

Alla scoperta dell'elettromagnetismo

Valeria Fusco, Fulvio Pompili

valeria.fusco@enea.it

0694005627

- ✓ Le dispense contengono due argomenti principali e i relativi esperimenti: l'elettrostatica e il magnetismo. Sono molto sintetiche, visti i tempi ridotti con cui verranno comunicate allo studente. Là dove possibile, vista la complessità degli argomenti trattati, non utilizzano gergo scientifico. Infatti lo scopo principale dell'evento è la divulgazione scientifica ad un pubblico di bambini (6-11 anni). La divulgazione ad un pubblico così giovane è complessa e richiede una certa propensione e capacità di semplificare. Nelle dispense si è comunque prestata attenzione al rigore nella comunicazione che lo studente dovrà mantenere.
- ✓ Lo studente dovrebbe **leggere la dispensa** per poter poi **scegliere uno o due esperimenti ciascuno**, concordati con i compagni, da comunicare al pubblico.
- ✓ Si allegano infine alcune schede con la descrizione dei giochi messi a disposizione dei bambini. Data la loro semplicità e viste le seguenti note, se ne omette la spiegazione.

Indice

- ✓ Introduzione all'elettrostatica
 - ✓ Atomo
 - ✓ Isolanti e conduttori
 - ✓ Elettrizzazione per strofinio: palloncini
 - ✓ Elettrizzazione per contatto, per induzione e polarizzazione: generatore di Van der Graaf
 - ✓ Elettroscopio a foglie
- ✓ Introduzione al magnetismo
 - ✓ Calamite, polvere di ferro, visualizzatore 3D di un campo magnetico
 - ✓ Bobina di Helmholtz
 - ✓ Semplice motore elettrico
 - ✓ Treno a propulsione magnetica
 - ✓ Piano inclinato con sfere magnetiche

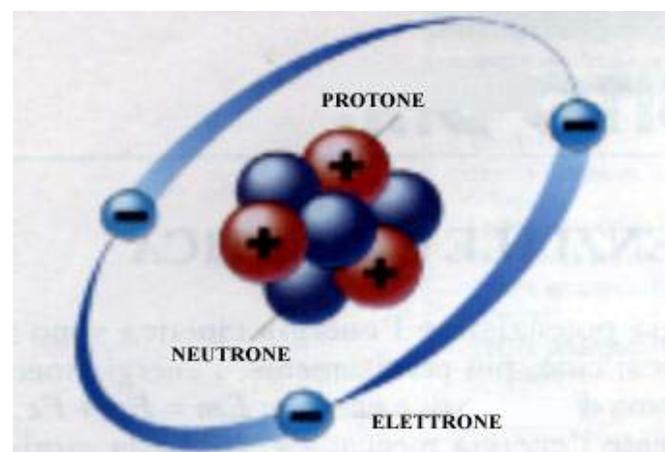
Tutta la materia che forma il nostro universo e' composta da minuscoli corpi (un centomillesimo di centimetro cioe' 10^{-8} cm= 10^{-10} m= 1 \AA) chiamati atomi.

L'atomo a sua volta e' costituito da una piccolissima pallina (10^{-13} cm) detta **nucleo**, attorno al quale si muovono particelle leggere dette **elettroni**.

La carica elettrica

L'elettrone e' una particella elementare (cioe' non composta da particelle piu' semplici), la quale, oltre ad avere una massa (9×10^{-31} kg), ha un altro attributo: la **carica** che per convenzione si dice negativa e si indica con il **segno -**.

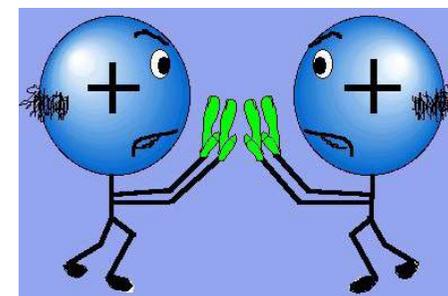
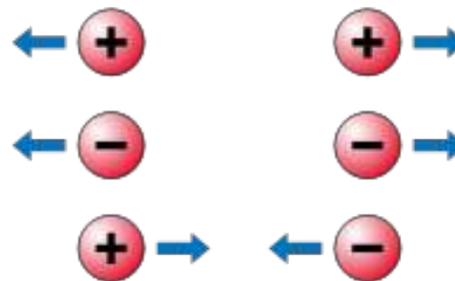
Il nucleo di un atomo e' formato invece da **protoni** e neutroni; anche i protoni hanno una carica che in questo caso si dice positiva e si indica con il **segno +**; i **neutroni**, non avendo carica, si dicono **neutri**.



La natura vuole che cariche dello stesso segno (-/- oppure +/+) si respingano mentre cariche di segno opposto si attraggano (+/-).

