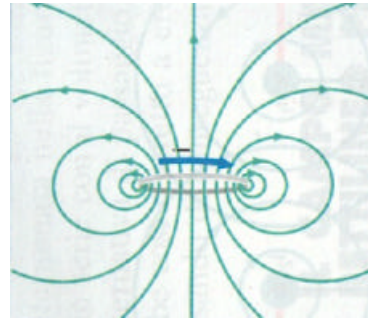
con l'ago magnetico trovo direzione e verso del
campo vettoriale, ma **non** il modulo

Campi Magnetici

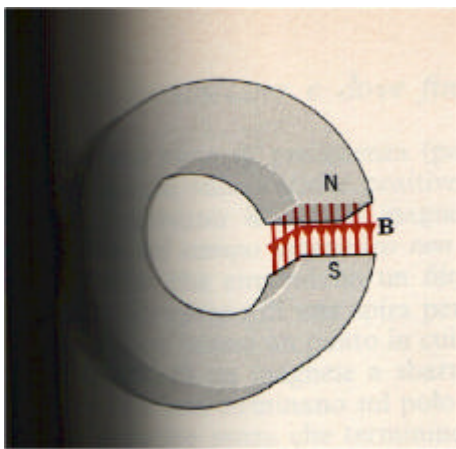
ricostruiti con un ago magnetico



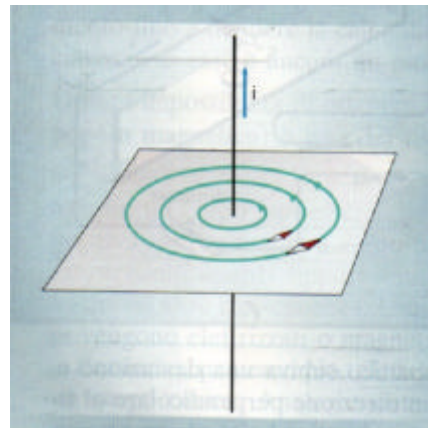
magnete permanente



circuito
percorso da corrente

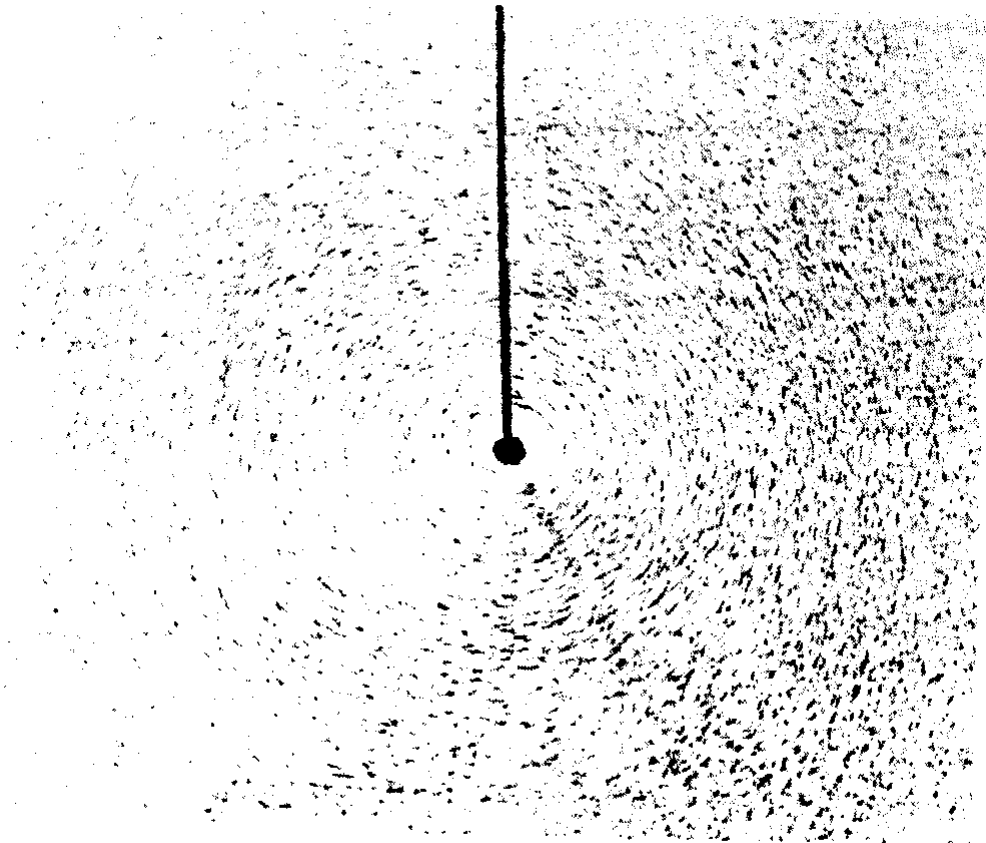


magnete permanente
curvato ad U



filo rettilineo
percorso da corrente

Principio di sovrapposizione:
il campo B è dato dalla **somma dei campi**
prodotti dalle singole sorgenti.



Limatura sparsa sopra un foglio di carta attraversato da un cavo percorso da corrente.

