

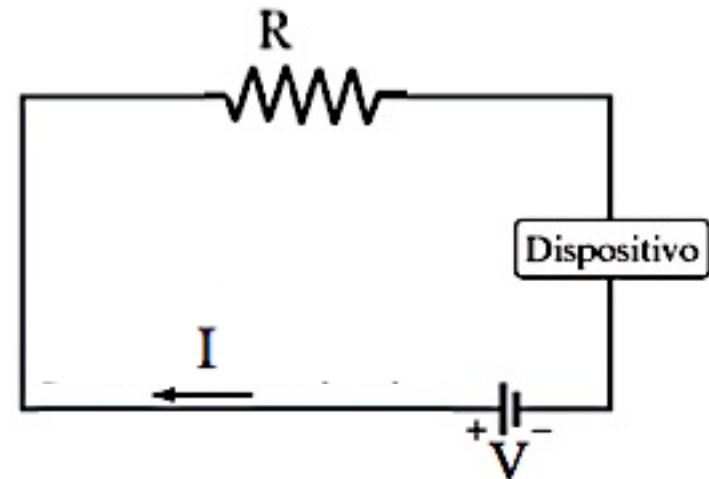
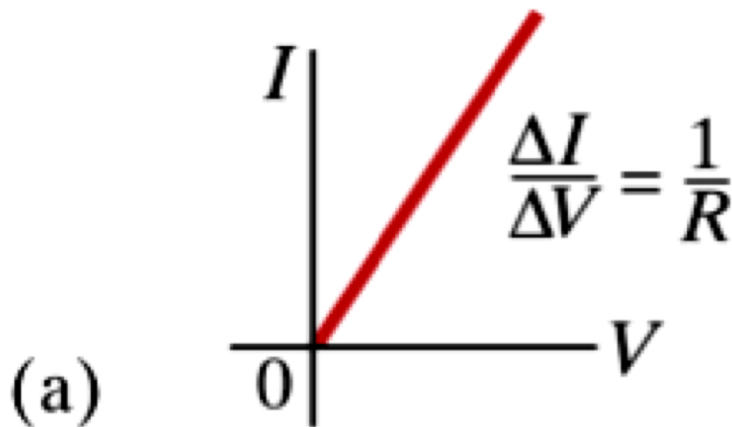
# La Legge di Ohm

L'unità di misura della resistenza prende il nome dal fisico tedesco **Georg Simon Ohm** il quale fu il primo a mostrare sperimentalmente che **la corrente I che scorre in un filo metallico è direttamente proporzionale alla tensione V applicata ed inversamente proporzionale alla resistenza R** del conduttore secondo la celebre relazione conosciuta appunto come **legge di Ohm**:  $V = RI \rightarrow I = \frac{V}{R}$



Georg Simon Ohm  
(1787-1854)

Dunque, a parità di tensione V applicata, l'intensità della corrente elettrica I sarà tanto più piccola quanto maggiore è la resistenza R del filo elettrico mentre, a parità di R, I crescerà **in modo lineare** al crescere della differenza di potenziale V: graficamente la legge di Ohm viene di solito rappresentata riportando **la corrente I in funzione della differenza di potenziale V** e dunque corrisponde al grafico di una retta  $I=(1/R)V$  passante per l'origine e di coefficiente angolare pari a  $1/R$  (a). La legge di Ohm  $V=RI$  consente anche di calcolare la **caduta di potenziale V** ai capi di un filo elettrico (o di un dispositivo) di resistenza R percorso da una corrente I.



# La Potenza Elettrica

Per descrivere matematicamente la dissipazione/trasformazione di energia nei dispositivi elettrici è utile ricorrere al concetto di **potenza P**, una grandezza fisica la cui definizione generale è quella di lavoro compiuto nell'unità di tempo (**P=Lavoro/tempo**) e che in elettrodinamica è definita come **il l'energia potenziale  $\Delta U$  dissipata da una carica elettrica in moto in un campo elettrico nell' unità di tempo**. Per determinare la potenza di un dispositivo elettrico è sufficiente ricordare che la variazione di energia potenziale di una carica Q che si muove attraverso una differenza di potenziale V è pari a  $\Delta U=QV$  e dunque la velocità di dissipazione di tale energia, cioè la potenza, sarà data da:

$$P = \frac{\text{energia trasformata}}{\text{tempo}} = \frac{QV}{t} \quad \dots\text{ma } Q/t \text{ è l'intensità di corrente } I \text{ e dunque: } \boxed{P = IV}$$

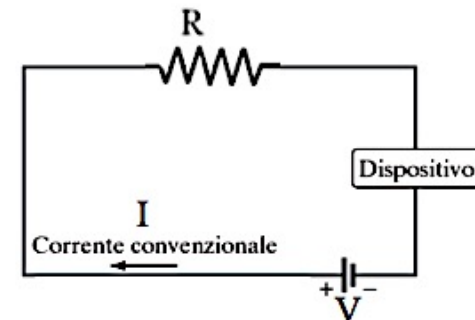
Questa relazione è del tutto generale e fornisce il valore della **potenza trasformata in un generico dispositivo elettrico** se si conosce il valore della corrente I che lo attraversa e la differenza di potenziale V presente ai suoi capi. La potenza così espressa è anche uguale alla **potenza fornita dall'alimentazione**, ovvero erogata da una batteria. L'unità di misura della potenza elettrica (e per la potenza in generale) nel sistema SI è il **Watt** (1W=1J/s), dal nome dell'ingegnere scozzese **James Watt**.