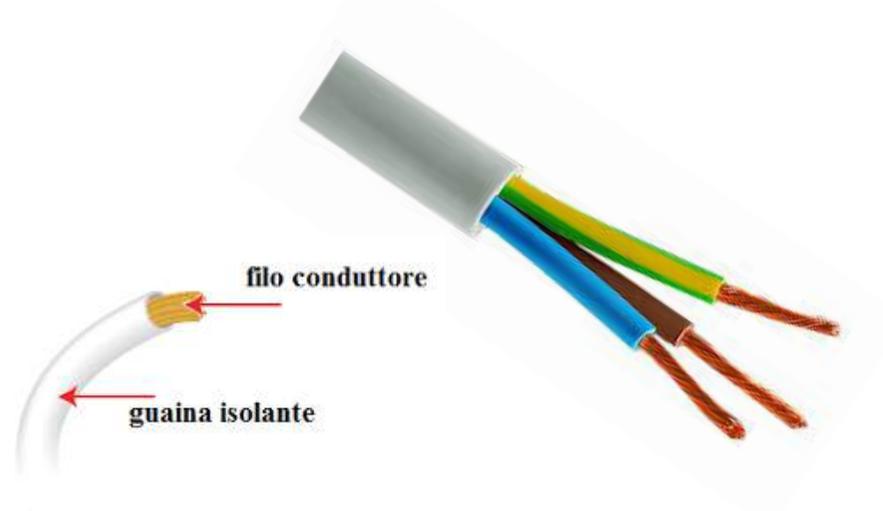
In un atomo, il numero di protoni (carica +) uguaglia il numero di elettroni (carica -) ed è detto neutro.

Quando ciò non avviene, per varie ragioni di origine naturale o artificiale, l'atomo non è più neutro (si chiama ione) e si crea così **elettricità statica**.



Isolanti e conduttori

Ci sono due categorie di sostanze: isolanti e conduttori. Negli **isolanti** gli elettroni non sono liberi di muoversi all'interno del materiale, viceversa nei **conduttori** possono muoversi liberamente (fili elettrici ecc...).



Lo **strofinio** fra due corpi puo' produrre il passaggio di un certo numero di elettroni da un corpo ad un altro e cioe' dal corpo in cui sono meno fortemente legati a quello in cui lo sono di piu': il corpo dunque non sara' piu' neutro ma avra' acquisito o perso una certa quantita' di elettroni e si dira' elettrizzato.

Strofinando un palloncino con un panno, il palloncino acquisisce o perde elettroni e dunque si elettrizza; nel caso in cui abbia ceduto elettroni sara' carico positivamente, mentre sara' carico negativamente se avra' acquistato elettroni.

Il palloncino cosi' elettrizzato viene sospeso in aria tramite un filo isolante. Un altro palloncino o bacchetta elettrizzati per strofinio verranno attratti o respinti da quello sospeso, a seconda che abbiano la stessa carica o quella opposta, rispettivamente.

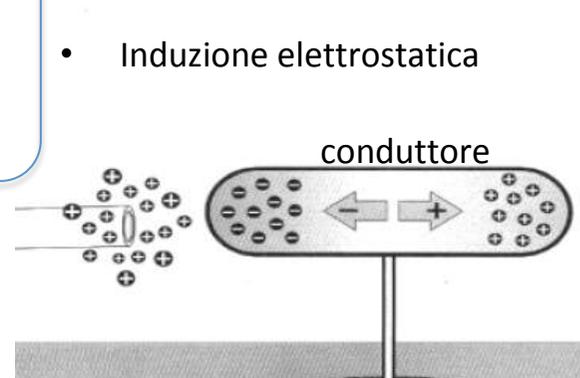
Un corpo puo' anche elettrizzarsi mediante il semplice **contatto** con un corpo carico.

Infine un corpo conduttore puo' elettrizzarsi per **induzione elettrostatica** quando ad esso venga avvicinato un corpo carico; in questo caso le cariche nel conduttore di segno opposto a quelle del corpo carico, si avvicineranno a quest'ultimo, come in figura.

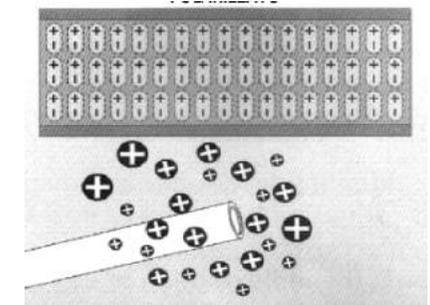
In un isolante gli elettroni invece si muovono solo all'interno degli atomi orientandoli o deformandoli nella direzione del corpo carico, come in figura; questo fenomeno si chiama **polarizzazione**.



