

Elettricit`a

M. Spezziga
Liceo Margherita di Castelv`1
Sassari

Indice

1	Le cariche elettriche nella materia	2
1.1	La carica elettrica	2
1.1.1	Particelle e forza elettrica	2
1.1.2	Quantizzazione e conservazione della carica elettrica	3
1.2	Struttura elettrica della materia	4
1.2.1	Atomi, molecole, elementi e composti	4
1.2.2	Ionizzazione di atomi e molecole	5
1.2.3	Polarizzazione di atomi e molecole	6
1.2.4	Conduttori e isolanti	7
1.3	L'elettrizzazione	8
1.4	Induzione e polarizzazione.....	10
1.4.1	Descrizione dei processi.....	10
1.4.2	Effetti dell'induzione e della polarizzazione.....	12

1 Le cariche elettriche nella materia

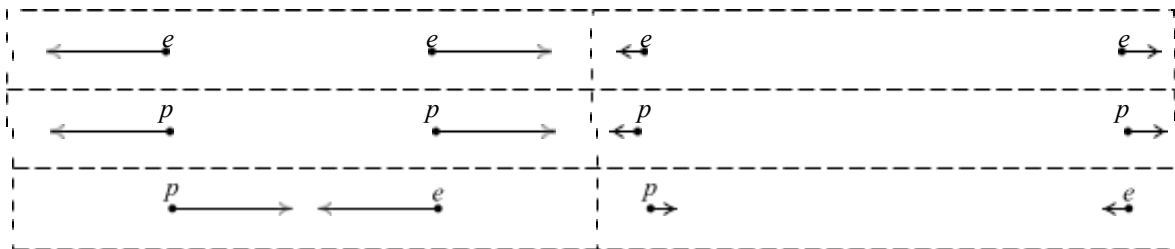
1.1 La carica elettrica

1.1.1 Particelle e forza elettrica

La materia “ordinaria”, cio' è quella con cui abbiamo esperienza nella vita quotidiana, è costituita a partire da tre particelle fondamentali: l'elettrone, il protone e il neutrone.

Gli elettroni e i protoni hanno la propriet' a di attrarsi o respingersi fra di loro, con una forza detta *elettrostatica* (o in breve *elettrica*). Si vede che questa forza ha le seguenti propriet' a:

- è sempre repulsiva fra particelle dello stesso tipo, attrattiva fra elettroni e protoni; cio' è: due elettroni si respingono sempre fra di loro, e cos' i anche due protoni, mentre un protone e un elettrone si attraggono;
- piu' le particelle sono vicine, piu' è forte, mentre diminuisce sempre piu' se le particelle si allontanano;
- a parit' a di distanza, è uguale per una coppia qualunque di queste particelle; cio' è:
 1. due elettroni qualunque, posti alla stessa distanza, si respingono sempre con la stessa forza;
 2. due protoni qualunque, posti alla stessa distanza, si respingono sempre con la stessa forza;
 3. un qualunque elettrone e un qualunque protone, si attraggono con la stessa forza con cui due elettroni o due protoni si respingono alla stessa distanza.



Per descrivere questo fenomeno si ricorre a una nuova grandezza fisica.

Definizione: La *carica elettrica* è la propriet' a che alcune particelle hanno, di attrarsi o respingersi con forze di tipo elettrico (come descritto sopra).

Per rendere conto delle caratteristiche delle forze elettriche, bisogna che la carica elettrica soddisfi le seguenti propriet' a:

1. ogni elettrone ha la stessa carica elettrica, ogni protone ha la stessa carica elettrica;
2. gli elettroni hanno carica elettrica *negativa*, i protoni hanno carica opposta (cio' è uguale in valore assoluto, ma segno diverso) a quella degli elettroni, quindi *positiva*;
3. le cariche dello stesso segno si respingono, quelle di segno opposto si attraggono.

Definizione: Si chiama *carica elettrica elementare*, la carica elettrica posseduta da un protone. La indicheremo spesso con la lettera *e*.

Definizione: L'unit' a di misura della carica elettrica si chiama *Coulomb*, simbolo: C, ed è pari a $6,25 \cdot 10^{18}$ volte la carica elementare *e*.

Nota: Poich' è $1C = 6,25 \cdot 10^{18}e$, deriva che

$$e = \frac{1C}{6,25 \cdot 10^{18}} = 1,6 \cdot 10^{-19}C$$

cio' è la carica di un protone vale $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ e quella di un elettrone è opposta, quindi $-1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Nota: Come si vede, ci vogliono molti protoni (o elettroni) per avere una carica di 1 Coulomb ($\sim 10^{18}$), ma se si considera che in un cm^3 di materia allo stato solido ci sono facilmente $\sim 10^{23}$ atomi, ci si rende conto che in una quantità di materia solida della grandezza di un dado ci sono decine di migliaia di Coulomb.

Nota: Oltre a queste particelle esistono numerosissime altre particelle elementari, come i muoni e i pioni che vengono prodotti continuamente nell'atmosfera dai raggi cosmici, e tante altre. Tutte queste, però, sono instabili e decadono, cioè si disintegrano in breve tempo. Inoltre, i protoni e i neutroni sono a loro volta composti da particelle ancora piu  elementari, chiamate *quark*.

