

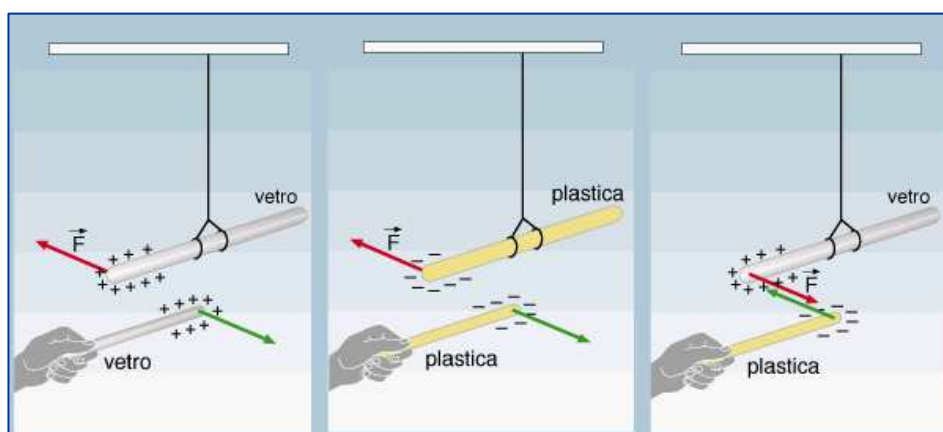
Le basi dell'elettrostatica

1. Fenomeni elettrici elementari

Fin dal VI- VII secolo avanti Cristo era noto ai greci (Talete di Mileto) che pezzetti di paglia o di sughero venivano attirati da un pezzo di **ambra** strofinata con la lana.



Studi sistematici sulla elettrizzazione per strofinino furono eseguiti 2000 anni dopo Talete dal medico inglese Gilbert (1540-1603) che coniò la parola **elettricità** dalla parola greca **électron** che vuol dire ambra. Gilbert, sulla base di esperienze fatte utilizzando **bacchette di vetro o ebanite** tenute sospese ad un sottile filo di seta che venivano strofinate con un panno di lana e poi avvicinate tra loro; concluse che, poiché 2 bacchette di vetro si respingono mentre una di vetro e l'altra di ebanite si attraggono, per strofinino il vetro e l'ebanite acquistano una carica elettrica che è però diversa \Rightarrow due tipi di carica elettrica \Rightarrow **elettricità positiva** (vetro) e **elettricità negativa** (ebanite).

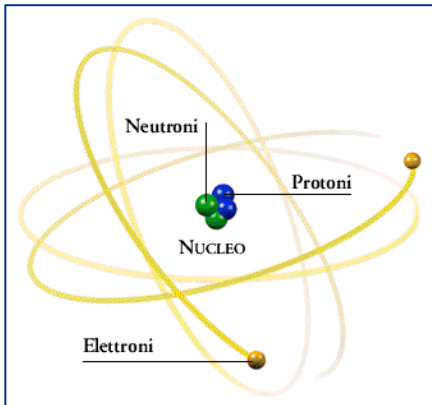


Le sostanze (vetrose) che vengono attratte dall'ambra (o dall'ebanite) possiedono una elettricità positiva mentre tutte quelle che vengono respinte dall'ambra possiedono una elettricità negativa.

1.1. Carica elettrica

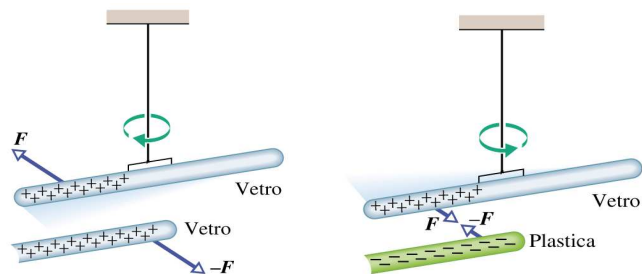
Fino a tutto il XIX secolo l'elettricità venne interpretata come un fluido immateriale posseduto dai corpi; la comprensione dell'origine dei fenomeni di elettrizzazione dei corpi si sviluppò, successivamente, con l'affermarsi dell'idea che la materia sia costituita da *atomi*.