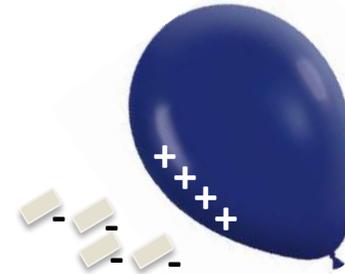
- Induzione elettrostatica



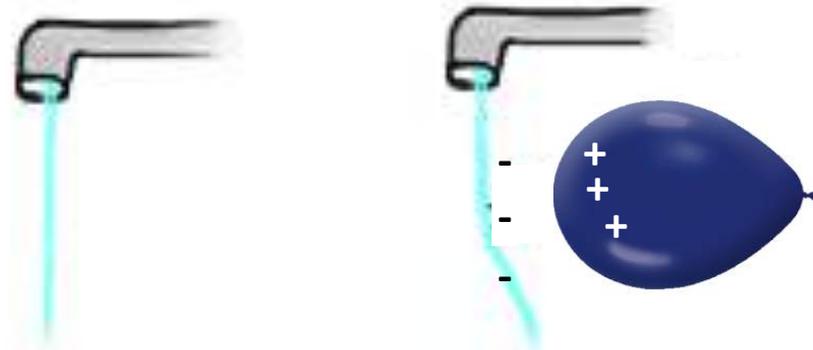
- polarizzazione



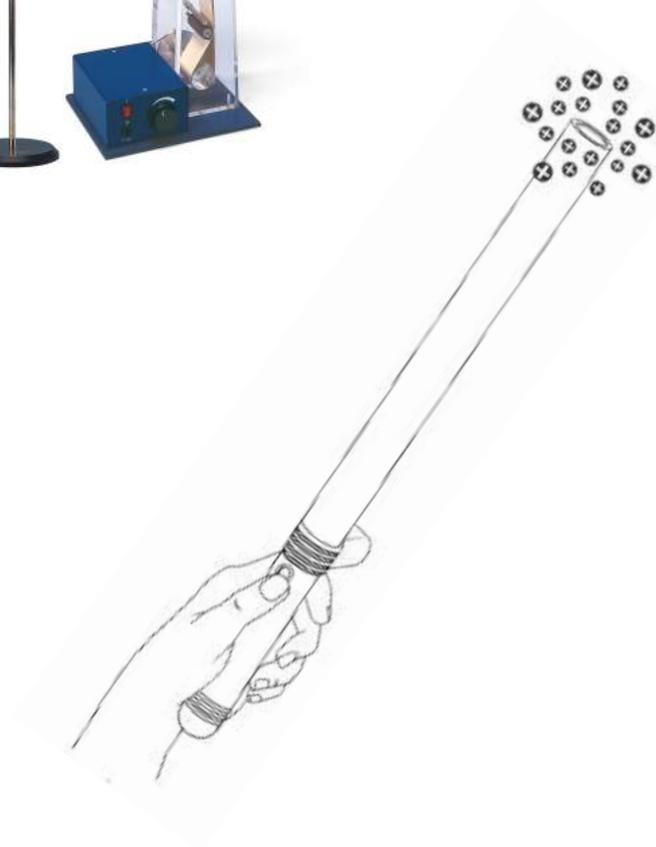
Il palloncino, caricato per strofinio, viene avvicinato a pezzi di carta leggeri che si **polarizzano**. Cariche opposte si attraggono e quindi i pezzetti di carta si sollevano verso il palloncino.



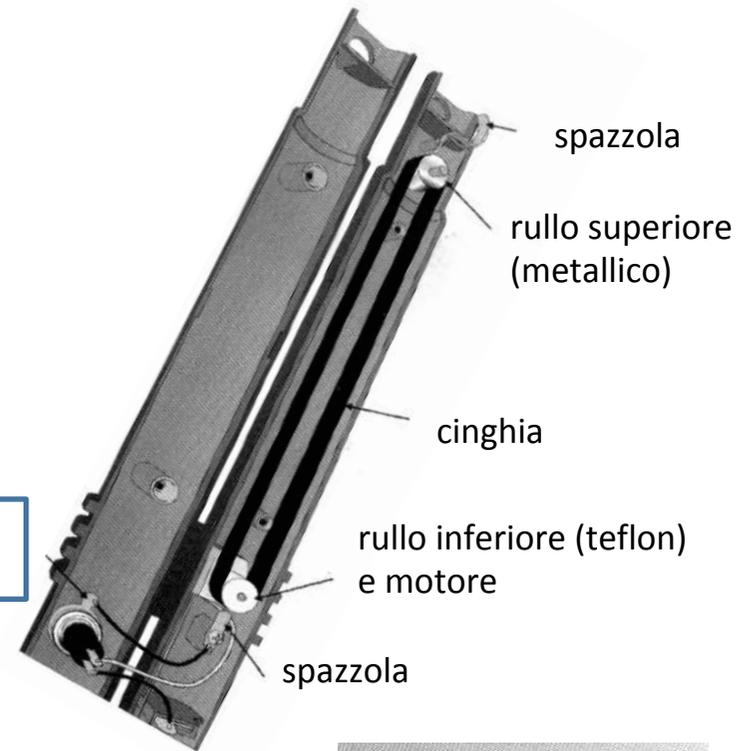
il palloncino, caricato per strofinio, viene avvicinato ad un sottile filo d'acqua che si carica per **induzione elettrostatica**. Le cariche opposte a quelle del palloncino sono attratte verso il palloncino ed il getto d'acqua si sposta.