James Watt  
(1736-1819)

La rapidità con cui viene dissipata/trasformata l'energia elettrica in un resistore di resistenza R presente in un circuito può essere espressa in **due modi diversi** sostituendo nell'equazione  $P=IV$  l'espressione  $V=IR$ :

$$P = IV = I(RI) = I^2R \qquad P = IV = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R}$$



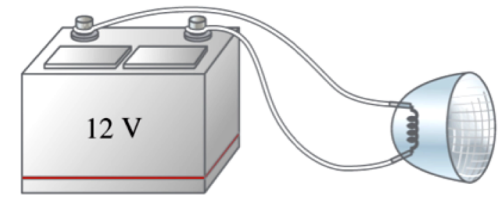
### Esercizio

Calcolare la resistenza di un **faro d'automobile** da 40W progettato per funzionare a 12V.

Utilizziamo la seconda equazione per la potenza nei resistori e risolviamola rispetto ad R:

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{(12V)^2}{(40W)} = 3.6\Omega$$

SI noti che questa è la resistenza quando la lampadina del faro è accesa già da un po' di tempo. Quando la lampadina è fredda, infatti, la resistenza è più bassa e poichè la corrente è tanto più alta quanto minore è la resistenza, è più facile che la lampadina si bruci nel momento in cui viene accesa.



Faro da 40 W

### Esercizio

Il **fulmine** è uno spettacolare esempio di scarica elettrica naturale. Tipicamente l'energia  $\Delta U$  trasferita al suolo da un fulmine è di circa  $10^9 J$  attraverso una differenza di potenziale di  $5 \cdot 10^7 V$  in un intervallo di tempo  $t=0.2s$ . Calcolare: (a) la carica totale  $Q$  scambiata tra il suolo e la nube; (b) la corrente; (c) la potenza media dell'evento.



$$(a) Q = \frac{\Delta U}{V} \approx \frac{10^9 J}{5 \cdot 10^7 V} = 20C \quad (b) I = \frac{Q}{t} \approx \frac{20C}{0.2s} = 100A$$

$$(c) P = \frac{\Delta U}{t} = \frac{10^9 J}{0.2s} = 5 \cdot 10^9 W = 5 \text{ GW} \quad \text{oppure} \quad P = IV = (100A)(5 \cdot 10^7 V) = 5 \text{ GW}$$

MICHAEL J. FOX CHRISTOPHER LLOYD

STEVEN SPIELBERG presenta

# RITORNO AL FUTURO

Una film di ROBERT ZEMECKIS



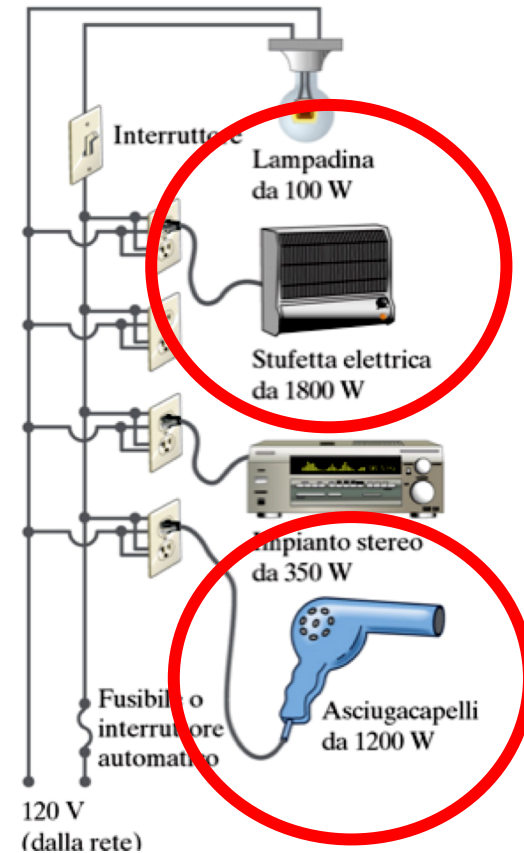
Nella trilogia “Ritorno al Futuro” (1985-1990), di Robert Zemeckis, la macchina del tempo è stata costruita da Doc usando come base una normale DeLorean DMC-12, che per spostarsi nel tempo necessita di una potenza elettrica di 1,21 Gigawatt, fornita appunto da un fulmine!