L'idea moderna di elettricità si basa sulla teoria elettronica della materia, secondo la quale la materia è fatta di atomi con un nucleo positivo, intorno al quale ruotano gli elettroni negativi.



Un atomo, in genere, è neutro cioè ha un uguale numero di protoni positivi e di elettroni negativi. Quando due differenti materiali sono strofinati fra loro, il materiale con maggiore affinità per gli elettroni strappa gli elettroni all'altro e si carica negativamente. Il secondo materiale, invece, perdendo gli elettroni si carica positivamente. Ma la carica positiva dell'uno e la carica negativa dell'altro rimangono numericamente uguali.

Strofinata l'ebanite con la lana, alcuni elettroni degli atomi della lana passano sulla superficie dell'ebanite \Rightarrow l'**ebanite** si carica *negativamente* e la **lana**, inizialmente neutra, si carica *positivamente*



Cariche elettriche dello stesso segno si respingono, e cariche elettriche di segno opposto si attraggono.

1.2. Carica elettrica e unità di misura

L'unità di misura della carica elettrica nel S.I. è derivata dall'ampere (A) unità di misura della intensità di corrente elettrica (moto ordinato di cariche elettriche all'interno di metalli o soluzioni saline, fenomeno conosciuto prima della costituzione atomica della materia).

L'unità di misura della carica elettrica, detta *coulomb* (C), è la *quantità di carica che viene trasportata da una corrente di 1 ampere in 1 secondo*.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ S}$$

La carica elettrica è una grandezza scalare che caratterizza lo stato di elettrizzazione di un corpo. Essa può essere sia positiva che negativa.

La più piccola **carica elettrica** misurata è quella dell'elettrone, che viene detta **carica elementare**:

$$e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

TABELLA 19.1 Carica e massa dell'elettrone, protone e neutrone

Particella	Carica (C)	Massa (kg)
Elettrone (e)	$-1.6021917 \times 10^{-19}$	9.1095×10^{-31}
Protone (p)	$+1.6021917 \times 10^{-19}$	1.67261×10^{-27}
Neutrone (n)	0	1.67492×10^{-27}

In tutti gli esperimenti condotti si è sempre constatato che la carica posseduta dai corpi è un *multiplo intero della carica dell'elettrone*.

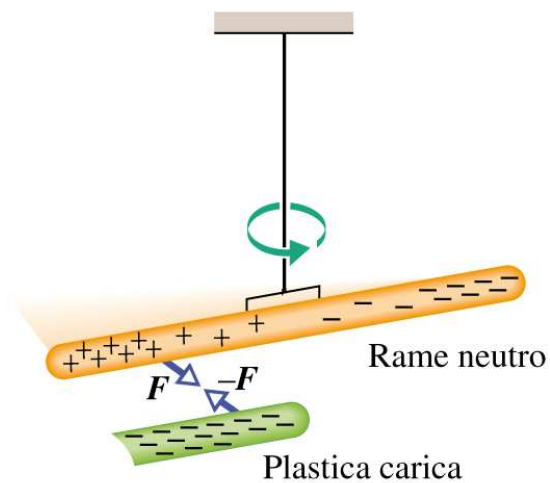
$$q = n \cdot e$$

Si dice quindi che la *carica è quantizzata*.

1.3. Conduttori ed isolanti

Nel 1730 il fisico inglese Gray suddivise in materiali in due categorie: **conduttori** e **isolanti** (o *dielettrici* o *coibenti*).

I conduttori si lasciano attraversare dalle cariche elettriche e quindi lasciano sfuggire le cariche (come il ferro, il rame,...).



Gli isolanti non lasciano sfuggire le cariche (come il vetro, l'ebanite, la plastica, la gomma,...).

Nei conduttori vi sono particelle cariche che sono libere di muoversi e sono dette *portatori di carica* ⇒ nei metalli sono gli **elettroni di conduzione**, nei conduttori liquidi e gassosi sono gli **ioni**.

