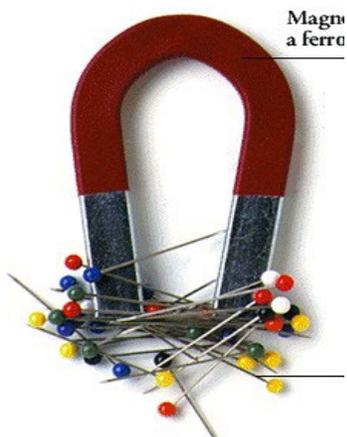


# Campo magnetico e forza magnetica

Introduzione



# Introduzione al campo Magnetico



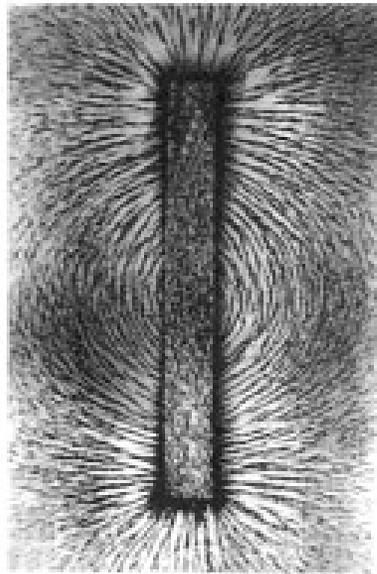
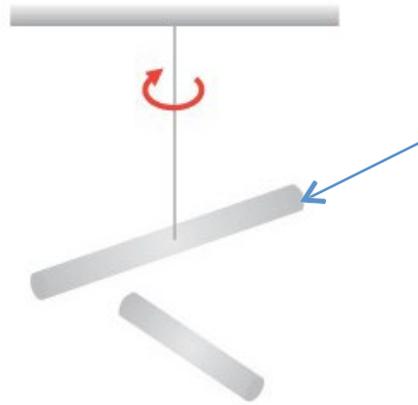
Tra gli antichi greci, sin dal VII sec. a.C., era nota la proprietà della **magnetite** (il cui nome derivò dalla città greca di Magnesia in Asia minore) di attirare a se materiali ferrosi. Il fenomeno viene detto **magnetismo** dal nome di questo minerale.

Nel V sec. a.C. Socrate cita la caratteristica della magnetite di trasferire al ferro le sue proprietà di attrazione.

Si osserva che tale proprietà non è uniformemente presente nel materiale.

Si definiscono i **poli del magnete come** quelle parti in cui la proprietà si manifesta maggiormente.

# Introduzione al campo Magnetico



Nel XVI sec. Gilbert (così come aveva fatto per l'elettrostatica\*), scopre che:

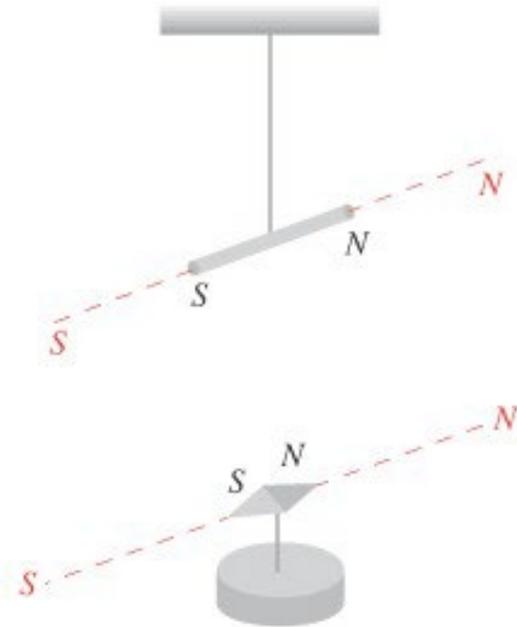
1. utilizzando un magnete sospeso ad un filo, al quale viene avvicinato un secondo magnete vide che questo esercita una **forza su di esso**.

## QUINDI:

- ▶ Il magnete genera un campo chiamato **campo magnetico**: crea nello spazio circostante un campo di forze.
- ▶ **Le linee di forza** sembrano provenire da i due poli (vedi anche esperienza con limatura di ferro). Sono **chiuse**, nascono da un polo e terminano sull'altro.

# Introduzione al campo Magnetico

2. Avvicinando a un pezzo di magnetite un una bacchetta sottile di ferro questa si magnetizza. Si realizza così l'**ago magnetico**.

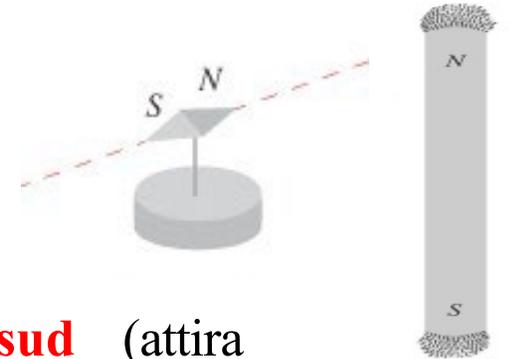


L'ago magnetizzato, libero di ruotare si dispone assumendo una posizione di equilibrio lungo una direzione prossima a quella del meridiano terrestre e si orienta sempre con la stessa estremità verso **il polo Nord a tale estremità viene assegnato il nome di polo nord dell'ago perché è rivolto al polo Nord della terra. All'altra estremità è il polo SUD.**

Se viene spostato da tale direzione e poi rilasciato libero, ritorna con leggera oscillazione alla direzione iniziale rivolto verso Nord.