Nota: I neutroni sono *neutri*, cioè non hanno carica elettrica e quindi non sono soggetti alla forza elettrostatica. Non vengono attratti o respinti da altre particelle neutre o dotate di carica elettrica, se non tramite altri tipi di forza che non considereremo qui (per esempio le forze nucleari). Lo stesso vale per qualunque altra particella neutra.

Nota: Il fatto che gli elettroni abbiano carica elettrica negativa e i protoni positiva è solo una convenzione, cioè si è deciso così, ma le cose funzionerebbero allo stesso modo se i segni fossero invertiti. Ma nel momento in cui si decide il segno della carica di una di queste particelle (per esempio quella dell'elettrone) il segno di tutte le altre è determinato, perché queste respingono oppure attraggono l'elettrone, e hanno perciò segno uguale oppure opposto.

Esercizi:

- | | |
|--|---|
| <p>1. Calcolare la carica elettrica posseduta da un nucleo di elio (numero atomico 2).</p> | <p>2. Supponendo che in un cm^3 di materia siano presenti 10^{23} atomi, ognuno con 10 protoni in media nel proprio nucleo, si calcoli la carica elettrica complessivamente presente nei nuclei di questo campione da 1cm^3.</p> |
| <p>3, $2 \cdot 10^{-19}\text{C}$</p> | <p>$1,6 \cdot 10^5\text{C}$</p> |

1.1.2 Quantizzazione e conservazione della carica elettrica

Oltre alle proprietà viste nel paragrafo precedente, la carica elettrica ha due caratteristiche importanti:

1. **Quantizzazione:** in natura non esistono particelle libere con una carica elettrica inferiore alla carica elementare e (a meno che non siano neutre). Di conseguenza, un corpo può essere carico elettricamente solo perché su esso  e presente un certo numero di cariche di grandezza e . Si può avere quindi una carica elettrica di grandezza e (per es. un protone) oppure $2e$ (due protoni), $3e$ ecc., ma non si potrà mai osservare una carica elettrica di grandezza, per esempio, uguale a $1,5e$ o $\frac{3}{2}e$.

La carica elettrica si presenta sempre in quantità uguale a multipli interi della carica elementare e .

Nota: I quark, particelle elementari che compongono protoni e neutroni, hanno cariche elettriche inferiori a e , ma non si presentano mai allo stato libero.

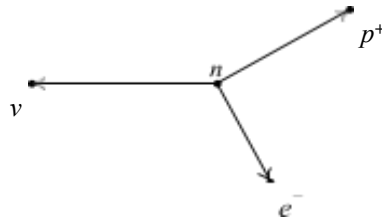
2. **Conservazione:** la carica elettrica obbedisce a una legge molto simile a quella della conservazione dell'energia.

In ogni processo fisico la carica elettrica dello stato iniziale è uguale a quella dello stato finale.

Esempio: Gli elettroni che scorrono in un filo elettrico (e che costituiscono la corrente elettrica, come vedremo) "entrano" da una parte del filo ed "escono" dall'altra nello stesso numero. Non se ne perde nessuno e, se qualcuno nel tragitto si lega a qualche molecola del filo, viene sostituito da qualcun altro che se ne libera. Poich e la carica elettrica che entra ed esce dal filo è portata da questi elettroni, anche essa si conserva nel processo.

Nota: Quando si dice che la carica totale si conserva, si deve anche tener conto del segno. Per la precisione, ciò che si conserva è la somma algebrica di tutte le cariche, il che significa che della carica elettrica può anche sparire o apparire, ma contemporaneamente deve apparire o sparire carica elettrica di segno opposto in modo che la somma complessiva si conservi.

Esempio: Il neutrone (n) ha carica elettrica nulla, ma decade (si disintegra) in tre particelle: elettrone (e^-), protone (p^+) e neutrino (ν).

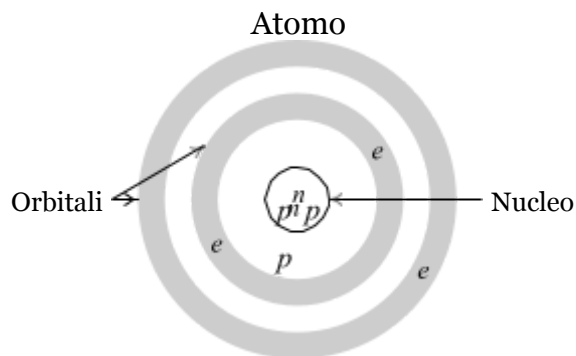


In questo decadimento lo stato iniziale è costituito dal solo neutrone, con carica nulla. La carica totale dello stato iniziale è quindi 0. Nello stato finale, il neutrone è scomparso e al suo posto vi sono un protone con carica e , un elettrone con carica esattamente opposta $-e$ e un neutrino, che è una particella neutra come il neutrone. La carica totale dello stato finale è dunque $e - e = 0$, cioè è nulla come nello stato iniziale, anche se sono comparse delle particelle cariche che prima non c'erano.

1.2 Struttura elettrica della materia

1.2.1 Atomi, molecole, elementi e composti

Nella materia sulla Terra, gli elettroni e i protoni sono raramente presenti isolati. Più spesso, capita che essi si uniscano a formare strutture complesse. La struttura più semplice è un atomo, composto da un nucleo in cui sono presenti neutroni e protoni, e da uno o più orbitali, fasce che circondano i nuclei in cui si trovano gli elettroni.