- ✓ Un generatore di Van der Graaf e' una macchina elettrostatica in grado di accumulare una grande quantita' di carica.
- ✓ In genere si presenta come un tubo all'interno del quale scorre una cinghia che si muove grazie a due rulli. Sulla sommita' del tubo si trova una grande sfera metallica che e' l'oggetto su cui viene accumulata la carica.
- ✓ Nel presente dispositivo, le cariche si accumulano invece su un tubo di cartone; grazie al fatto di essere uno scarso conduttore, le cariche migrano lentamente sul cartone e cio' ne garantisce la sicurezza.



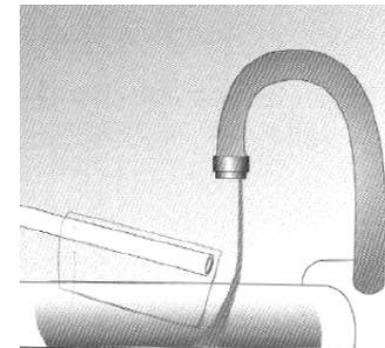
Anche in questo caso, una cinghia scorre tra due rulli. Il rullo inferiore e' azionato da un piccolo motore elettrico, alimentato a batteria; la cinghia si carica per strofinio con il rullo inferiore. La carica cosi' accumulata viene trasportata dalla cinghia verso il pettine superiore che si carica per induzione. Il pettine e' in contatto con il tubo di cartone che cosi' acquisisce carica.



Van der Graaf: esperimento

Gli stessi effetti dei palloncini elettrizzati, si possono ottenere con il tubo di Van der Graaf

Il tubo carico viene avvicinato ad un sottile filo d'acqua che si carica per **induzione elettrostatica**. Le cariche opposte a quelle del tubo sono attratte verso il tubo stesso ed il getto d'acqua si sposta.



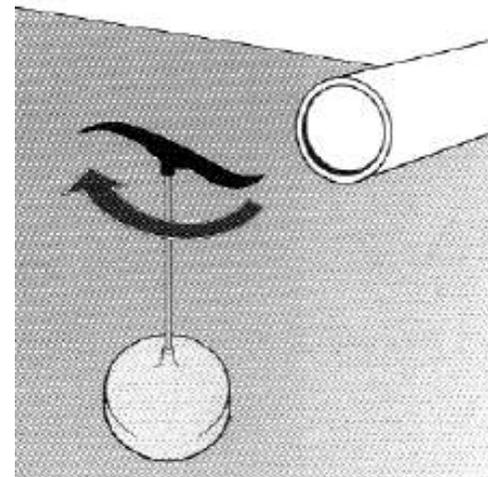
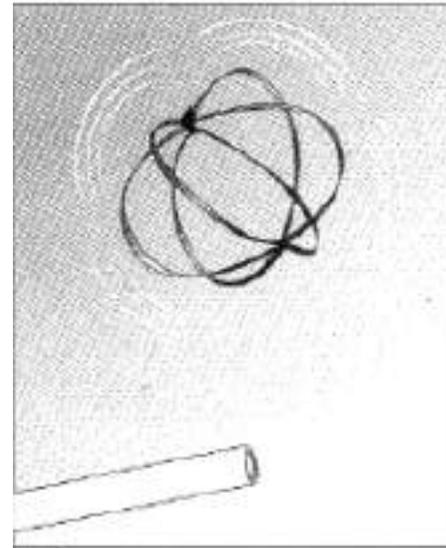
Il tubo carico viene avvicinato ad un sottile oggetto di mylar alluminato. Questo si carica per induzione e quindi si avvicina al tubo, venendone a contatto. Il mylar a questo punto ha la stessa carica del tubo e viene respinto verso l'alto, fluttuando. La sagoma di mylar si espande perche', avendo la stessa carica, le varie parti si respingono.

Se si posizionano sul tubo dei piccoli oggetti di alluminio e lo si accende, questi si caricano per contatto e vengono respinti.

Il tubo carico viene messo a contatto con il mulinello metallico che si carica dello stesso segno. Il tubo ionizza l'aria circostante, generando ioni positivi (ed elettroni) che vengono respinti producendo il cosiddetto "vento elettrostatico".

Gli ioni si muovono verso le punte del mulinello che, essendo cariche dello stesso segno, vengono respinte, mettendo in rotazione il mulinello.

Il fenomeno e' reso possibile dal fatto che le cariche non sono uniformemente distribuite sul mulinello ma tendono a concentrarsi sulle punte (effetto punta).



- ✓ Un elettroscopio a foglie e' costituito da un contenitore trasparente che consente l'ispezione e un'asta metallica ripiegata su cui sono poste due sottili foglie di alluminio unite su un lato. Quando l'asta metallica e' elettricamente scarica, le foglie sono affiancate in posizione verticale.