# Introduzione al campo Magnetico

3. Avvicinando un magnete al polo Nord dell'ago, si verifica che una estremità attira il polo nord, l'altra lo respinge e attira il polo sud dell'ago.

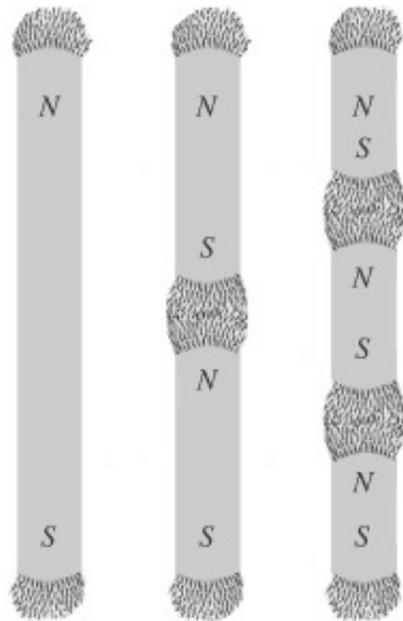


**QUINDI**

Una estremità avrà un magnetismo di tipo **sud** (attira nord dell'ago) mentre l'altra avrà un magnetismo di tipo **nord** (respinge il nord dell'ago e attira il sud)

**Poli dello stesso segno si respingono, poli di segno opposto si attirano.**

4. I **poli** di uno **stesso magnete** sono sempre di segno opposto ed esistono sempre a coppia (vedi esperienza della calamita spezzata).



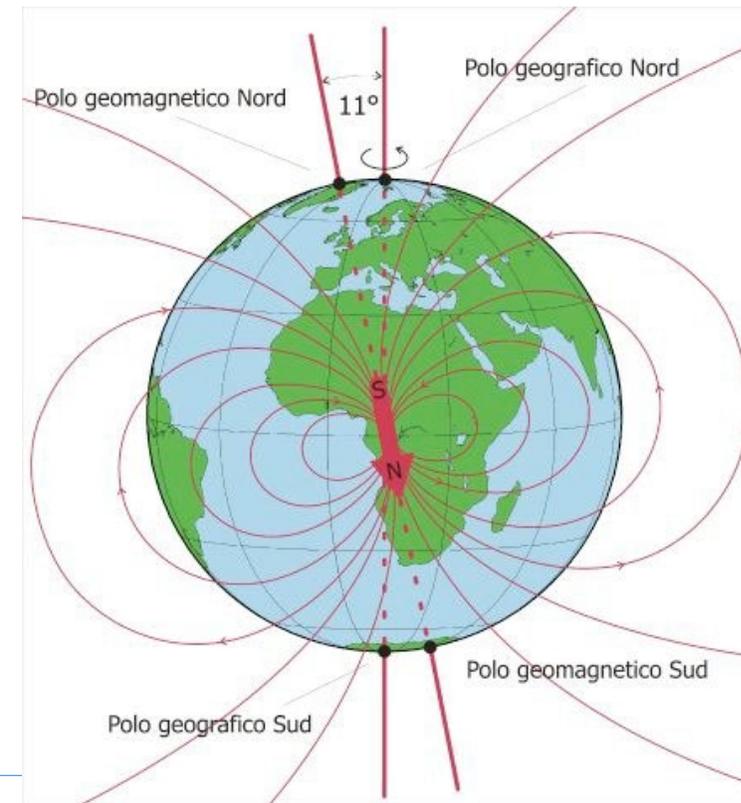
A differenza delle carica elettrica non esiste in natura **una carica magnetica**

# Il campo magnetico terrestre

**La terra è un gigantesco magnete:** l'esatta configurazione del campo magnetico terrestre fu opera di Gauss che nel 1832 per primo ne tracciò le linee di forza e ne iniziò lo studio dal punto di vista fisico – matematico.

Dopo 4 secoli di misure accurate del campo magnetico terrestre:

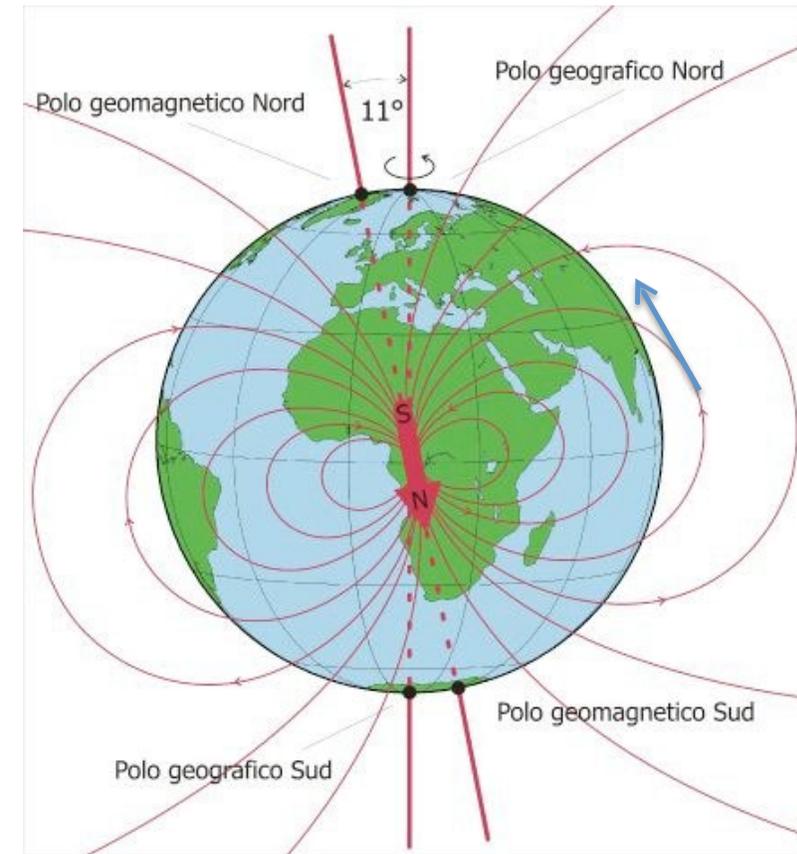
- ▶ **Sole e pianeti** sono sede di **campi magnetici** prodotti da **correnti elettriche macroscopiche** dovute al moto di liquidi conduttori in rotazione con il corpo.
- ▶ valgono le leggi dell' **induzione elettromagnetica**
- ▶ **non** esiste una **teoria** (sistema complesso), ma solo **modelli schematici**



# Il campo magnetico terrestre

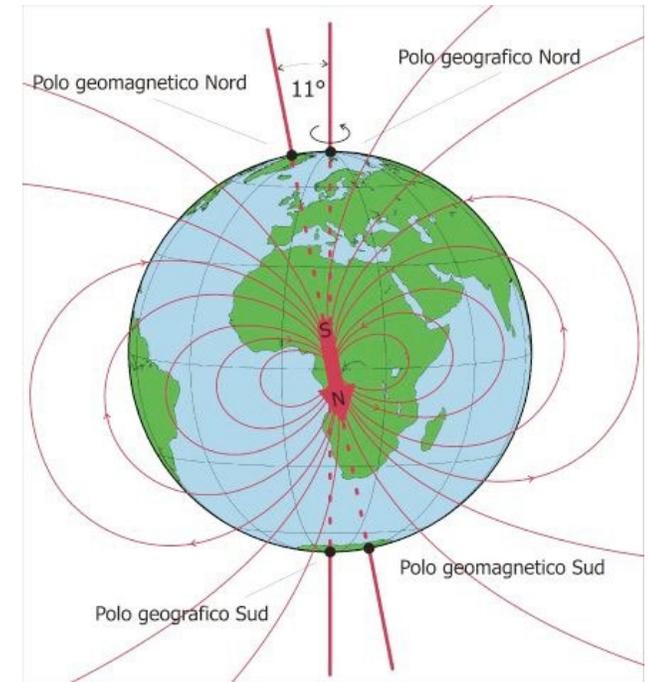
Un suo studio morfologico mostra come il campo sia per il 95% analogo a quello generato da un **dipolo** situato al centro della Terra il cui asse è inclinato, rispetto all'asse di rotazione terrestre, di **circa 11.5°**.

Per la sua geometria, il campo geom. ha linee di **forza entranti nella Terra nell'emisfero Nord e uscenti in quello Sud**. Quindi, l'estremo libero di polarità Nord di un ago magnetico tenderà a disporsi con l'estremità di polarità Nord verso il polo magnetico sud della Terra (cioè, il **Nord geografico**). E' comunque tradizione chiamare polo magnetico Nord quello che si trova nell'emisfero Nord e polo magnetico Sud quello che si trova nell'emisfero Sud, in accordo con i corrispondenti poli geografici.