Gli elettroni vengono tenuti in orbita attorno ai nuclei dalla forza elettrostatica, che li attira verso i protoni. I protoni nei nuclei, poiché hanno tutti carica positiva, tendono a respingersi fra di loro e vengono tenuti insieme nel nucleo dalle forze nucleari, che sono di natura diversa da quella elettrica. I neutroni nel nucleo contribuiscono a questo effetto (infatti non esistono nuclei composti unicamente da protoni, eccetto per quello dell'idrogeno che ha un unico protone).

Il *numero atomico*, cioè è il numero di protoni nel nucleo determina la natura chimica della sostanza, che viene chiamata *elemento chimico*. Elementi con un numero atomico anche di poco diverso possono avere aspetto e comportamenti chimici e fisici (colore, temperature di evaporazione o solidificazione, reazioni chimiche, . . .) completamente diversi.

Esempio: L'atomo raffigurato nell'esempio precedente ha tre protoni, e corrisponde all'elemento chimico *litio*, un metallo leggero molto reattivo, solido a temperatura ambiente. L'elemento con due protoni nel nucleo è l'*elio*, un gas che non reagisce quasi con nulla.

A loro volta, gli atomi possono unirsi a formare *molecole*. Anche in questo caso, è la forza elettrostatica che tiene unita la struttura, attraverso la condivisione di uno o più elettroni degli orbitali esterni, che si mettono a "girare" attorno ai nuclei degli atomi che compongono la molecola e, attirandoli tutti a sé, tengono insieme gli atomi (*legame covalente*).

Esempio: Nella figura, a sinistra è disegnata una molecola formata da due atomi uguali, come succede, per esempio, nel caso dell'idrogeno, dell'azoto, dell'ossigeno e altri elementi, mentre a destra una molecola come quella dell'acqua, con un atomo di un elemento (per esempio l'ossigeno) e due atomi di un altro elemento (per esempio l'idrogeno). Sostanze formate da molecole di elementi diversi si chiamano *composti*.



Molecole

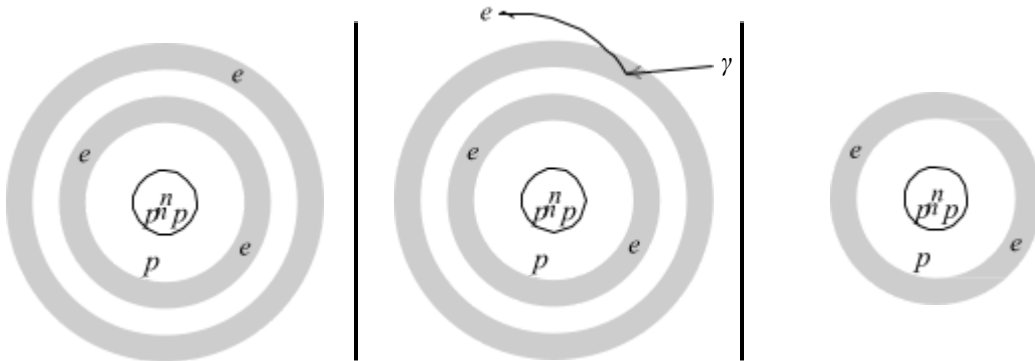
1.2.2 Ionizzazione di atomi e molecole

Nel suo stato fondamentale, un atomo ha un numero di elettroni (negli orbitali) uguale a quello dei protoni (nel nucleo). Poich'è le cariche elettriche positive dei protoni sono esattamente uguali a quelle negative degli elettroni, in queste condizioni un atomo risulta complessivamente neutro. Tuttavia pu' succedere che un atomo, o anche una molecola, perda qualche elettrone, oppure ne acquisti qualcuno rispetto allo stato neutro.

Definizione: Un atomo o una molecola con un numero di elettroni diverso dal numero di protoni si chiama *ione*. In particolare, se il numero di elettroni è superiore a quello dei protoni, si chiama *anione*, se è inferiore si chiama *catione*.

I processi con cui atomi o molecole perdono elettroni sono diversi. Pu' essere perch'è ricevono radiazione elettromagnetica (luce, raggi X o gamma) o perch'è vengono colpiti da elettroni liberi o collidono con altre molecole.

Esempio: Nella figura, un atomo neutro con tre elettroni (a sinistra) viene colpito da un fotone (particella, o "quanto" di luce) e l'elettrone più esterno viene espulso (al centro) lasciando uno ione (a destra).



Per estrarre da un atomo un elettrone inizialmente legato, è necessario fornirgli l'energia necessaria per "scappare".

Definizione: L'energia minima necessaria per ionizzare un atomo o una molecola si chiama *energia di ionizzazione*.

Nota: L'energia di ionizzazione dipende da quale degli elettroni si vogliono estrarre dall'atomo. Quelli che stanno negli orbitali più vicini al nucleo sono più "difficili" da estrarre (perch'è la forza che li lega ai protoni del nucleo dipende dalla distanza), ed hanno quindi una energia di ionizzazione più alta, mentre gli elettroni negli orbitali esterni sono meno legati e hanno perciò un'energia di ionizzazione minore. Per semplicità, qui non faremo queste distinzioni e chiameremo "energia di ionizzazione" l'energia minima per ionizzare l'elettrone legato più debolmente.

Nota: Gli elettroni più esterni sono anche più esposti a collisioni con altre molecole e perciò è più probabile che vengano espulsi per primi. Inoltre, quando un elettrone degli orbitali interni viene espulso, quelli degli orbitali esterni tendono a "cadere" negli orbitali interni, cosicché, alla fine, gli elettroni mancanti in uno ione sono sempre quelli esterni.