## Potenza negli impianti domestici

Gli impianti domestici sono progettati in modo che la tensione ai capi di ciascun dispositivo connesso alla rete sia quella standard fornita dalla compagnia elettrica (220V in Italia, 120V negli USA). Normalmente un **impianto domestico tipico** ha una potenza di circa 3 kW (3000W), ma ciò che paghiamo alle compagnie fornitrici di elettricità come importo delle bollette non è la potenza erogata bensì la quantità di energia elettrica effettivamente consumata. Poiché la potenza è la velocità alla quale l'energia viene consumata ( $P=\Delta U/t$ ), *per calcolare l'energia elettrica totale dissipata da un qualsivoglia dispositivo elettrico è sufficiente moltiplicare la sua potenza per il tempo di funzionamento* ( $\Delta U=P*t$ ). Esprimendo la potenza in watt e il tempo in secondi l'energia dovrebbe essere espressa in joule ( $1J=1W*s$ ) ma le aziende fornitrici di solito utilizzano una unità di misura più grande, il **kilowattora (kWh)**:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} * 3600 \text{ s} = 3.60 * 10^6 \text{ J}$$



### Esercizio

Una **stufa elettrica** alimentata a 220 V assorbe 8.2 A di corrente. Calcolare la **potenza** e il **costo mensile** (30 giorni) se viene lasciata in funzione per 3 ore al giorno e se il prezzo stabilito dalla compagnia fornitrice di energia elettrica è di 9.2 centesimi di euro per kWh.

La **potenza** trasformata dalla stufa è:  $P = IV = (8.2A)(220V) = 1800W = 1.80kW$

Il tempo di funzionamento mensile, espresso in ore, è di  $(3.0h/giorno)(30giorni)=90h$ , che a 0.092 €/kWh dà una **spesa mensile complessiva** di  $(1.80kW)(90h)(0.092 \text{ €/kWh}) = 15 \text{ €}$ .

Vi siete mai chiesti...come funziona un asciugacapelli?



Come vedremo tra poco, il funzionamento di un asciugacapelli è reso possibile dallo stretto **legame che esiste tra l'elettricità e il magnetismo** scoperto nel corso del XIX secolo, quando ci si accorse che *le correnti elettriche sono in grado di produrre effetti magnetici e dunque di generare forze magnetiche*: oggi moltissimi dispositivi di uso comune sfruttano le proprietà magnetiche dell'elettricità, dai motori agli altoparlanti, dalle memorie dei calcolatori ai generatori elettrici.

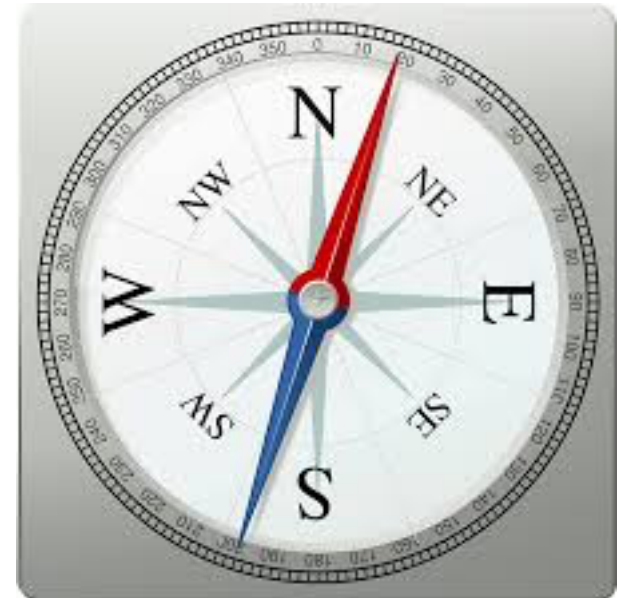
# Il Magnetismo

La storia del **magnetismo** ha inizio alcune migliaia di anni fa in Asia minore dove, in una regione greca chiamata **Magnesia**, furono scoperte alcune rocce in grado di attrarsi reciprocamente, alle quali fu dato il nome di “**magneti**”.



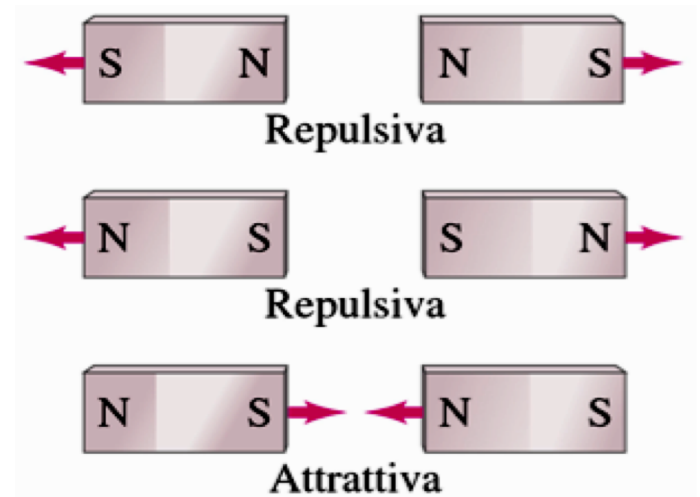
Tutti abbiamo avuto esperienza di come una **calamita** (un esempio tipico di magnete) sia in grado di attrarre piccoli oggetti di ferro. Qualunque sia la sua forma, **un magnete possiede sempre due estremità**, dette poli, dove gli effetti magnetici sono più evidenti.

L'ago magnetico di una bussola ne è un esempio: una delle sue estremità tende a puntare verso il polo nord terrestre, e per questo viene detta “**polo nord**” (N) del magnete, mentre l'altra viene detta “**polo sud**” (S).