# Il campo magnetico terrestre

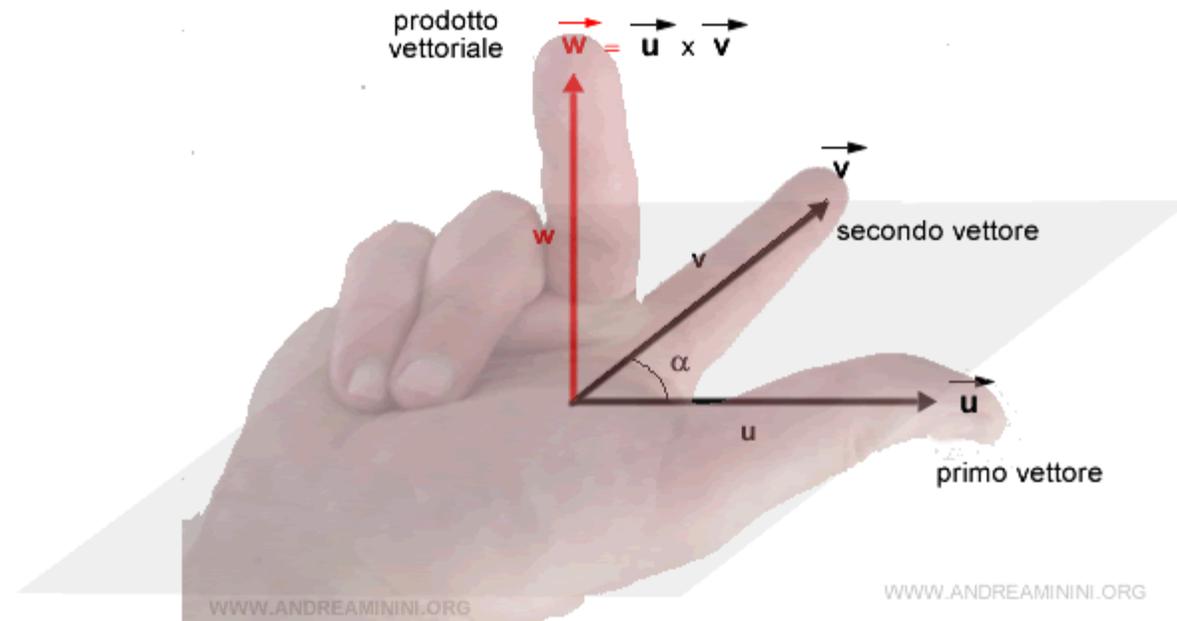
- ▶ Il campo magnetico e' generalmente indicato con **B**
  - ▶ Per la terra,  $B_{max} = 0.00005 \text{ T} = 0.5 \text{ G}$  (diminuito del 7 % negli ultimi 200 anni)
  - ▶ **l'angolo** tra l'asse di rotazione e magnetico **oscilla** sensibilmente (in 400 anni ha subito una variazione totale di circa  $40^\circ$ );
  - ▶ **la polarità della terra si inverte** (9 volte in 4 milioni di anni).
- 
- ▶ si estende fino circa **60.000 km** nello spazio
  - ▶ molto **asimmetrico** (a causa dell'interazione con campo magnetico solare e vento solare)
  - ▶ intrappola le particelle cariche del vento solare (natura dipolare del campo magnetico terrestre). **Fasce di Van Allen**



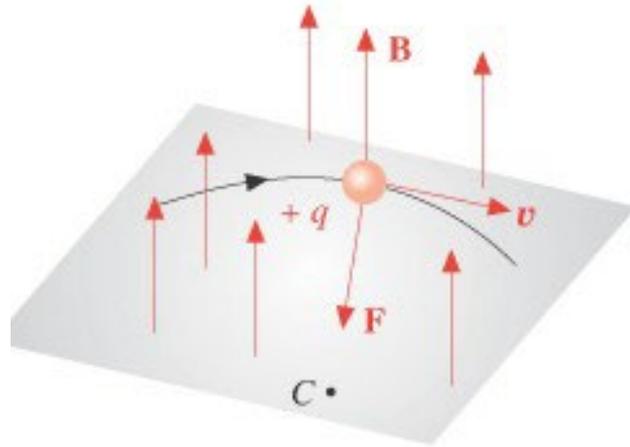
# Prodotto vettoriale

$$\vec{u} \times \vec{v} = \vec{w}$$

$$|\vec{w}| = |\vec{u}| \cdot |\vec{v}| \cdot \sin \alpha_{uv}$$



# Forza di Lorentz

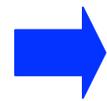


Consideriamo una particella di massa  $m$  e carica elettrica  $q$  in presenza di un  $\mathbf{B}$ .

$$\vec{v} = 0 \Rightarrow \vec{F} = 0$$

**Forza di Lorentz**

$$\vec{v} \neq 0 \Rightarrow \vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$



$$\begin{aligned} \vec{F} = 0 & \quad \text{se } \vec{v} // \vec{B} \quad \text{opp se } \vec{v} = 0 \\ \vec{F} \text{ max} & \quad \text{se } \vec{v} \perp \vec{B} \end{aligned}$$



$$\vec{F} \perp \vec{v} \text{ sempre} \Rightarrow W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = 0$$

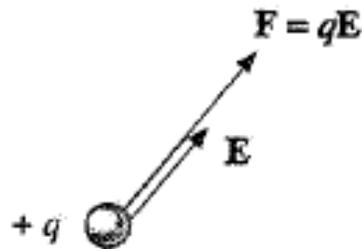


# Forza Elettrostatica → F. di Lorentz

$$W = \int_A^B \vec{F}_E \cdot d\vec{l} = q(V_A - V_B)$$

## 1. **Compie lavoro**

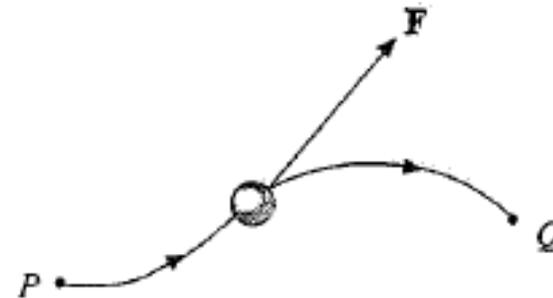
2. L'energia cinetica cambia
3. La velocità può cambiare in modulo e direzione
4. **F è parallela** ad **E**



$$W = \int_A^B \vec{F}_B \cdot d\vec{l} = 0$$

## 1. **NON compie lavoro**

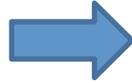
2. la velocità cambia in **direzione**, ma in modulo resta costante
3. **F è perpendicolare** a **B**