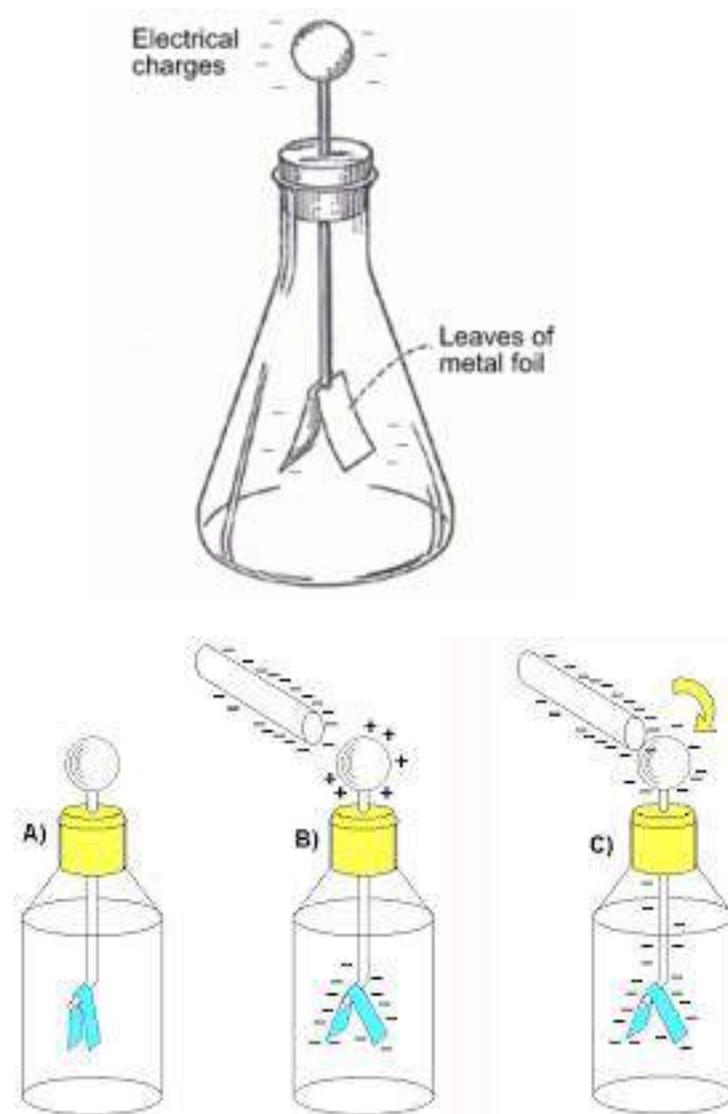
Elettroscopio a foglie: esperimenti

Si avvicini, senza toccare, il palloncino elettrizzato, oppure il tubo di Van der Graaf, all'asta di metallo. Si nota che le foglie metalliche si separano. Infatti, l'asta si carica per induzione e, poiche' si tratta di un conduttore, la carica migra anche sulle foglie metalliche che, avendo lo stesso segno, si allontanano.

Quando il corpo carico viene allontanato, le foglie tornano nella posizione verticale

Si metta a contatto il palloncino elettrizzato o il tubo di Van der Graaf con l'asta metallica. Le foglioline si separano ancora una volta.

In questo caso pero', quando la fonte di carica viene allontanata, le foglie permangono nella posizione aperta; questo perche' con il contatto, c'e' stato un trasferimento di carica.



Il nome “gabbia di Faraday” è dato in onore dello scienziato inglese Michael Faraday che per primo sperimentò il fenomeno secondo il quale il campo elettrico all’interno di un conduttore cavo, al di fuori del quale sia posta una carica, è nullo.

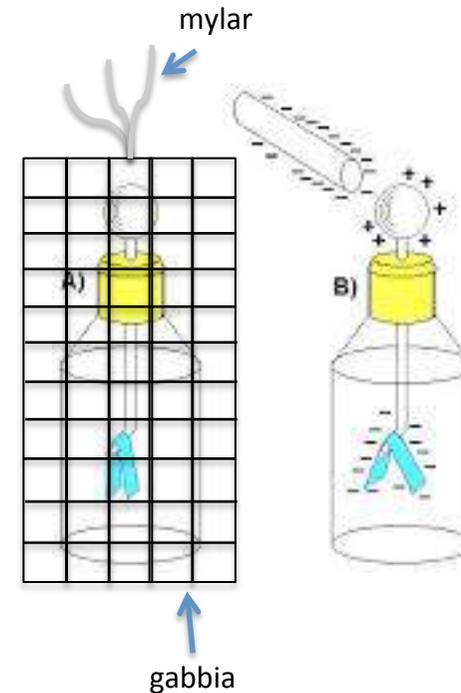
Per verificare quanto detto, si ponga un elettroscopio a foglie all’esterno di una rete metallica chiusa (gabbia) e se ne ponga uno all’interno della stessa.

Si osserva che, ponendo delle cariche elettriche nelle vicinanze della rete metallica, le foglioline dell’elettroscopio interno rimangono chiuse mentre quelle dell’elettroscopio esterno si aprono.

Se ne deduce che il conduttore, purché formi una superficie chiusa, funge da schermo elettrostatico.