Negli isolanti gli elettroni non possono allontanarsi dagli atomi di cui fanno parte e, se strofinati, accumulano gli elettroni che acquistano facendo così aumentare la carica elettrica.

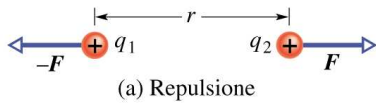
I **semiconduttori**, infine, sono una classe di materiali con proprietà intermedie fra i conduttori e gli isolanti.

1.4. Legge di Coulomb

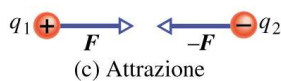
E' noto che cariche elettriche dello stesso segno si respingono e cariche elettriche di segno opposto si attraggono, l'intensità della forza di attrazione o repulsione tra

cariche fu determinata nel 1785 da Coulomb che determinò la **legge di Coulomb** servendosi di una bilancia di torsione.

La forza attrattiva o repulsiva fra due cariche elettriche è direttamente proporzionale al prodotto delle cariche e inversamente proporzionale al quadrato della distanza che le separa.

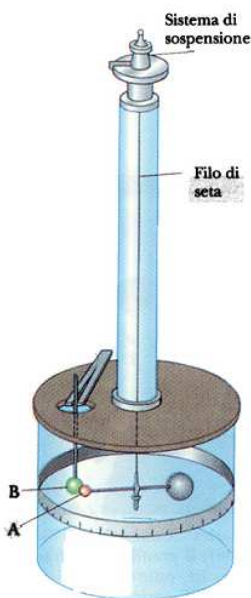


$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$



Nel vuoto $F_0 = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ con $k_0 = 8,99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

Coulomb operò con delle sferette aventi una determinata carica e le pose a varie distanze, dalle misure fatte ricavò:



■ **Dipendenza della forza dalla distanza**

Se la distanza raddoppia la forza diviene quattro volte più piccola, se la distanza triplica la forza diviene nove volte più piccola, se la distanza si dimezza la forza diviene quattro volte più grande ecc...

Quindi **la forza di interazione tra due cariche puntiformi è inversamente proporzionale al quadrato della distanza.**

■ **Dipendenza della forza dalle cariche**

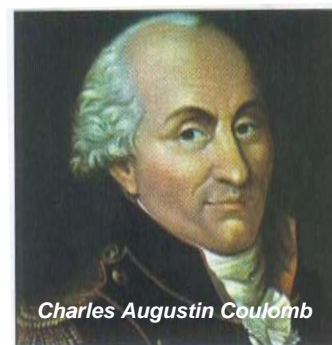
Non variando la distanza, la forza è direttamente proporzionale a ciascuna delle due cariche, quindi al loro prodotto.

Quindi **la forza di interazione tra due cariche puntiformi è direttamente proporzionale al prodotto delle due cariche.**

Riunendo i due risultati è possibile scrivere:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

equazione che esprime la **Legge di Coulomb**.



La costante k_0 è storicamente espressa nella forma $k_0 \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ dove ϵ_0 si chiama **costante dielettrica assoluta del vuoto**.

Il valore di ϵ_0 è

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \left[\frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \right]$$

Nel caso di un qualsiasi dielettrico, si pone: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

dove ϵ_r si chiama **costante dielettrica relativa del dielettrico** in cui sono immerse le cariche.

Quindi nel vuoto si ha

$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

nella materia

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Costanti dielettriche relative (T = 298 K)	
ambra	2,8
carta	2,1
legno	3-7
PVC	4,5
silicio	12
vetro	5-10
zucchero	3,3
alcol etilico (etanolo)	24-26
ghiaccio (268 K)	75
acqua	80
vapore acqueo* (393 K)	1,00060
aria (273 K)*	1,00056