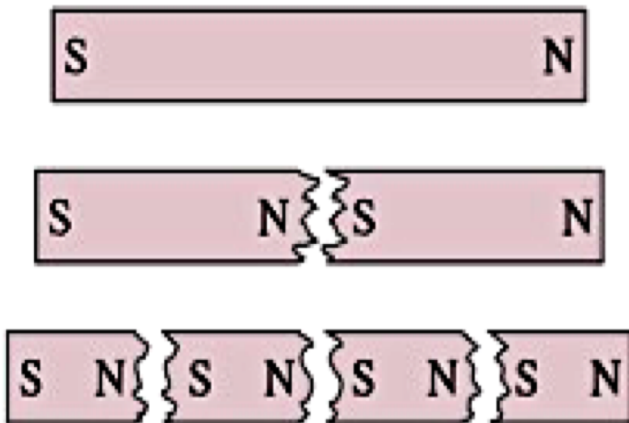


# Il Magnetismo

Tra i poli di un magnete si genera un'interazione che può essere sia attrattiva che repulsiva e che si manifesta anche se i magneti non vengono a contatto (**azione a distanza**): la forza magnetica, dopo quella gravitazionale e quella elettrica, rappresenta dunque un altro esempio di **interazione fondamentale** della natura. In analogia con quanto accade per le cariche elettriche, si verifica sperimentalmente che **poli magnetici dello stesso tipo si respingono** mentre **poli magnetici di tipo opposto si attraggono**.



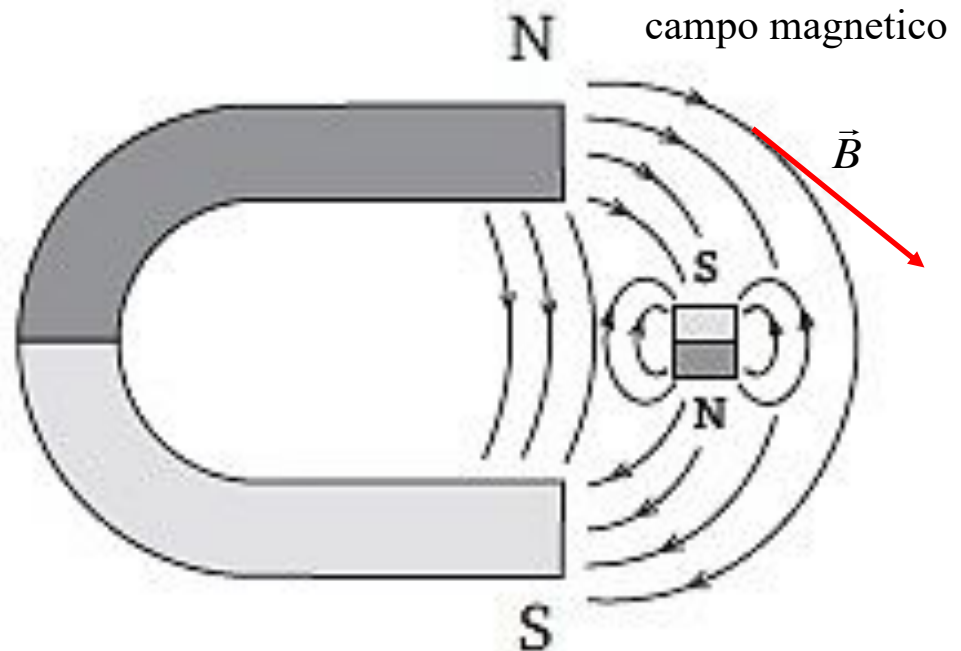
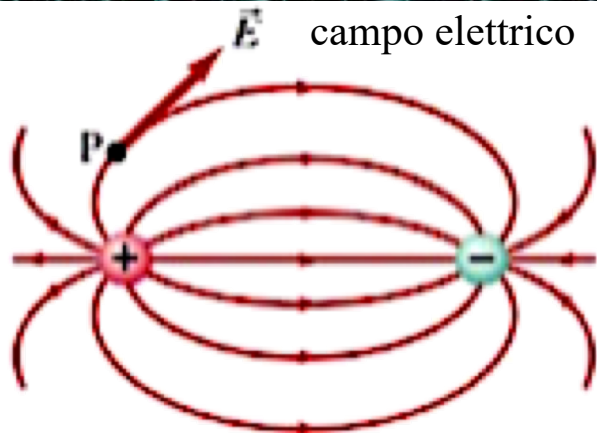
Ma il comportamento dei poli magnetici differisce da quello delle cariche elettriche per una caratteristica molto importante e per certi versi strana, che poi è la ragione per cui si parla di “poli magnetici” e non di “cariche magnetiche”: **spezzando una barretta magnetica non si ottengono un polo nord e un polo sud isolati, bensì si ottengono sempre due nuove barrette magnetiche complete, ciascuna dotata di un polo nord e di un polo sud**. Poli magnetici isolati (i cosiddetti “monopoli magnetici”, che sarebbero praticamente una sorta di “cariche magnetiche” analoghe a quelle elettriche) non sono **mai stati osservati** in natura e si ritiene che non possano esistere.