Nota: L'energia di ionizzazione dipende anche dal tipo di atomo o molecola. Come regola generale `e piu` alta, ed `e quindi piu` difficile ionizzare un atomo o una molecola, se i suoi orbitali esterni sono completi, mentre `e piu` difficile negli atomi in cui vi sono pochi elettroni in piu` rispetto al completamento di un "guscio" di orbitali.

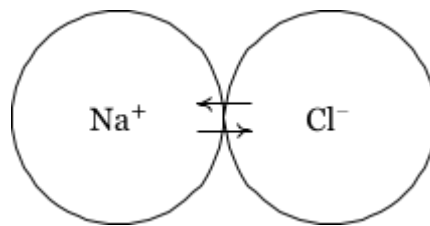
Esempio: L'atomo di Elio, che ha un orbitale completo, ha un'energia di ionizzazione pari a 25 *elettronVolt* (unit`a di misura dell'energia che definiremo piu` avanti) mentre quello di Litio, che ha un elettrone in piu` nell'orbitale immediatamente superiore (come nelle figure sopra) ha un'energia di ionizzazione di 5,4 *elettronVolt*. E` quindi piu` facile ionizzare il litio piuttosto che l'elio. In generale, tutti i gas nobili, che appartengono all'ultimo gruppo nella tavola periodica e che hanno il guscio esterno completo, hanno energie di ionizzazione elevate, mentre i metalli alcalini, che stanno nel primo gruppo e aggiungono un elettrone nel guscio superiore, hanno energie di ionizzazione basse.

Anche la tendenza ad attrarre elettroni (e quindi a ionizzarsi negativamente) dipende dal tipo di atomi, ed `e piu` spiccata per gli elementi che necessitano di pochi elettroni per completare un "ottetto". Le grandezze che misurano la tendenza di un elemento ad attrarre elettroni sono l'*affinita` elettronica* e l'*elettronegativita`*, di cui parleremo nel prossimo paragrafo.

Gli ioni, avendo cariche in eccesso (positive se cationi, negative se anioni) tendono ad attrarre cariche di segno opposto.

In certi casi, queste forze sono tali da potersi considerare un vero e proprio legame, detto *legame ionico*.

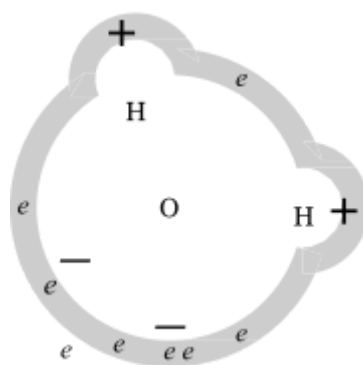
Esempio: Il sodio (Na) perde facilmente un elettrone trasformandosi in ione Na^+ , mentre il Cloro (Cl) lo acquista facilmente, diventando lo ione Cl^- . Venendo a contatto, `e quindi facile che un atomo di cloro e uno di sodio si attraggano in modo tanto forte da comportarsi come una molecola biatomica.



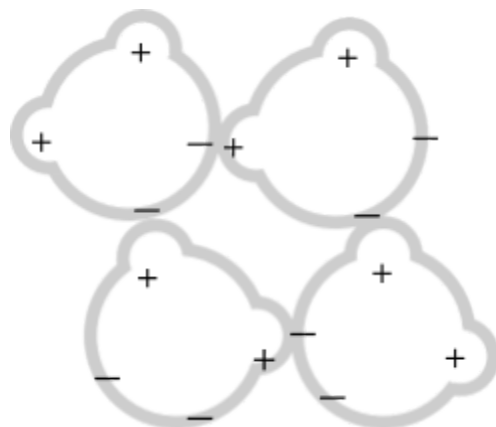
1.2.3 Polarizzazione di atomi e molecole

Una molecola formata da atomi con diversa tendenza ad attrarre elettroni (un atomo molto elettronegativo e uno poco elettronegativo) `e normalmente una molecola *polare o dipolo*.

Esempio: La molecola dell'acqua `e formata da un atomo di ossigeno (O) che `e molto elettronegativo e due atomi di idrogeno (H) che invece `e poco elettronegativo. Gli elettroni della molecola sono quindi attratti verso l'atomo di ossigeno e si trovano preferibilmente in quella parte della molecola (che ha una forma caratteristica) piuttosto che dalla parte dove si trovano gli atomi di idrogeno.



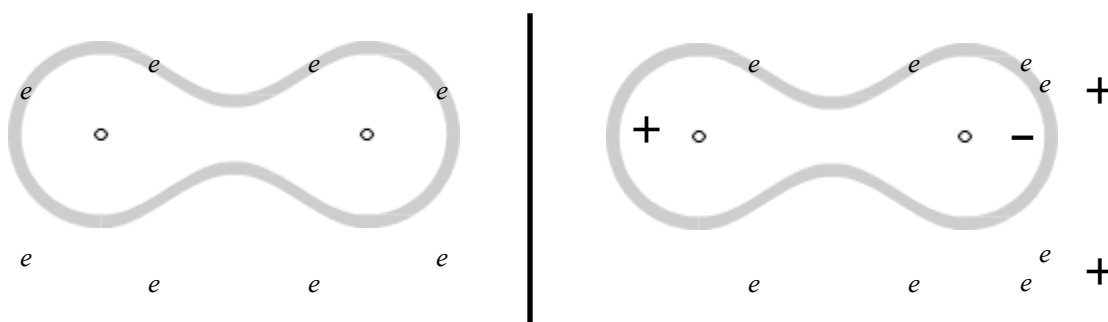
Gli elettroni che si allontanano dagli atomi di idrogeno lasciano quindi "scoperta" la carica positiva dei loro nuclei. Il risultato `e un dipolo, cio`e una molecola polarizzata, che ha una parte piu` positiva (sugli atomi di idrogeno) e una piu` negativa (sull'atomo di ossigeno). Ognuna di queste parti attira le parti delle altre molecole con carica opposta. Nell'acqua, le molecole tendono quindi a disporsi in modo che ognuna presenti la parte positiva della molecola vicina a quella negativa delle altre, e viceversa.