1.5. Tipi di elettrizzazione

• **Elettrizzazione per strofinio (isolanti e conduttori)**

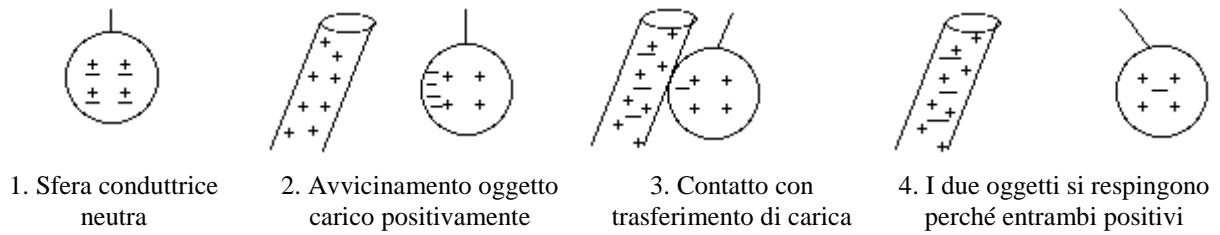
Fenomeno caratteristico di diversi materiali (sia isolanti che conduttori) che, se strofinati, acquistano la capacità di attirare o respingere altri oggetti leggeri, che possono essere stati a loro volta strofinati.



Esempio: la plastica strofinata con un panno di lana attira dei pezzetti di carta.

• **Elettrizzazione per contatto (conduttori)**

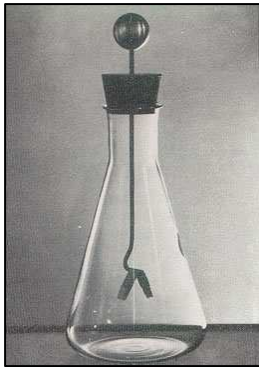
Un conduttore neutro può essere caricato mettendolo a contatto con un altro corpo carico. Mettendo a contatto i due corpi, parte della carica posseduta dal primo corpo passa sul secondo che quindi risulterà carico dello stesso segno.



Esempio: una bacchette metallica elettricamente *neutra* viene toccata da una seconda bacchetta metallica *elettrizzata* per strofinio \Rightarrow la prima si elettrizza perché la carica della seconda si è ripartita tra le 2 bacchette.

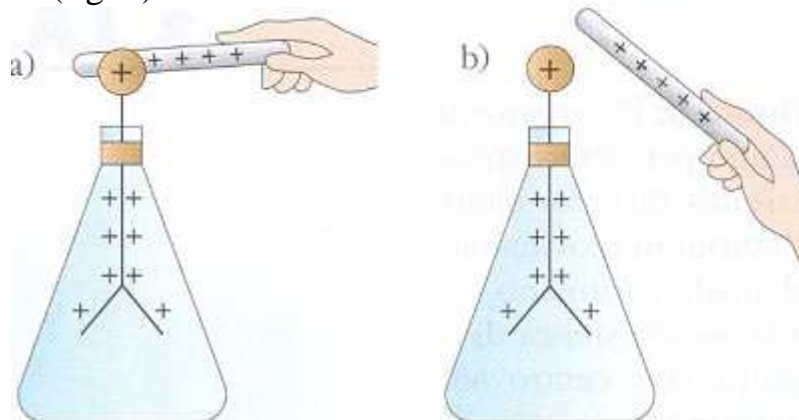
Elettroscopio a foglie

La proprietà dei conduttori di trasmettere la carica elettrica da un'estremità all'altra trova applicazione nell'**elettroscopio**, un dispositivo per mezzo del quale è possibile rivelare la carica elettrica di un corpo.



Esso è costituito da una bacchetta metallica terminante a un'estremità con una sferetta e all'altra con due foglioline metalliche molto leggere, generalmente d'oro; il tutto è racchiuso in una custodia di vetro. Portando a contatto della sferetta dell'elettroscopio un corpo conduttore elettrizzato, la carica elettrica, tramite la bacchetta metallica, si trasmette alle foglioline d'oro.

Acquistando una carica dello stesso segno, queste esercitano l'una sull'altra una forza repulsiva e, se sono sufficientemente leggere, divergono (fig. a). Anche quando il conduttore elettrizzato è allontanato dall'elettroscopio, le foglioline rimangono aperte, il che dimostra che su di esse è rimasta una parte della carica iniziale del corpo conduttore (fig. b).