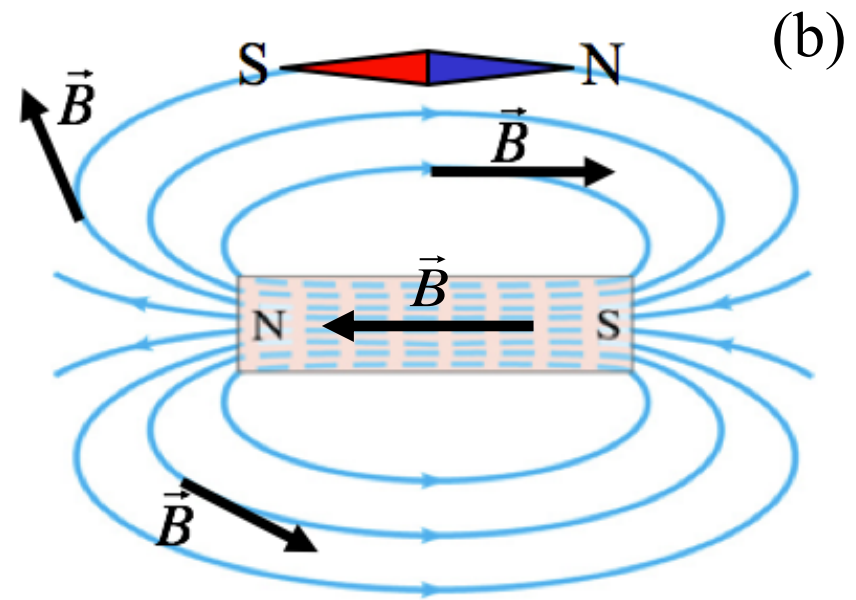
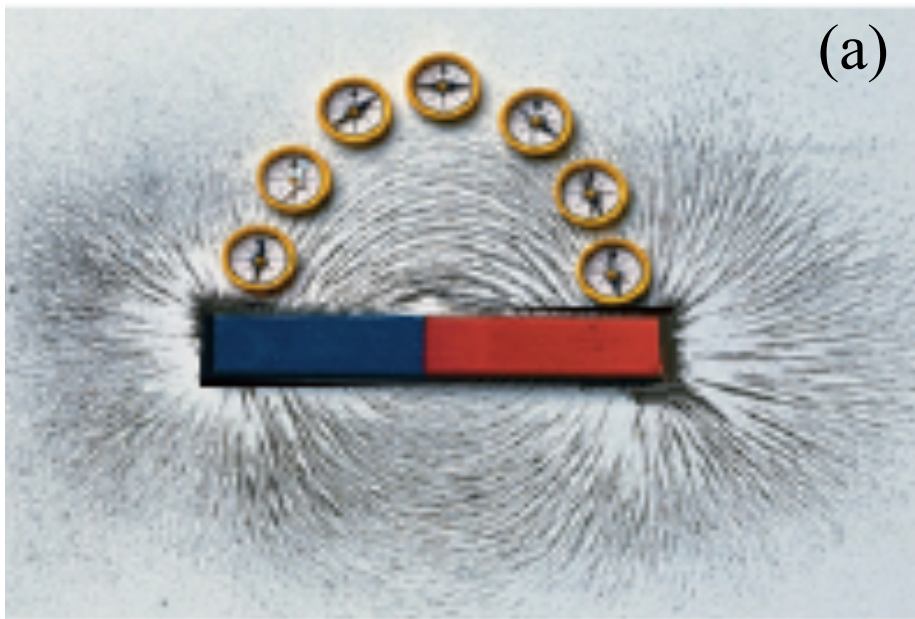
# Il Campo Magnetico