# Unità di Misura

---

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



L'unità di misura del campo magnetico: il tesla (T)

$$T = \frac{N}{Cm/s} = \frac{N}{Am} = \frac{kg}{As^2}$$

**Sottomultipli:**

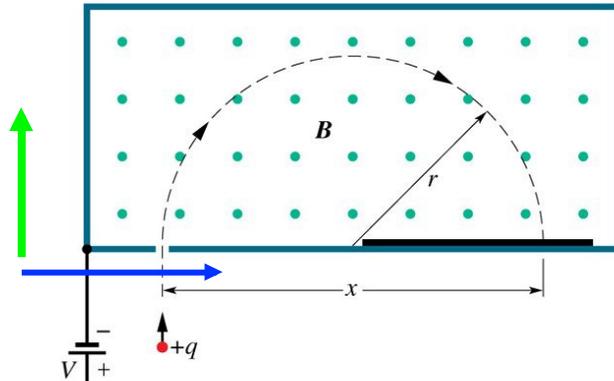
Gauss  $1 G = 10^{-4} T$

Per esempio il campo magnetico terrestre sulla superficie vale circa 0.5 G

Negli esperimenti agli acceleratori si usano campi di 4 T

# Moto di cariche in B

## Spesrometri di massa



B uniforme

$\vec{v} \perp \vec{B}$  q positiva

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow F = qvB = m \frac{v^2}{R}$$

Forza centripeta del moto con traiettoria circolare

Se la particella e' accelerata da un potenziale V, la sua velocita' si puo' ricavare dalla relazione:

$$\frac{1}{2} mv^2 = qV \Rightarrow v = \sqrt{2qV/m}$$

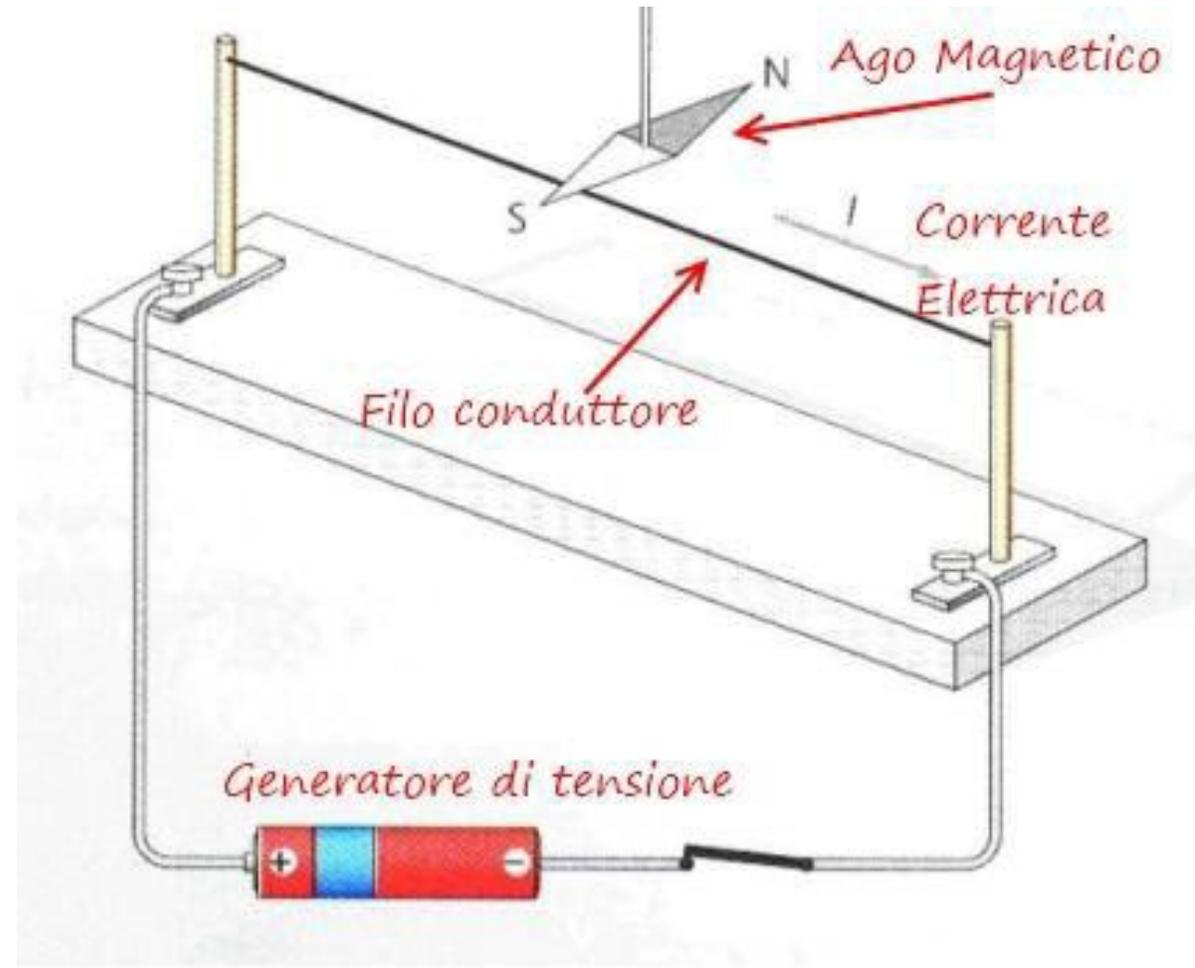
Moto circolare uniforme  
R: raggio di curvatura (cost.)

