

---

# Campo magnetico e forza di Lorentz (I)

- 
- Fatti sperimentali (Oersted e Ampere)
  - Legge di Gauss per il campo magnetico
  - Forza di Lorentz
  - Definizione del campo magnetico

---

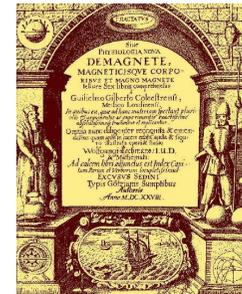
# Magnetismo

- Noto fin dall' antichita` (VI secolo a.c., Magnesia)
  - 1100: i cinesi navigavano usando la bussola
  - 1300: si scopre che esistono 2 poli di massima attrazione, **N** e **S**
    - **N** - **S** si attraggono
    - **N** - **N**, **S** - **S** si respingono
-

# Magnetismo



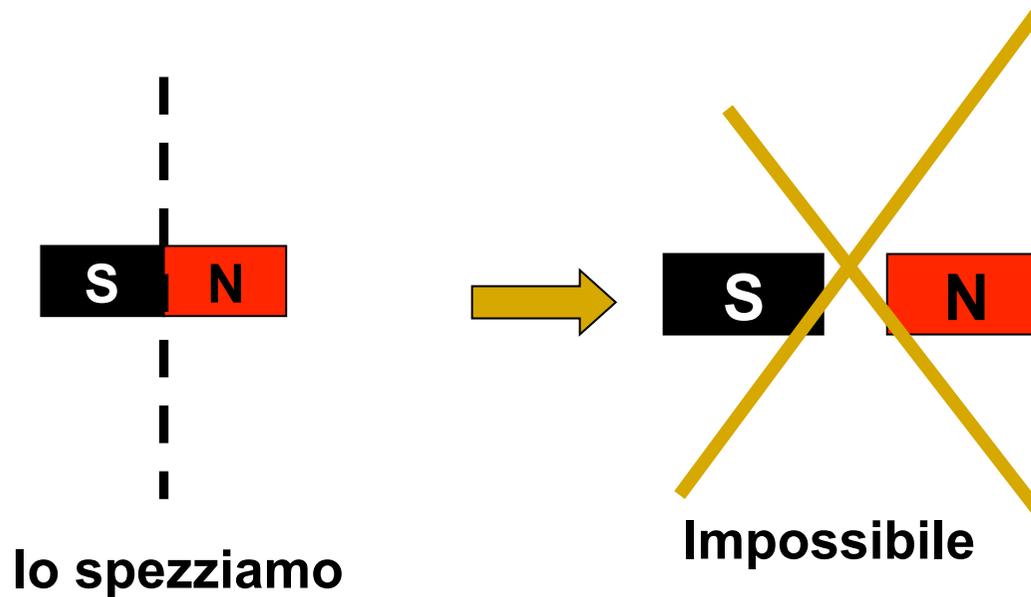
- XVI secolo: William Gilbert (De Magnete)
  - Opera omnia. La terra e` un magnete.



- 1820: esperimento di Oersted. Esperimento cruciale, si sviluppa la teoria moderna.

# Magnetismo

- Esistono 2 poli
  - sono “inseparabili”



# Magnetismo

- Esistono 2 poli
  - sono “inseparabili”



si ottengono altri 2 magneti completi

# Magnetismo

- **Esistono 2 poli**
  - sono “**inseparabili**”
- Per quanto se ne sa **non esistono monopoli magnetici** (potrebbero esistere)
- Unita` fondamentale: **dipolo magnetico** (simile al dipolo elettrico)
- Ago magnetico



---

# Magnetismo

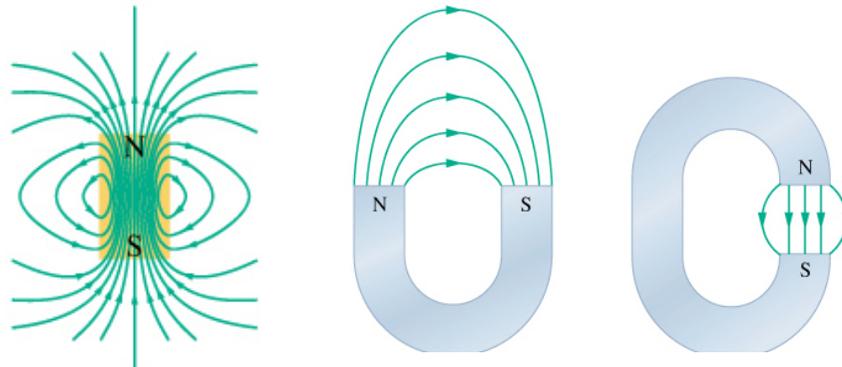
- Nella vecchia teoria magnetica si descriveva l'interazione tra ipotetici poli magnetici sulla base di risultati sperimentali approssimativi come

$$F = k \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

- Anche nel caso del magnetismo si introduce il campo magnetico **B** (e' un **vettore**)
  - Le linee di campo vanno dal polo N al polo S
-