Inoltre, sulla gabbia sono state applicate delle sottili lamine di mylar alluminato. La loro elettrizzazione, durante l’esperienza, evidenzia che la rete metallica risulta carica mentre le foglioline continuano ad essere neutre e dunque non si divaricano.

La ragione risiede nella forma del campo elettrico che varia come l’inverso del quadrato della distanza tra la carica e il punto di osservazione (legge di Coulomb da cui si deriva il teorema di Gauss) e dalla ipotesi elettrostatica e cioè di costanza delle grandezze fisiche nel tempo.



In natura esistono oggetti capaci di attrarre materiali particolari detti ferromagnetici (ferro, nichel, cobalto). La forza con cui sono attratti e' detta **forza magnetica**.

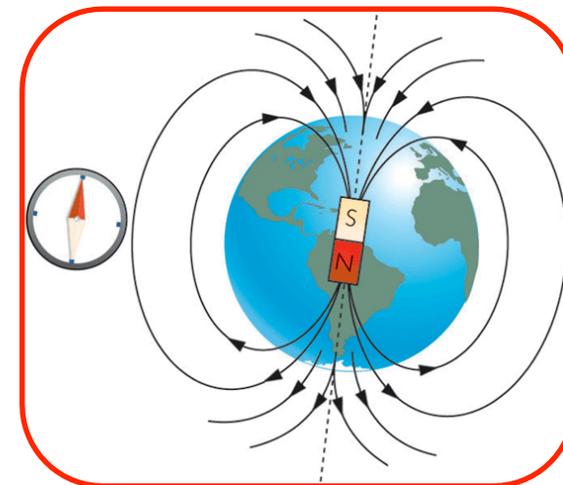
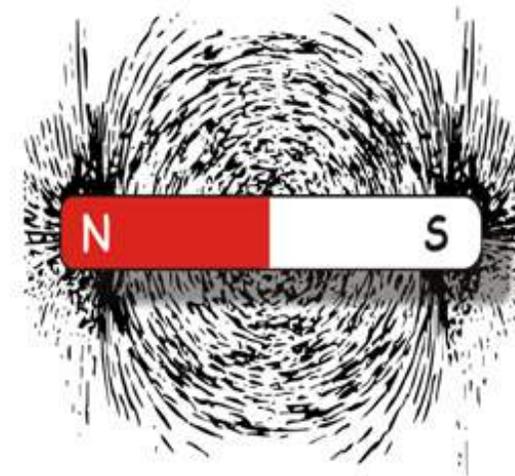
Questi oggetti, detti calamite o magneti, esercitano anche tra loro delle forze magnetiche che possono essere attrattive o repulsive. Si individua, analogamente a quanto fatto per la carica elettrostatica, un segno che chiamiamo **polo Sud** e **polo Nord**.

Questi nomi derivano dal fatto che anche la terra si comporta come un debole magnete.

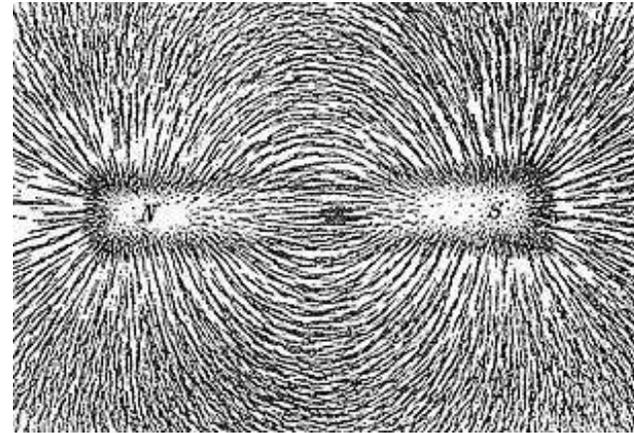
Si noti che, indipendentemente dalle sue dimensioni, un magnete ha sempre due poli opposti: i poli magnetici, a differenza delle cariche elettriche, non possono esistere separatamente.

I magneti a disposizione evidenziano, con colori diversi, il polo Sud e il polo Nord. Avvicinando poli uguali, questi si respingono, viceversa poli diversi si attraggono

Una **bussola** e' costituita da un magnete che si orienta secondo i poli della terra



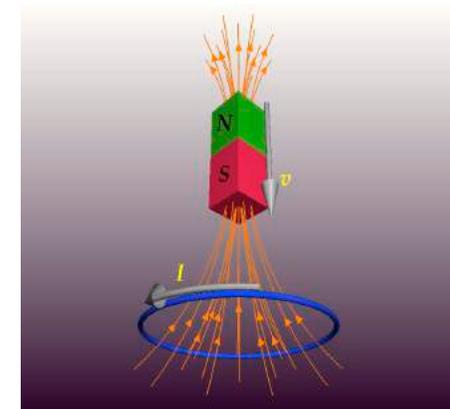
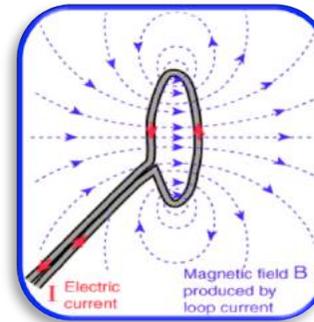
Le **linee di campo magnetico**, cioè il luogo dei punti dove la forza magnetica esercita la sua azione, possono essere visualizzate ponendo il magnete in un cilindro al cui centro sia stato praticato un foro. Il cilindro è trasparente e riempito di una sostanza gelatinosa che ha in sospensione della limatura di ferro. Quest'ultima, sottoposta alla forza magnetica si dispone, una volta inserito il magnete, lungo le linee di campo.