Nel ghiaccio, questa attrazione $\grave{e}$ talmente forte da costituire un vero e proprio legame (legame *idrogeno*) che $\grave{e}$ responsabile della solidit  del ghiaccio.

Nota: Questo tipo di polarizzazione $\grave{e}$ permanente, cio  le molecole con atomi di elettronegativit  diversa e struttura asimmetrica formano sempre molecole polari, con una parte piu  positiva e una piu  negativa. Tuttavia, alcune molecole che normalmente non avrebbero polarit , vengono polarizzate nel momento in cui si trovano vicine a cariche elettriche, o altre molecole polarizzate.

Esempio: In una molecola normalmente non polarizzata (sinistra) gli elettroni sono distribuiti omogeneamente negli orbitali. Se vengono avvicinate cariche positive (simboleggiate dai “+” all’esterno della molecola, a destra) gli elettroni vengono attratti dalle cariche esterne e la molecola si polarizza, mostrando una parte piu  negativa a destra e una piu  positiva a sinistra.



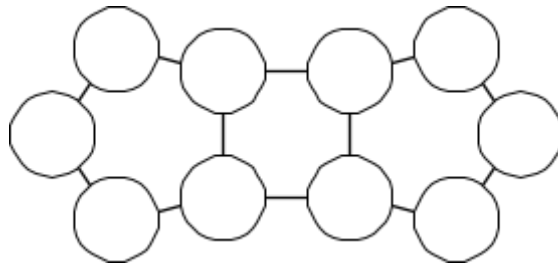
Nota: Il tipo di polarizzazione appena descritto $\grave{e}$ temporaneo e dura solo finch  la molecola $\grave{e}$ vicina alle cariche esterne che la polarizzano. Nel momento in cui queste vengono allontanate, la molecola torna al suo stato naturale non polarizzato.

Nota: L’esempio funziona anche nel caso in cui le cariche esterne siano negative: in quel caso gli elettroni sono respinti verso la parte opposta della molecola, che diventa piu  negativa a sinistra e piu  positiva a destra.

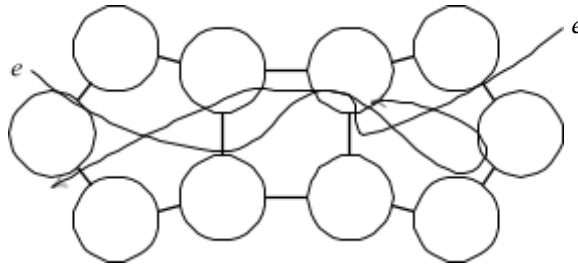


1.2.4 Conduttori e isolanti

Abbiamo visto che la materia comune `e formata da atomi e molecole, che possono essere legati fra di loro a formare strutture piu` grandi. Per esempio, ogni materiale solido `e costituito da numerosissime molecole, a volte di sostanze diverse, legate in modo da non poter cambiare posizione (se non per vibrazioni attorno alla loro posizione di equilibrio).



Normalmente, queste molecole sono neutre, perché nei nuclei degli atomi che le compongono ci sono tanti protoni quanti sono gli elettroni che stanno negli orbitali. Gli elettroni, a loro volta, possono essere legati molto strettamente agli atomi a cui appartengono, e non possono quindi muoversi all'interno del corpo formato da quel materiale. In certi materiali, invece, gli elettroni si possono liberare facilmente dalle forze che li tengono legati negli orbitali delle molecole che formano il corpo, e possono passare da una molecola all'altra o addirittura vagare all'interno dell'intero corpo, come se non fossero legati a nessuna molecola in particolare.



Definizione: Si chiamano *isolanti* i materiali in cui le cariche elettriche non possono muoversi liberamente. Si chiamano *conduttori* i materiali all'interno dei quali le cariche elettriche si possono muovere.

Esempio: Sono isolanti materiali come la plastica, il legno, il vetro o la ceramica. Sono conduttori materiali come ferro, rame, alluminio e in generale i metalli. I cavi elettrici, per esempio, sono formati da fili metallici (solitamente il rame) ricoperti da una guaina di plastica. Il metallo permette agli elettroni di muoversi lungo il cavo, mentre la plastica impedisce loro di uscirne.

Definizione: Si chiamano *elettroni di conduzione* gli elettroni che sono liberi di muoversi all'interno di un conduttore.

Nota: I conduttori non sono sempre solidi. Molti liquidi, soprattutto quelli che contengono ioni, sono conduttori. In questi casi le cariche che si muovono, oltre agli elettroni, sono anche le molecole ionizzate.