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$R = \sqrt{\frac{2Vm}{B^2 q}}$$

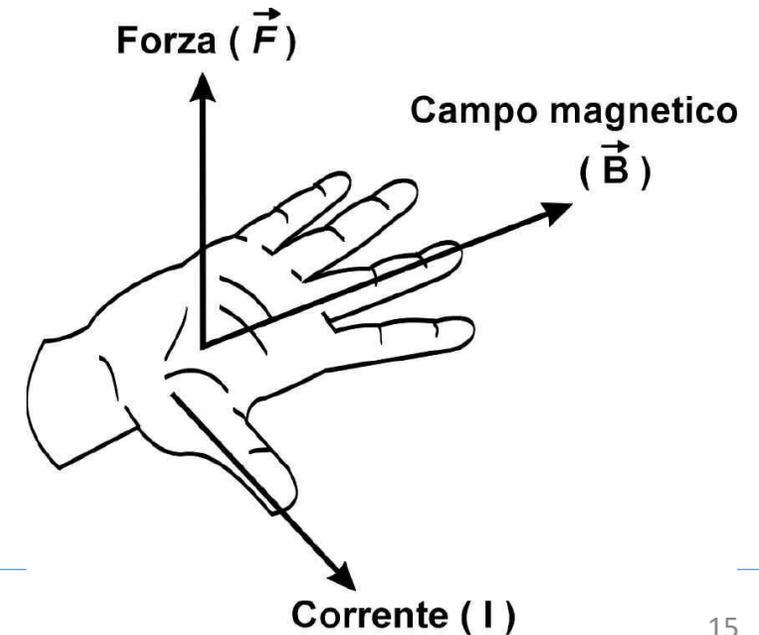
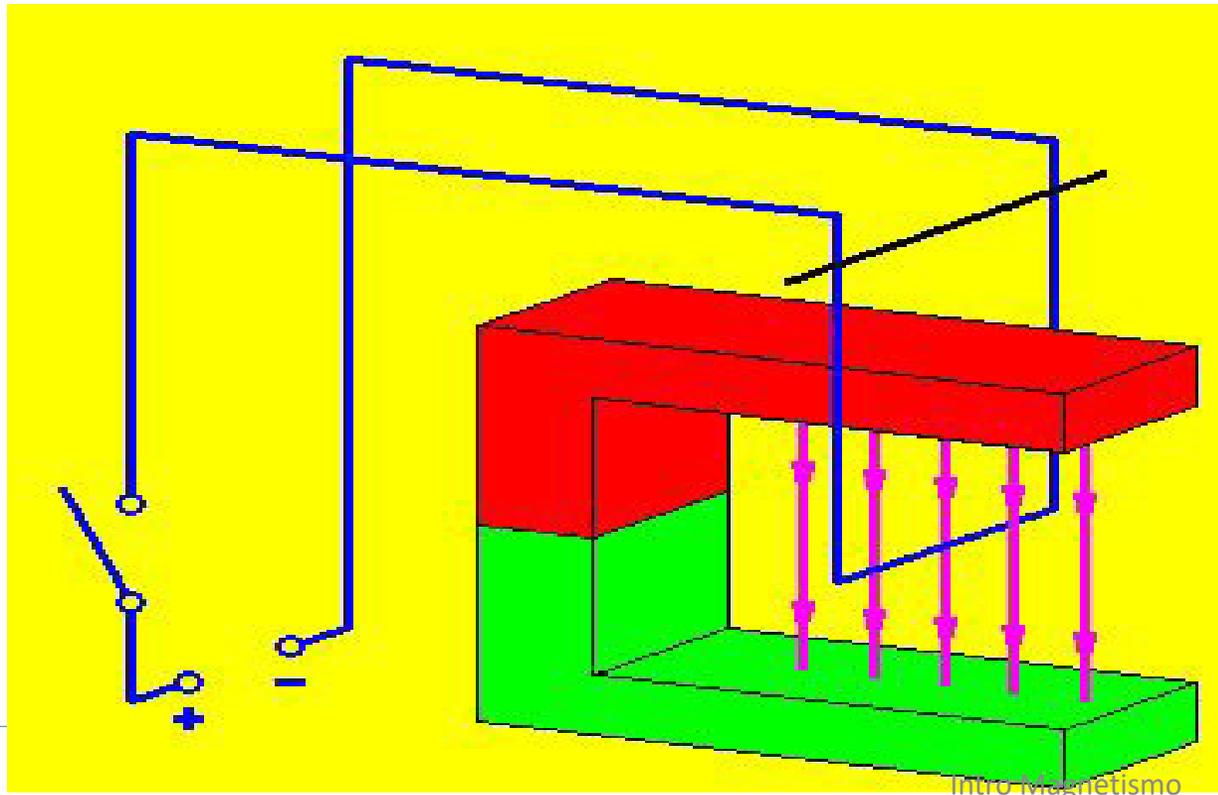
# L'esperimento di Oersted