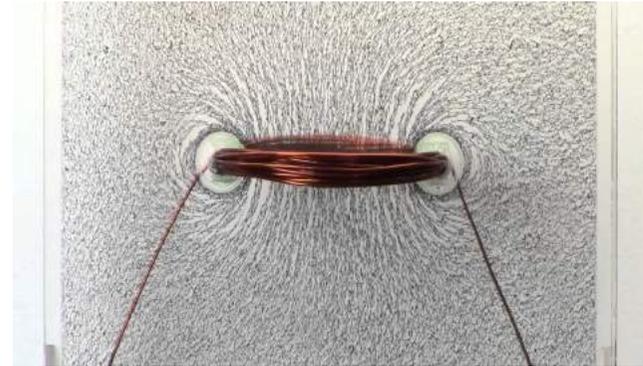
Bobina percorsa da corrente

Si osserva che:

- ✓ un filo conduttore percorso da corrente genera un campo magnetico intorno al filo stesso
- ✓ una spira immersa in un campo magnetico variabile viene percorsa da una corrente indotta dal campo stesso



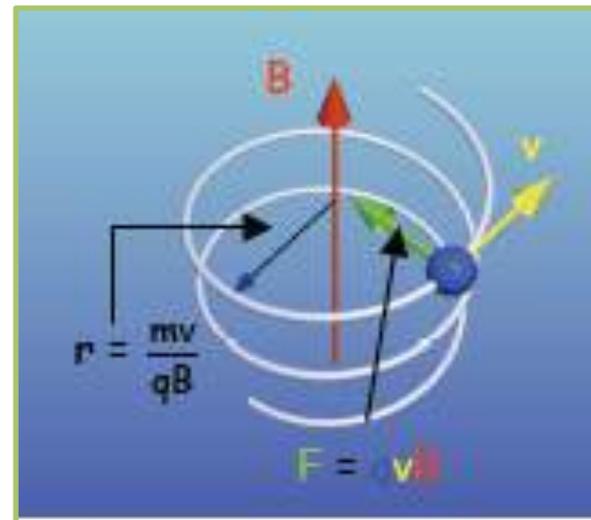
Utilizziamo una **bobina**: si tratta di un filo conduttore avvolto in spire in cui viene fatta scorrere della corrente. Se si pone un magnete libero di muoversi al suo interno, si nota che esso, sottoposto alla forza magnetica, si muove e si orienta lungo le linee di campo.



Si utilizzi ancora la bobina di Helmholtz sostituendo però l'alimentatore, che permetteva alla corrente di scorrere nelle spire, con un **microamperometro** cioè un dispositivo che misura la corrente. Prendiamo un magnete e muoviamolo all'interno della bobina in modo da produrre un campo magnetico variabile. Notiamo che, se il magnete viene mosso rapidamente, l'ago del microamperometro si sposta indicando la presenza di corrente; il magnete tenuto fermo non induce invece alcuna corrente.



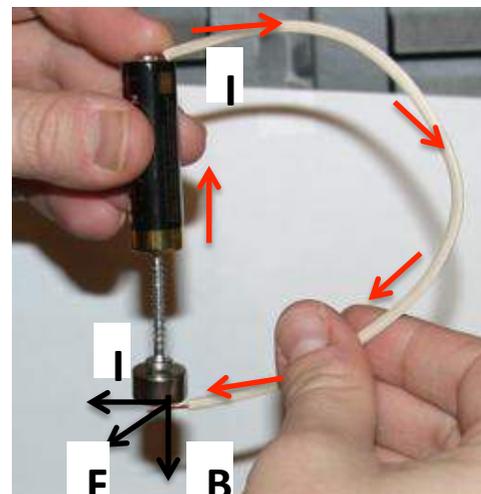
Un campo magnetico e' in grado di esercitare una forza (forza di Lorentz) su cariche elettriche in movimento (corrente). L'intensita' della forza dipende dalla direzione che il campo magnetico e la corrente assumono reciprocamente.



Semplice motore elettrico: esperimento

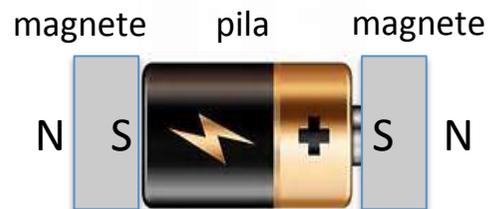
Questo effetto puo' essere mostrato con un semplice esperimento utilizzando una pila elettrica, un filo conduttore, una vite ed un potente magnete.