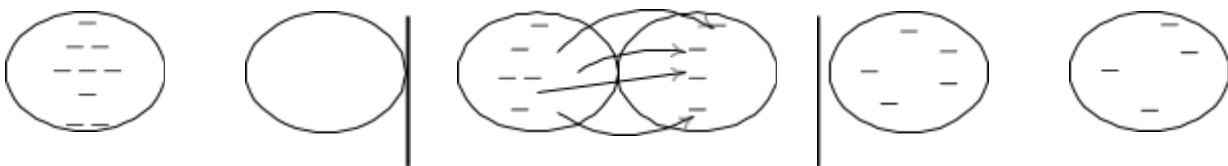
1.3 L'elettrizzazione

Un corpo, formato da molecole neutre, nel complesso è ovviamente neutro. Corpi neutri fra di loro non si attraggono né respingono. Tuttavia è possibile togliere o aggiungere cariche elettriche al corpo, caricandolo elettricamente.

Definizione: Il fenomeno per cui un corpo inizialmente neutro assume cariche elettriche si chiama *elettrizzazione*.

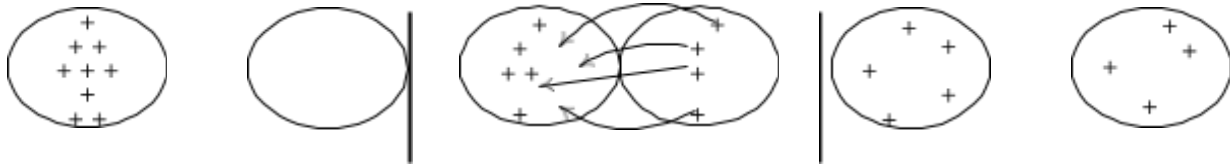
Esistono diversi meccanismi con cui un corpo può ricevere o perdere cariche elettriche. I due più comuni dipendono dal fatto che il corpo sia conduttore o isolante:

1. Elettrizzazione per contatto. Un conduttore già elettrizzato, che ha cariche in eccesso, può trasferire parte delle sue cariche a un altro conduttore semplicemente toccandolo. Infatti le cariche dello stesso segno si respingono, perciò appena il conduttore carico viene a contatto con quello scarico, le cariche tendono a "scappare" da quello carico per allontanarsi fra di loro il più possibile, spinte dalla forza elettrostatica. Se i corpi sono separati dopo questo trasferimento di cariche, il corpo inizialmente scarico risulta elettrizzato.



Nota: L'elettrizzazione per contatto avviene solo fra corpi conduttori.

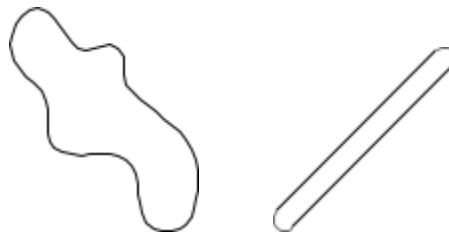
Nota: Nell'esempio disegnato sopra si è immaginato che le cariche siano negative, perché le cariche libere di muoversi in un conduttore solido (per esempio metallico) sono gli elettroni, mentre i protoni rimangono ancorati ai nuclei degli atomi che formano il corpo. In realtà, è del tutto possibile che il corpo inizialmente carico sia elettrizzato positivamente, perché ha perso elettroni. Anche in questo caso, è capace di elettrizzare un corpo inizialmente neutro, sottraendogli elettroni:



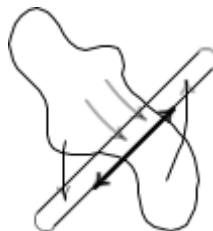
Degli elettroni passano dal corpo neutro a quello elettrizzato, andando a “neutralizzare” alcune cariche positive. Nel disegno, le frecce indicano il percorso degli elettroni che, abbandonando il corpo a destra, lasciano scoperte delle cariche positive. Il risultato finale è che anche il corpo che inizialmente era neutro, alla fine è carico positivamente. In pratica, anche se le cariche che si sono effettivamente mosse sono gli elettroni negativi, è equivalente pensare che siano le cariche positive a essere passate dal corpo inizialmente carico a quello inizialmente neutro, elettrizzandolo.

2. Elettrizzazione per strofinio. Quando due corpi formati da materiale isolante vengono strofinati uno contro l'altro, può succedere che alcuni elettroni appartenenti ad uno dei due corpi vengano estratti, a causa dello strofinamento, dalle molecole a cui appartengono, e vadano a finire sopra l'altro corpo. Questo succede soprattutto quando uno dei due corpi è formato da sostanze che tendono maggiormente ad attrarre gli elettroni. Per esempio, è noto che sfregando un oggetto di plastica (come una penna o un palloncino) contro un panno di lana, il primo si elettrizza negativamente, e il secondo positivamente: gli elettroni sono passati dalla lana alla plastica, che li attrae maggiormente.

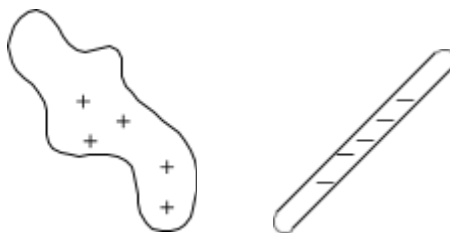
- 1) un panno di lana e una bacchetta di plastica sono inizialmente neutri



- 2) panno e bacchetta vengono strofinati fra di loro, causando un trasferimento di elettroni dalla lana alla plastica



- 3) lana e plastica risultano ora elettrizzate con cariche opposte



Nota: L'elettrizzazione per strofinio avviene prevalentemente con corpi isolanti.