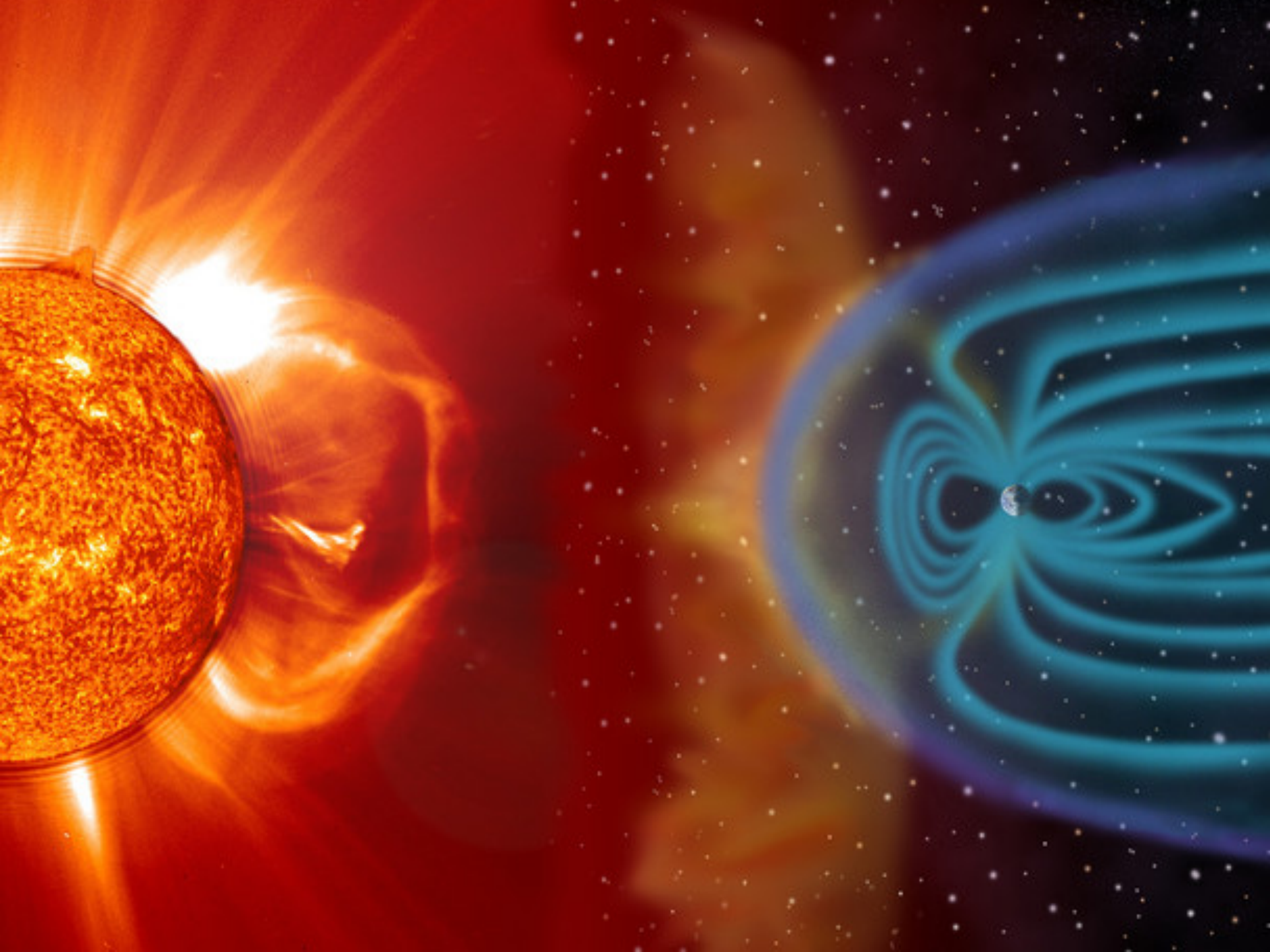
In modo del tutto analogo a come abbiamo introdotto il concetto di campo gravitazionale per spiegare l'interazione a distanza tra due masse e quello elettrico per spiegare l'interazione tra due cariche, è possibile introdurre il concetto di **campo magnetico** per descrivere l'interazione tra due o più magneti: anche in questo caso il campo, che indicheremo con il vettore  $\vec{B}$ , può essere rappresentato da linee di forza tali che (1) la **direzione** del campo magnetico in un punto sia tangente alla linea di forza passante per quel punto e (2) l'**intensità** del campo sia proporzionale al numero di linee tracciate per unità di superficie.



# Il Campo Magnetico

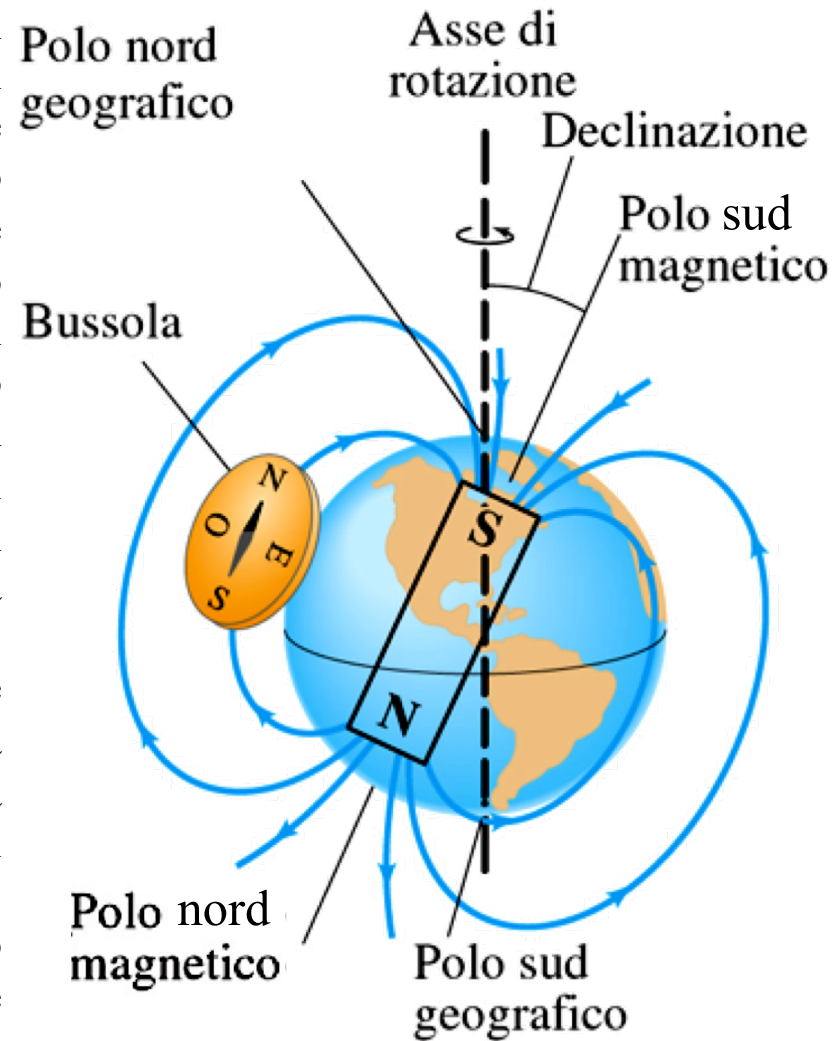
Le particelle di **limatura di ferro**, allineandosi come aghi magnetici di minuscole bussole, possono aiutarci a capire che aspetto hanno le **linee di campo magnetico attorno a un magnete** (a) : si ricordi che il verso del campo in un punto è indicato per definizione dal polo nord dell'ago di una bussola posta in quel punto e che il polo nord dell'ago di una bussola viene attratto dal polo sud di un magnete posto nelle vicinanze. Le linee di forza del campo magnetico sono dunque orientate in modo da risultare sempre **uscanti dal polo nord ed entranti nel polo sud** (b). Si noti anche che le linee di campo magnetico continuano il loro percorso anche dentro il magnete, generando un campo magnetico interno ad esso: infatti, a causa dell'assenza di monopoli magnetici **le linee di forza devono essere necessariamente chiuse**, a differenza di quanto accade per le linee di forza del campo elettrico che, come abbiamo visto, hanno origine sulle cariche positive e terminano sulle cariche negative.