La pila, la vite e il magnete, posti a contatto, costituiscono un insieme di conduttori chiusi (circuito) sul quale puo' scorrere corrente, cosi' come indicato dalle frecce rosse in figura.; sulla corrente agisce il campo magnetico che produce la forza di Lorentz mettendo in rotazione il magnete.

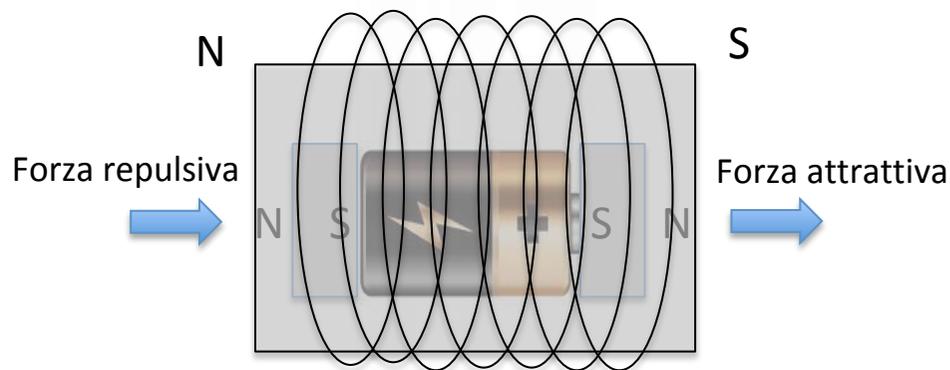


I=corrente
B=campo magnetico
F=forza di Lorentz

Un filo conduttore e' avvolto a formare delle spire (solenoido) come in figura. Due magneti vengono posti ai capi di una pila elettrica in modo tale che i due poli esterni siano uguali (Sud-Sud oppure Nord-Nord).

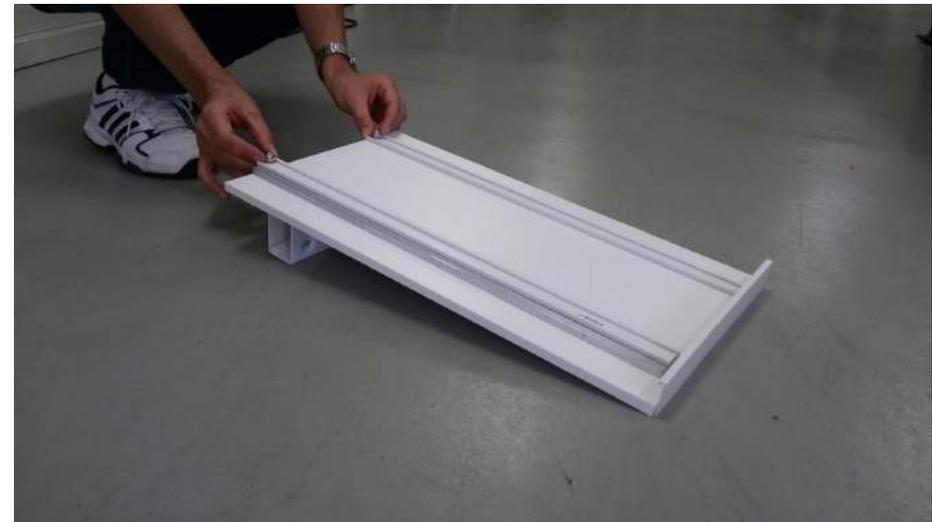


I morsetti della batteria sono in contatto elettrico con i magneti; in tal modo quando i magneti con la pila vengono inseriti nel solenoide, si forma un circuito chiuso in cui scorre corrente. La corrente, a sua volta, genera un campo magnetico che attrae (o respinge) i magneti provocandone lo spostamento all'interno del solenoide (vedi figura).



- ✓ Come abbiamo visto nel caso della bobina di Helmholtz, un campo magnetico variabile e' in grado di indurre correnti all'interno di un conduttore.
- ✓ Ogni volta che un conduttore e' percorso da corrente si ha dissipazione di energia sotto forma di calore (per esempio i fili elettrici si scaldano)

Su un piano inclinato sono applicate due guide identiche di materiale isolante; al di sotto di una delle due e' posta una barra di alluminio (metallo non ferromagnetico). L'esperimento consiste nel far rotolare due sfere magnetiche sulle guide. Si osserva che la sfera che rotola sulla guida con la barra di alluminio si muove piu' lentamente dell'altra. Cio' non e' dovuto all'attrazione statica tra il magnete e l'alluminio: infatti se avviciniamo la sfera alla barra non sperimentiamo alcuna forza di attrazione. La ragione risiede invece nelle correnti indotte nell'alluminio dal campo magnetico variabile prodotto dal movimento della sfera. Queste correnti dissipano una parte dell'energia cinetica (legata alla velocita') della sfera che quindi rallenta.



- C. Mencuccini, V. Silvestrini, Fisica II – Elettromagnetismo Ottica
- Fun Fly Stick, Science Kit - Experiment guide