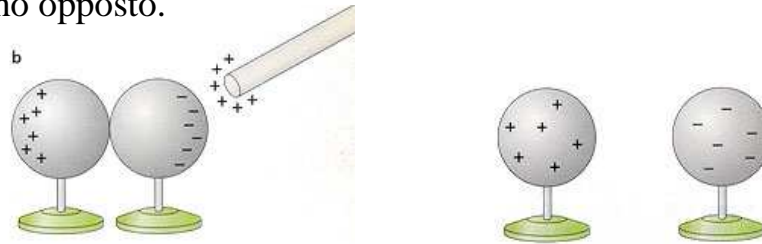


- Elettrizzazione per induzione (conduttori)**

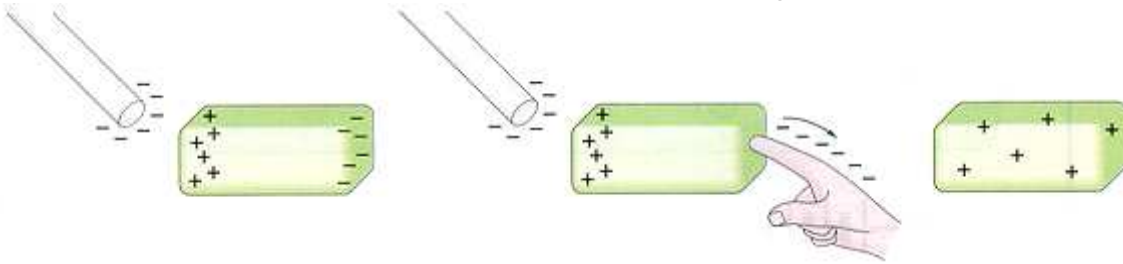
Un fenomeno elettrostatico che consiste nell'elettrizzazione temporanea di un corpo inizialmente neutro, posto vicino ad un corpo carico.

In questo caso le cariche che si trovano su di esso si ridistribuiscono. Le cariche di segno opposto a quelle del corpo inducente sono da esso attratte, le altre allontanate.

Il conduttore quindi è attratto dal corpo inducente, pertanto se il conduttore si può dividere in due, è sufficiente separarle affinché risultino elettrizzate con cariche uguali e di segno opposto.



Il conduttore indotto può anche essere un conduttore qualsiasi che viene “messo a terra” toccandolo con le dita o con un filo metallico collegato a terra.



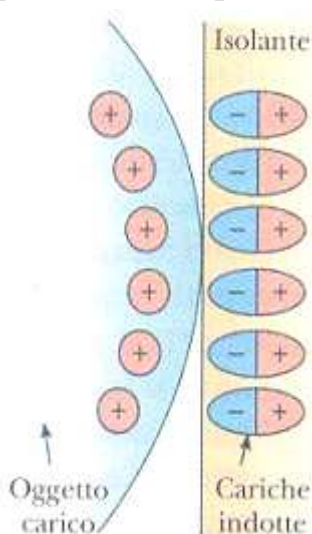
1.6. Polarizzazione degli isolanti

Un fenomeno tipico degli isolanti consiste nella *polarizzazione di un isolante*.

La *polarizzazione di un isolante* è la modificazione della distribuzione della carica in un isolante neutro, causata dalla vicinanza di un corpo carico.

In un isolante neutro gli elettroni non sono liberi di muoversi ma, quando gli si avvicina un corpo carico, questi si spostano di poco creando una ridistribuzione della carica.

La somma delle forze attrattive che si esercitano tra la nuova distribuzione delle cariche dell'isolante e le cariche del corpo carico (di segno opposto) è leggermente maggiore rispetto alla somma delle forze repulsive a causa della differente distanza: pertanto, il corpo carico attira a sé l'isolante polarizzato.



Esempio: Un pettine di plastica, che è stato elettrizzato negativamente per strofinio, attira dei pezzetti di carta che sono di materiale isolante. Il pettine respinge gli elettroni della carta in modo che le cariche di segno opposto gli siano più vicine.