La distribuzione della limatura suggerisce la forma delle **linee di campo** magnetico.

Origine del campo magnetico

oggetti estremamente diversi come

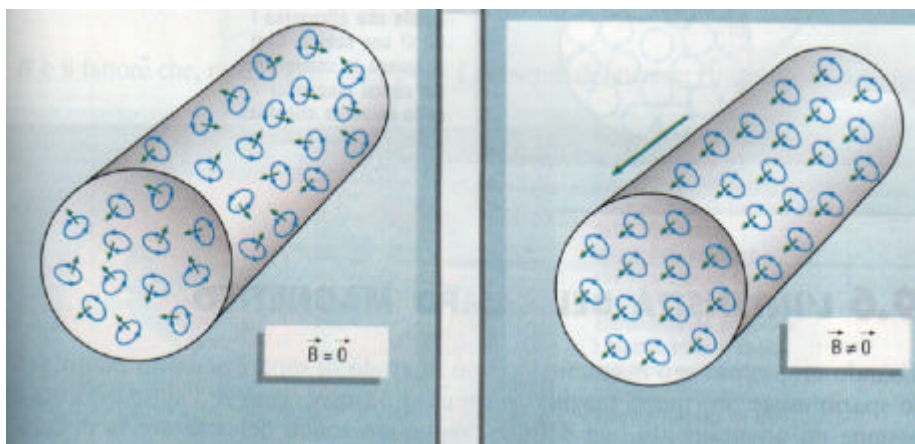
- ✓ la magnetite
- ✓ certi metalli
- ✓ fili percorsi da corrente

sono tutti **soggetti** alla forza magnetica

- ★ filo percorso da corrente $\rightarrow$ Cariche elettriche in movimento
- ★ materia $\rightarrow$ sistema costituita da cariche in moto

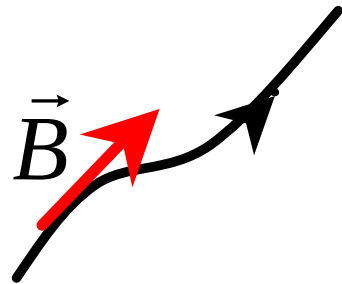
campo magnetico $\rightarrow$ generato da cariche in moto
cariche in moto $\rightarrow$ soggette a forze magnetiche

magnete permanente: Σ (correnti atomiche) $\neq 0$
viene generato un campo magnetico



Teorema di Gauss per B

Linee di campo: curve che hanno in ogni punto per tangente la direzione del campo



in natura **non** esistono cariche magnetiche **isolate**



non esistono **sorgenti** di campo magnetico
(punti ove le linee di B irradiano o convergono)

il flusso di B attraverso
una **superficie chiusa** e`
nullo sempre

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot \vec{\Delta\Sigma} = 0$$

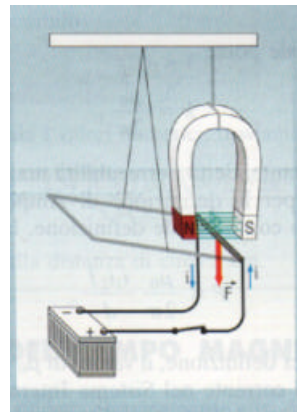
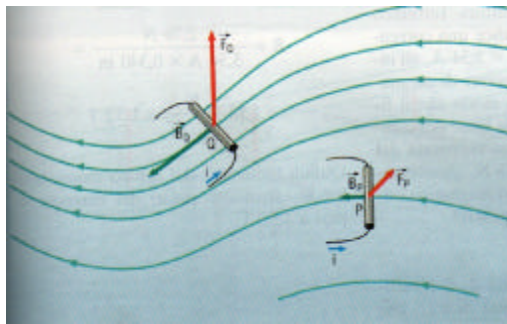
In **elettrostatica**:

$$\Phi = \int_S \vec{E} \cdot \vec{\Delta\Sigma} = \frac{q}{e_0}$$

Intensità del campo magnetico

strumento di misura: **magnetometro**

filo percorso da corrente in presenza di campo magnetico B **subisce una forza**



collego il filo percorso da corrente ad un **dinamometro** (molla tarata):

allungamento/compressione
della molla misura la
forza magnetica

$$\vec{F} = i \vec{\ell} \times \vec{B}$$

$$F = i \ell B_{\perp}$$



Unità di misura

$$\vec{F} = i \vec{\ell} \times \vec{B}$$

$$\begin{aligned}[B] &= \frac{[F]}{[qt^{-1}][\ell]} = \frac{[m\ell t^{-2}]}{[qt^{-1}][\ell]} \\ &= \frac{\text{Newton} \cdot \text{sec}}{\text{Coulomb} \cdot m} = \text{Tesla}\end{aligned}$$

$$1 \text{ Tesla} = 1 \text{ Weber/m}^2$$

$$1 \text{ Gauss} = 10^{-4} \text{ Tesla}$$

Campi Magnetici in Natura

- ✓ Sulla superficie di un nucleo 10^{12} T
- ✓ Sulla superficie di una Pulsar 10^8 T
- ✓ In un Laboratorio Scientifico (per tempi brevi) 10^3 T
- ✓ In un Laboratorio Scientifico (costante) 30 T
- ✓ In una macchia solare 2 T
- ✓ In prossimità di un magnete $2 \cdot 10^{-2}$ T
- ✓ In prossimità dell'impianto elettrico di casa 10^{-4} T
- ✓ Sulla Terra 10^{-5} T
- ✓ Nello spazio intergalattico 10^{-10} T
- ✓ In una camera antimagnetica schermata 10^{-14} T