Nota: A differenza dell'elettrizzazione per contatto, in quella per strofinio (o "separazione") non occorre che uno dei due corpi sia inizialmente carico. In entrambi i casi, però, vale la legge di conservazione della carica elettrica: la somma delle cariche in eccesso presenti sui due corpi rimane uguale prima e dopo il processo: nell'elettrizzazione per contatto sarà uguale a quella inizialmente presente sul primo corpo, in quella per strofinio è complessivamente nulla: dopo lo strofinio la carica positiva sul panno è uguale e opposta a quella presente sull'oggetto di plastica. Nella tabella, sono confrontate le caratteristiche dei due meccanismi.

	Contatto	Strofinio
Corpi entrambi inizialmente neutri	no	sì
Segno finale delle cariche nei due corpi coinvolti	uguale	opposto
Tipo dei corpi coinvolti	conduttori	isolanti

Nota: Come le singole molecole, anche i corpi elettrizzati tendono ad attrarre o respingere corpi elettrizzati con cariche di segno diverso o dello stesso segno.

Nota: Le cariche elettriche presenti su un corpo elettrizzato non sono solo quelle che vi si sono trasferite per strofinio o per contatto. Queste sono cariche *in eccesso*, ma sono di solito molto meno dei protoni e degli elettroni che non hanno cambiato posto e si trovavano già inizialmente su ognuno dei corpi. Tuttavia, l'attrazione fra corpi elettrizzati e i fenomeni elettrici "macroscopici" (come per esempio le scintille e le scariche elettriche che si verificano quando ci si toglie una maglietta di lana) sono dovute all'eccesso di cariche di un segno (per esempio elettroni) rispetto a quelle del segno opposto (per esempio protoni).

Esercizi:

- Un panno di lana viene strofinato su una bacchetta di vetro. Sulla sua superficie si deposita una carica di $5,2 \cdot 10^{-7} \text{C}$. Dire quanti elettroni sono stati spostati dalla lana al vetro.

$$3,2 \cdot 10^{12}$$

- Se $2,5 \cdot 10^{19}$ elettroni sono stati trasferiti su un og-

getto neutro, quanta carica elettrica ha acquistato?
[4C]

- Nell'elettrizzazione per strofinio due corpi inizialmente neutri acquistano una carica che prima non avevano. Questa è una violazione del principio di conservazione della carica? Spiegare perché.

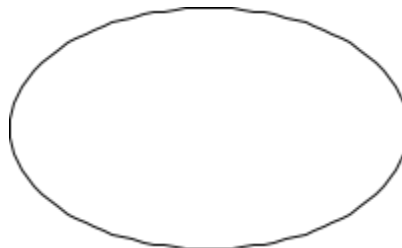
1.4 Induzione e polarizzazione

1.4.1 Descrizione dei processi

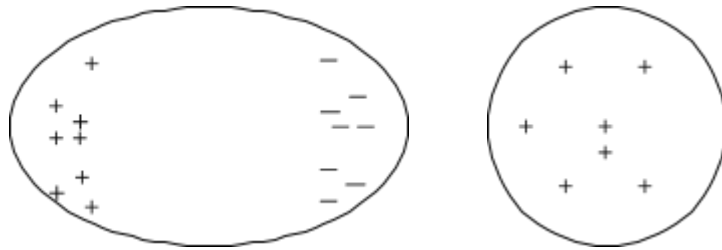
Oltre all'elettrizzazione, esistono fenomeni che provocano forze elettriche anche fra corpi che sono complessivamente neutri, ma in cui le cariche elettriche sono distribuite in maniera da accumularsi da una parte del corpo più che dall'altra. A seconda della natura del corpo (conduttore o isolante), si parla allora di *induzione* o *polarizzazione*, anche se in entrambi i casi il corpo risulta globalmente polarizzato, cioè presenta due poli con cariche elettriche opposte.

- Induzione.** Si verifica nei corpi conduttori solidi, quando si trovano vicino a un corpo elettricamente carico. Gli elettroni, liberi di muoversi, vengono attratti verso il corpo carico se le sue cariche sono positive, o vengono respinti verso la parte opposta se le cariche sono negative.

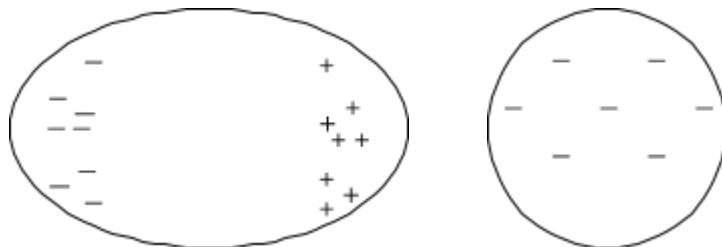
Corpo conduttore neutro, isolato: le cariche sono distribuite in modo omogeneo e il corpo risulta neutro in tutte le sue parti



Corpo conduttore neutro, vicino a un corpo carico positivamente: gli elettroni vengono attratti dalla parte vicina al corpo carico e lasciano scoperte cariche positive nella parte opposta.