# Linee di campo

- In prossimità di un magnete rettilineo le linee di campo hanno la stessa configurazione di quelle di un dipolo elettrico
- Le linee di campo si richiudono sempre
- Attraverso una superficie chiusa non c'è flusso magnetico



# Linee di campo

- In prossimità di un magnete rettilineo le linee di campo hanno la stessa configurazione di quelle di un dipolo elettrico
- Le linee di campo si richiudono sempre
- Attraverso una superficie chiusa non c'è flusso magnetico

$$\oint_{\Sigma} \vec{B} \cdot \vec{n} dA = 0$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

---

# Esperimento di Oersted



Hans Christian Oersted (settembre 1820): scopre che un filo percorso da corrente elettrica provoca la deviazione dell'ago di una bussola.

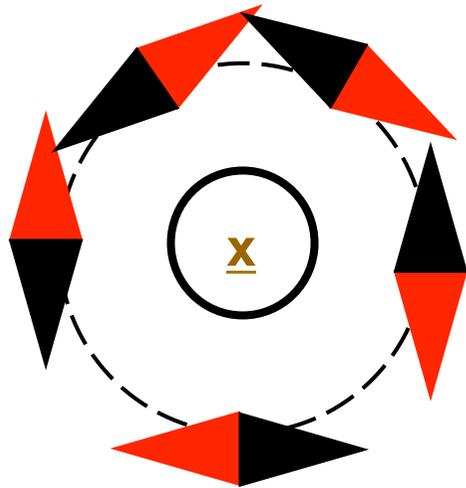
Non da' alcuna spiegazione al fenomeno. L'ago non e' né attratto né respinto: si dispone ad angolo retto con il filo

---

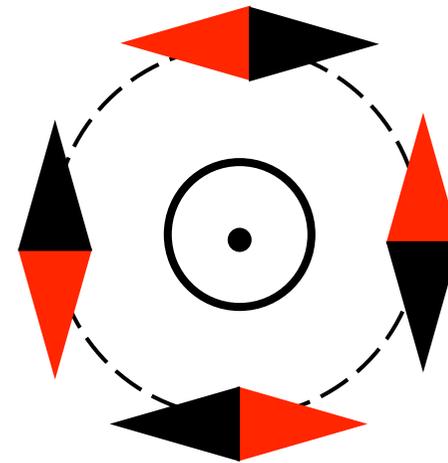
---

# Esperimento di Oersted

- Filo rettilineo percorso da corrente



Verso orario



Verso anti-orario

regola del cavatappi o della vite destrorsa

---

# Esperimento di Ampere



- Ampere comprende che lo stesso tipo di forza deve agire su due fili percorsi da corrente elettrica
  - Comprende che un ago magnetizzato può fornire una misura della forza
  - Introduce l'idea che all'interno dei magneti permanenti circolino continuamente delle correnti in circuiti elementari
  - **Pubblica nel novembre dello stesso anno**
-

---

# Esperimento di Ampere

- Due fili rettilinei paralleli percorsi da una corrente elettrica si **attraggono** se la corrente fluisce nello **stesso verso**, si **respingono** se fluisce in **versi opposti**