Nel 1820 il fisico danese Hans Christian Oersted scoprì un legame tra fenomeni elettrici e fenomeni magnetici, deducendo che un filo percorso da corrente genera un campo magnetico.



# L'esperienza di Faraday

Nel 1821 il fisico inglese Michael Faraday osservò che un filo percorso da corrente, in un campo magnetico, subisce una forza.



# Ampère: forze tra correnti

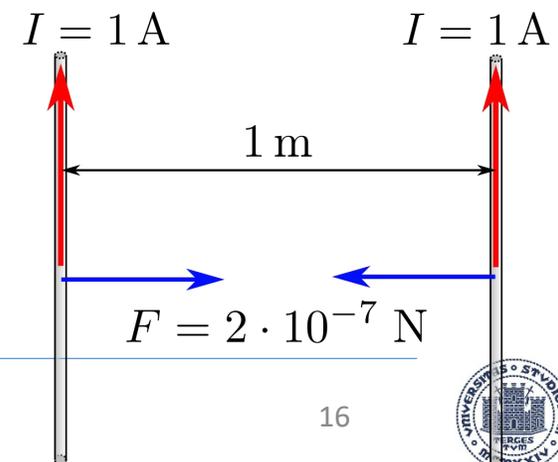
Ispirato dall'esperienza di Oersted, il fisico francese André Marie Ampère verificò che due fili percorsi da corrente esercitano una forza l'uno sull'altro, dovuta ai campi magnetici da essi generati. Osservò che i due fili, paralleli e rettilinei, si attraggono se le correnti che li attraversano hanno lo stesso verso e si respingono se esse hanno verso opposto.



$$F = k_m \frac{i_1 i_2}{d} l$$

$$k_m = \frac{\mu_0}{2\pi}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$$

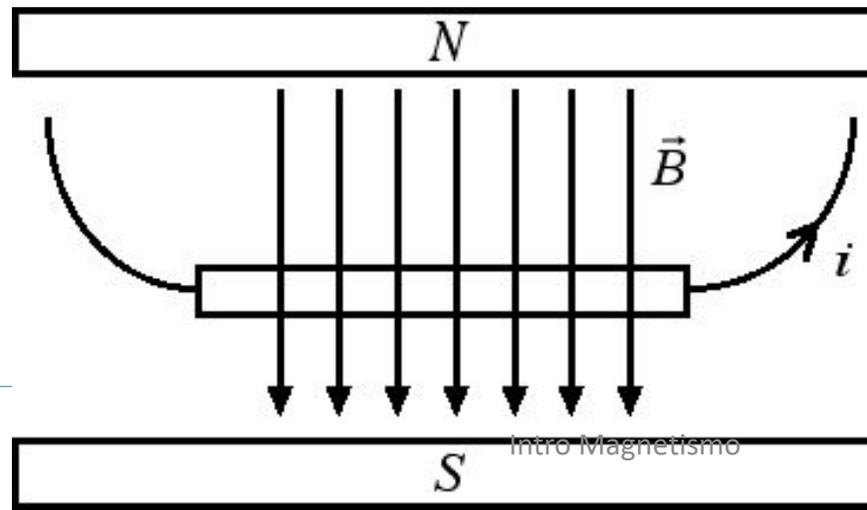


# Intensità del campo magnetico

Per determinare l'intensità del vettore  $\vec{B}$  effettuiamo diverse misurazioni della forza magnetica che agisce su un filo percorso da corrente perpendicolare al campo magnetico del quale si vuole determinare l'intensità.

Osserviamo che la forza  $F$  è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo e all'intensità di corrente che lo attraversa.