# Il Campo Magnetico Terrestre

Come è noto, anche la Terra è circondata da un campo magnetico le cui linee di forza richiamano quelle di un immaginario gigantesco magnete posto al suo interno: dal momento che il polo nord (N) delle bussole punta verso il polo nord geografico terrestre, quest'ultimo deve evidentemente fungere da polo sud (S) magnetico dell'ipotetico magnete presente nella Terra (poiché, come sappiamo, il polo N di un magnete viene sempre attratto del polo S di un altro magnete). Nonostante ciò spesso il polo nord geografico terrestre viene chiamato anche polo nord magnetico, e così il polo sud. In ogni caso **i poli magnetici non coincidono con quelli geografici**, che si trovano esattamente sull'asse di rotazione: per esempio, il nord geomagnetico è un punto della calotta artica canadese posto a circa 900 km dal polo nord geografico. Questa differenza angolare tra il nord geografico e magnetico (da tenere ben presente quando si usa la bussola!) è detta **declinazione magnetica** e varia a seconda del punto della superficie terrestre in cui si misura (in Italia è attualmente sempre inferiore a  $1^\circ$ ). L'angolo formato invece dalla direzione del campo magnetico (che, come si vede in figura, non è sempre tangente alla superficie terrestre) e l'orizzontale è detto **inclinazione magnetica**.



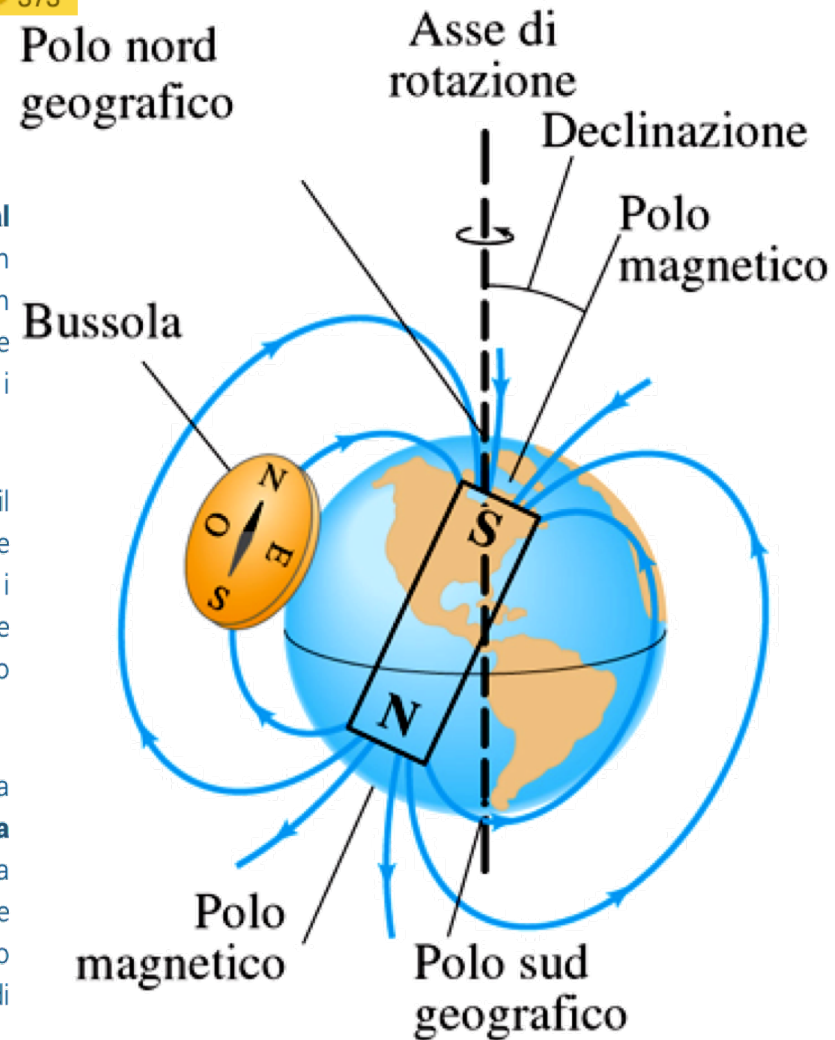
# Il polo nord magnetico della Terra si sta spostando molto rapidamente