Forces on a  
Current-Carrying Wire

MIT Physics Lecture  
Demonstration Group

---

---

# Esperimento di Ampere

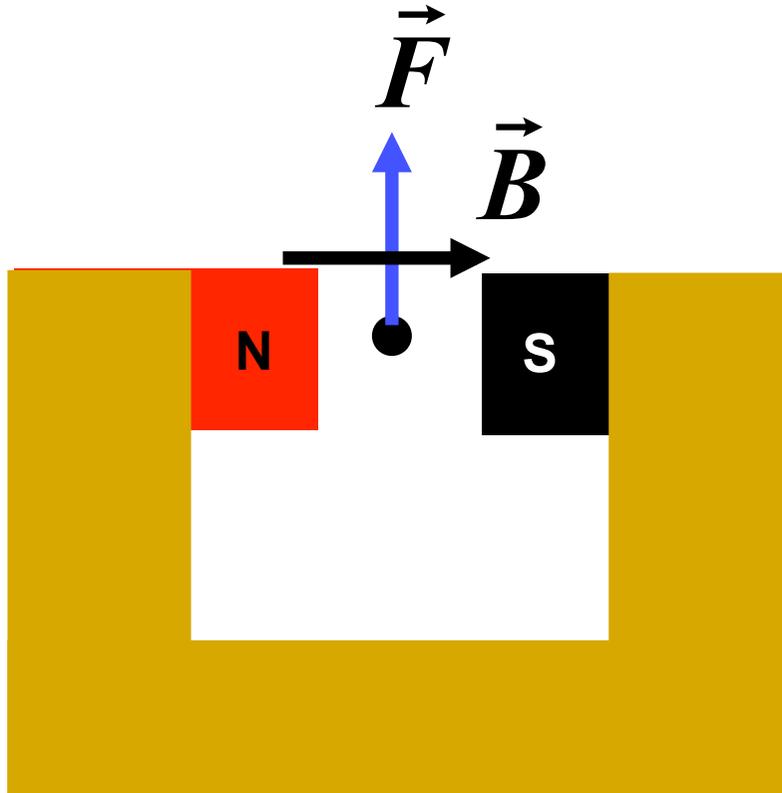
## Biot-Savart

determinarono la dipendenza del campo magnetico dalla corrente e dalla distanza dal filo