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura del campo magnetico è il Tesla (N/Am), da Nikola Tesla.



$$F = Bil$$

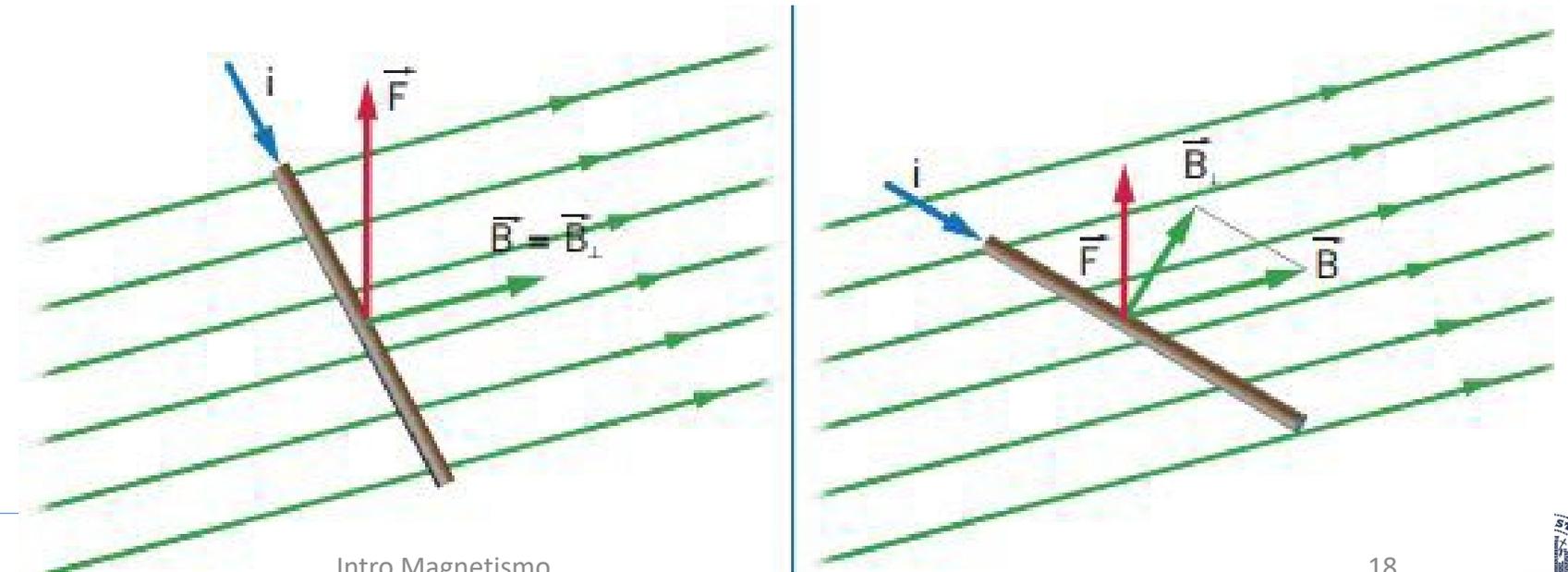
# Forza magnetica su un filo percorso da corrente

Dalla formula precedente possiamo ricavare l'inversa per trovare la forza che agisce su un filo perpendicolare alla direzione al campo magnetico.

Se il filo non è perpendicolare bisogna, quindi, preso un sistema immaginario di assi cartesiani, tenere conto solamente della componente perpendicolare al campo magnetico.

$$F = Bil$$

$$B = \frac{F}{il}$$



# Campo magnetico di un filo percorso da corrente: Biot-Savart

---

In un punto a distanza  $d$  da un filo rettilineo di lunghezza  $l$ , con  $l > d$ , in cui passa corrente di intensità  $i$ , il modulo del campo magnetico è dato dalla formula

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d}$$

Questa legge fu formulata al fisico francese Jean Baptiste Biot e il suo allievo Félix Savart, i quali la verificarono sperimentalmente nel 1820.

$$F = Bil$$

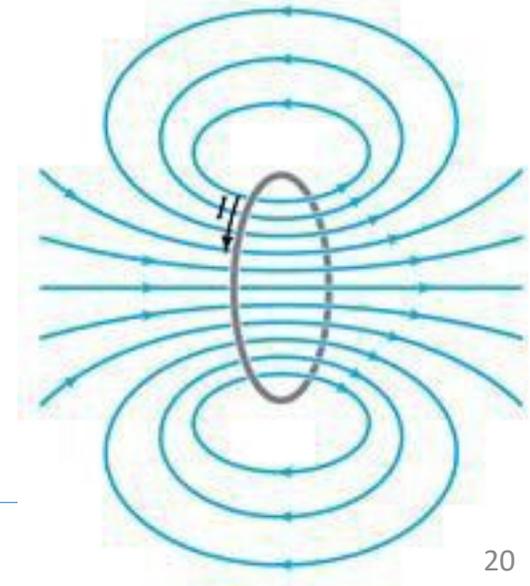
$$F = k_m \frac{i_1 i_2}{d} l$$



# Campo magnetico di una spira

- Si definisce spira un filo conduttore piegato ad anello.
- Il campo magnetico di una spira è simile a quello che si avrebbe con un magnete posizionato nel suo centro e i poli sul suo stesso asse.
- Su quest'ultimo la linea di campo magnetico coincide con esso, da ciò si deduce che in ogni punto dell'asse di una spira circolare il campo magnetico  $B$  è perpendicolare al piano che contiene la spira.
- Il modulo del campo al centro della spira risulta:

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{i}{R}$$



# Campo magnetico di un solenoide

- Si definisce solenoide una bobina di filo conduttore avvolto a elica (insieme di spire circolari uguali).
- Il campo magnetico esterno a un solenoide infinito percorso da corrente è nullo, mentre quello interno è uniforme e parallelo all'asse del solenoide.