15 Gennaio 2019 373

**Il polo nord magnetico della Terra si sta spostando rapidamente, allontanandosi dal Canada per avvicinarsi invece alla Siberia.** A darne notizia è stato, negli scorsi giorni, un articolo su *Nature*. Il fatto, le cui cause sono ancora tutte da approfondire, rappresenta un problema di notevole portata, al punto che gli esperti di geomagnetismo saranno a breve costretti ad aggiornare il **modello magnetico mondiale**, che funge da riferimento per tutti i sistemi di posizionamento e navigazione moderni, a partire dagli smartphone.

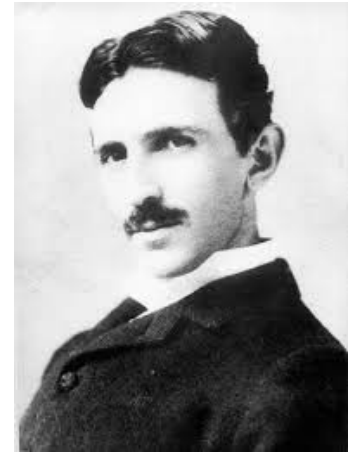
**Lo spostamento**, di per sé "fisiologico", è tuttavia **molto più rapido di quanto si pensasse**: il *modello magnetico mondiale* attuale, risalente al 2015, avrebbe dovuto rimanere in vigore fino al 2020, ma la velocità del fenomeno - che probabilmente vede come concausa i movimenti del nucleo ferroso liquido del nostro pianeta - ha spinto gli esperti ad aggiornare parzialmente i dati in anticipo, in vista dell'aggiornamento vero e proprio previsto per l'anno prossimo.

Non è la prima volta che il polo magnetico si sposta più velocemente del dovuto: la sua velocità è progressivamente aumentata a partire dagli anni '90 del XX secolo, passando **da 15 km a 55 km all'anno**; nel 2016, inoltre, parte del campo magnetico terrestre ha temporaneamente accelerato il proprio moto nella zona compresa tra il Sudamerica e l'Oceano Pacifico. E proprio questo spostamento, intervenuto a ridosso dell'aggiornamento del modello magnetico mondiale del 2015, ha contribuito ad "abbreviarne" il periodo di validità.

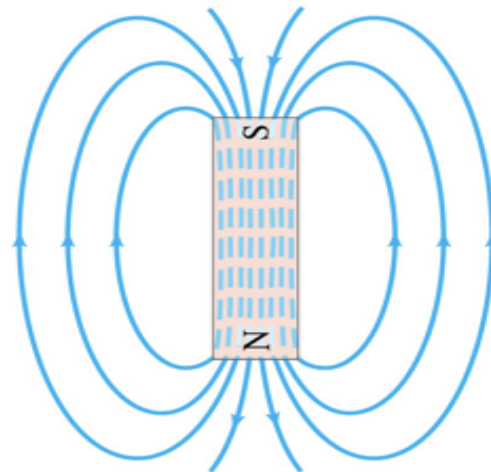
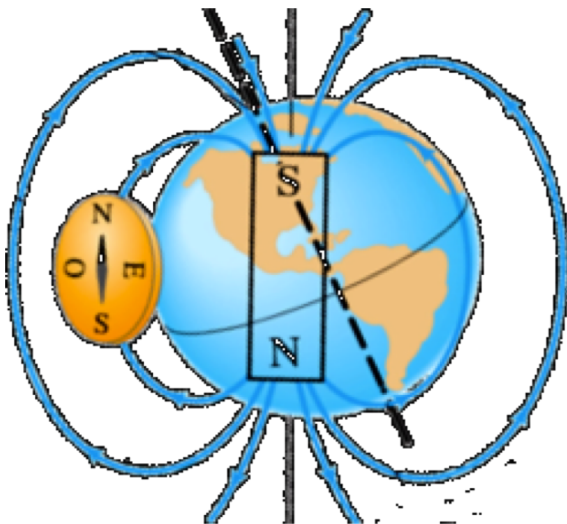


# Unità di misura del Campo Magnetico

L'unità di misura del campo magnetico nel sistema internazionale (SI) è il **tesla** (T), in onore del geniale fisico, inventore e ingegnere serbo (naturalizzato statunitense nel 1891) **Nikola Tesla**. Dal punto di vista dimensionale, si ha che  $1\text{T}=1\text{N}/\text{A}\cdot\text{m}$ . Spesso si utilizza anche l'unità di misura del sistema CGS, il **gauss** (G):  $1\text{G}=10^{-4}\text{T}$ . Si tenga presente che il **campo magnetico sulla superficie terrestre** è dell'ordine di mezzo gauss, quindi  $0.5\cdot 10^{-4}\text{T}$ . D'altro canto, elettromagneti molto potenti possono produrre campi dell'ordine di 2 T e i magneti superconduttori arrivano fino a campi da 10 T.



**Nikola Tesla**  
(1856-1943)



**Elon Musk**  
(1971-.....)