$$B \propto \frac{i}{r}$$

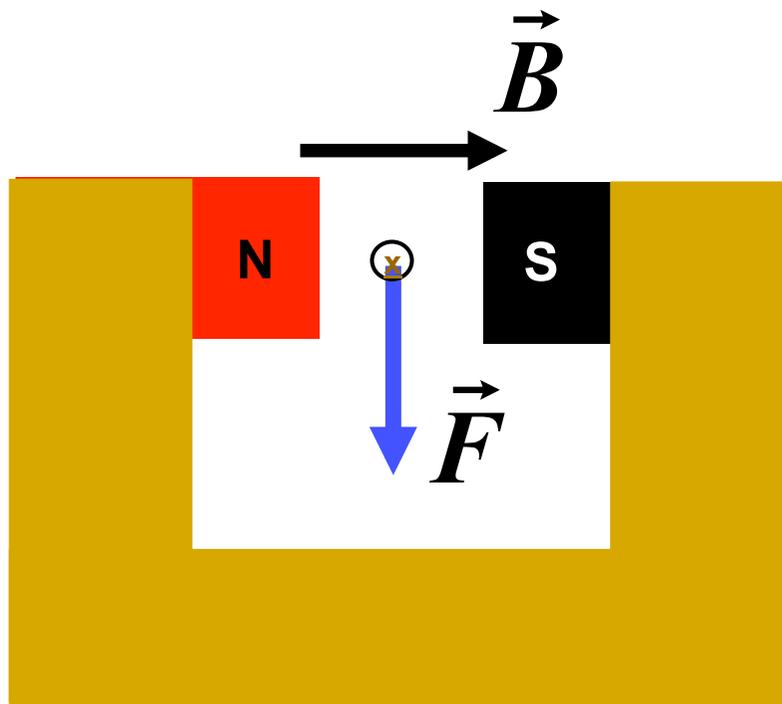
---

# Filo percorso da corrente in un magnete



Corrente uscente

# Filo percorso da corrente in un magnete

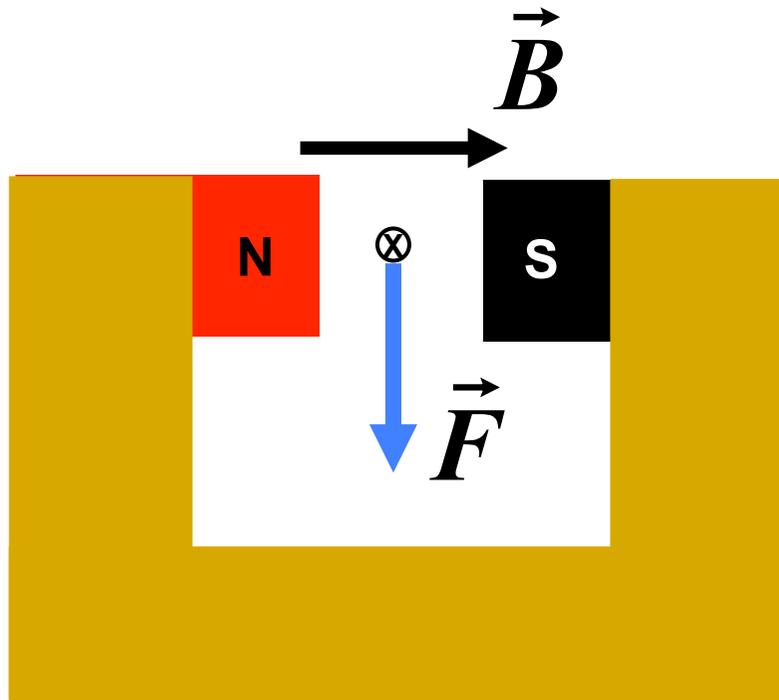


Corrente entrante

## Jumping Wire

MIT Department of Physics  
Technical Services Group

# Filo percorso da corrente in un magnete



$$\vec{F} = k l \hat{e}_I \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = k \vec{I} \times \vec{B}$$

---

# Definizione del campo magnetico $\mathbf{B}$

- Per il campo elettrostatico

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

- Campo magnetico

$$\vec{F}_B \stackrel{?}{=} q_B \vec{E}$$

**Non si puo` - non esiste il monopolo magnetico!**

---

---

# Definizione del campo magnetico $B$

- Si devono considerare **cariche elettriche in movimento (=corrente)**: producono il campo magnetico, un campo addizionale rispetto al campo elettrico
  - Il campo magnetico e' **rivelato** solo **da altre cariche in movimento**
  - Il campo magnetico deve dipendere dal sistema di riferimento
-

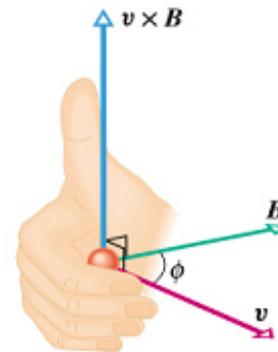
# Forza di Lorentz

- Su una carica in movimento in un campo elettrico  $\mathbf{E}$  e magnetico  $\mathbf{B}$  agisce la Forza di Lorentz

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

Proporzionale a  $q$ ,  $v$ ,  $B$

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



Non compie lavoro

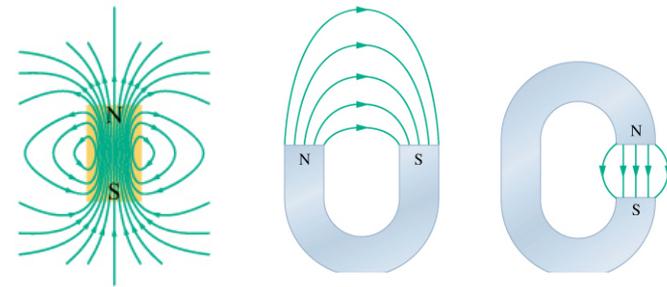
---

# Definizione del campo magnetico

- Si misura la forza quando una particella di carica  $q$  nota e` in quiete (per determinare  $\mathbf{E}$ )
  - Si misura la forza sulla stessa particella quando si muove con velocita`  $\mathbf{v}$
  - Si rimisura la forza con un`altra direzione di  $\mathbf{v}$
  - Si trova un  $\mathbf{B}$  tale per cui l`equazione della forza di Lorentz sia compatibile con i risultati
  - Funziona sempre: perche`? E` una forza proporzionale a  $\mathbf{v}$ , e il campo elettrico non dipende da  $\mathbf{v}$ !
-

# Riepilogo

- Il campo magnetico e` “sentito” dalle cariche in movimento.
- Non esistono monopoli magnetici. Le linee di forza del campo magnetico si richiudono sempre.
- Per convenzione le linee di forza vanno dal polo nord al polo sud.



---

# Unita` di misura

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

$$[B] = \frac{[F]}{[q][v]} = \frac{MLT^{-2}}{QLT^{-1}} = \frac{MT^{-1}}{Q} \Rightarrow kg \cdot s^{-1} \cdot C^{-1}$$

$$[B] = \left[ \frac{F}{qv} \right] = \left[ \frac{E}{LT^{-1}} \right] = \left[ \frac{VT}{L^2} \right]$$

Tesla (T) = Weber / m<sup>2</sup>

Gauss (G) 1G = 10<sup>-4</sup> T

---

# Alcuni campi magnetici

Valori tipici di alcuni campi magnetici (T)	
Valore piu` piccolo in camera schermata	$10^{-14}$
Campo intergalattico	$10^{-10}$ (1 $\mu$ G )
Campo terrestre	$\sim 5 \times 10^{-5}$ (0.5 G)
Barretta magnetica	$10^{-3}$ (10 G)
Grande elettromagnete	1.5
Magneti superconduttori di LHC	8
Superficie stella di neutroni	$10^8$