Forza magnetica su carica in moto

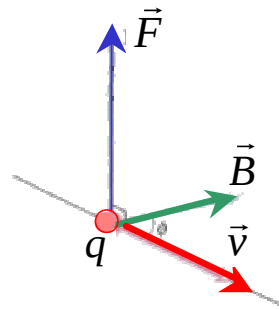
- ✓ particella di carica **q**, massa **m**
- ✓ velocità **v** costante
- ✓ regione di spazio con **B** costante

Se la particella **subisce una forza** osserverò:
(**dalle leggi di Newton**)

- ✓ variazione della velocità
(cioè accelerazione o decelerazione)
- ✓ variazione della direzione di moto
(una deflessione)

Forza di Lorentz

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

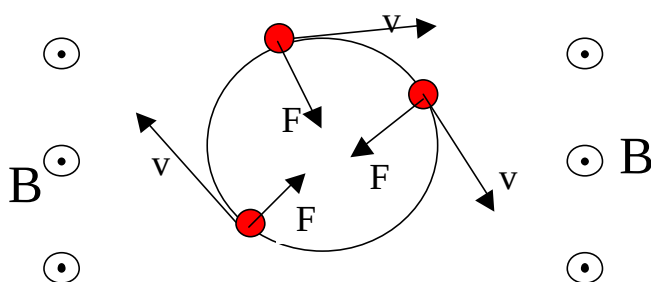
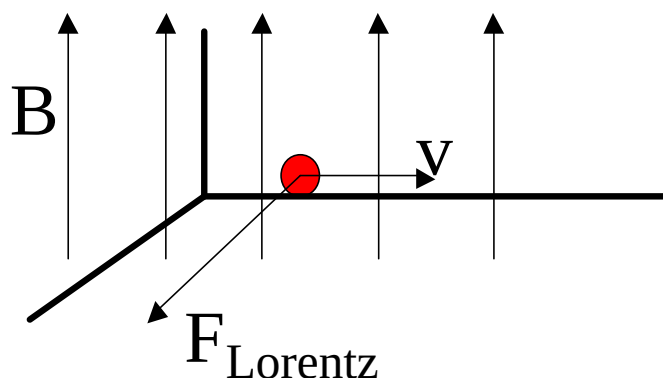


$$\begin{aligned}\vec{F} &\perp \vec{v} \\ \vec{F} &\perp \vec{ds}\end{aligned}$$

$$W = \int_i^f \vec{F} \cdot \vec{ds} = 0$$

La forza magnetica **non** compie **lavoro**

Moto in un campo B uniforme e $\perp$ a v



la forza di Lorentz
induce una
traiettoria circolare

$\oplus$ B entrante
 $\odot$ B uscente

$$F_M = qvB \quad F_c = m \frac{v^2}{r}$$

$$F_M = F_c$$

$$r = \frac{mv}{qB} \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{qB}{2\pi m}$$

la frequenza f (**frequenza di ciclotrone**) **non**
dipende dalla velocità:

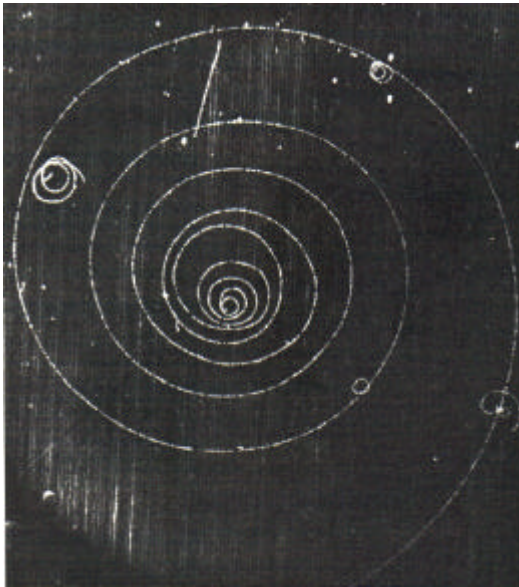
- ✓ particelle **veloci** si muovono in orbite larghe
- ✓ le particelle **lente** in orbite strette

stesso periodo di rotazione

il raggio dell'orbita dipende solo da

- ✓ **massa** della particella
- ✓ **intensità** del campo magnetico

traiettoria di una
particella carica in
una camera a bolle in
un campo magnetico



traiettoria di un
fascio di elettroni in un
campo magnetico



Se la velocità della particella carica non è ortogonale al campo magnetico la sua **traiettoria** è **elicoidale** con velocità di traslazione pari alla proiezione della velocità lungo il vettore B .