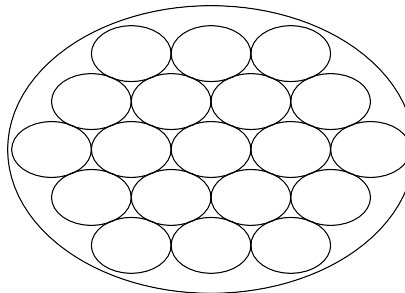
Corpo conduttore neutro, vicino a un corpo carico negativamente: gli elettroni vengono respinti dalla parte opposta e lasciano scoperte cariche positive nella parte vicina al corpo carico.



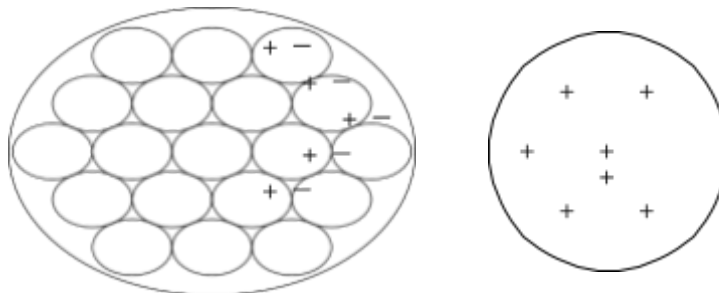
La presenza del corpo carico *induce* una polarizzazione nel corpo neutro, cio' è una separazione di cariche che sparisce nel momento in cui il corpo carico viene allontanato.

2. **Polarizzazione.** Si verifica nei corpi isolanti solidi, nelle stesse condizioni dell'induzione, ma in questo caso, essendo il corpo isolante, le cariche non sono libere di muoversi all'interno del corpo. Le singole molecole, per'o, si polarizzano perch'è gli elettroni delle molecole piu' vicine al corpo carico vengono attratti o respinti (a seconda del segno) dalle cariche nel corpo carico.

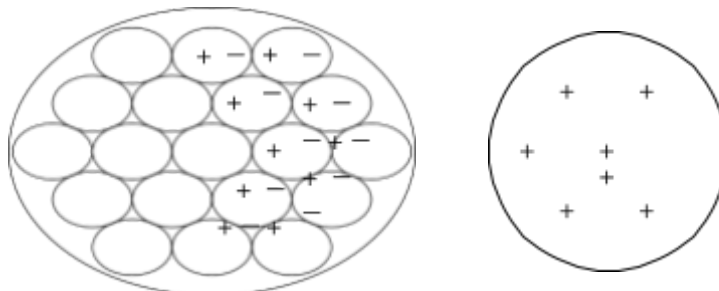
Corpo isolante neutro, isolato: le cariche all'interno delle molecole sono distribuite in modo omogeneo e il corpo risulta neutro in tutte le sue parti



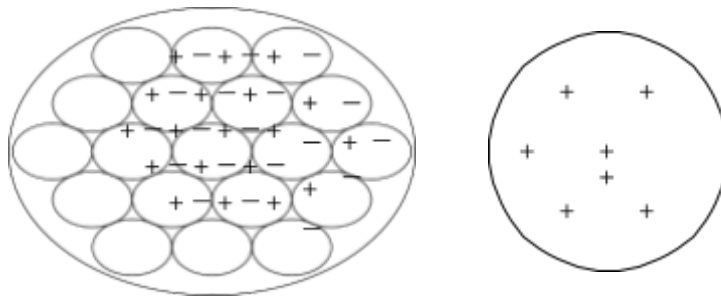
Corpo isolante neutro, vicino a un corpo carico positivamente: gli elettroni delle molecole vicino al corpo carico tendono a trasferirsi nella parte piu' vicino al corpo carico, ma non possono uscire dalle proprie molecole.



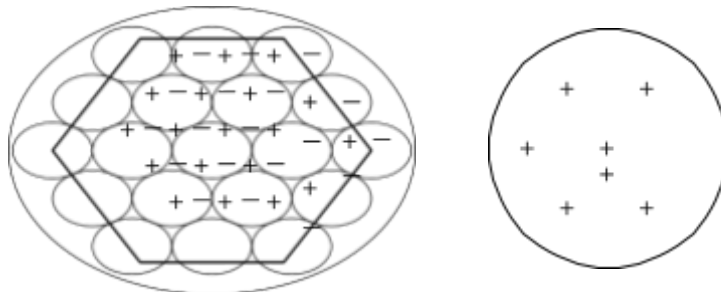
Le molecole degli strati successivi, a loro volta, vengono polarizzate perch'è si trovano di fronte una molecola polarizzata che rivolge verso di loro la parte positiva.



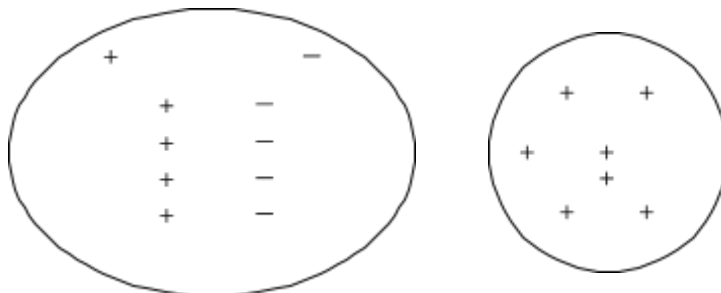
Di strato in strato, la polarizzazione si propaga a tutte le molecole del corpo, finché esso risulta interamente polarizzato.



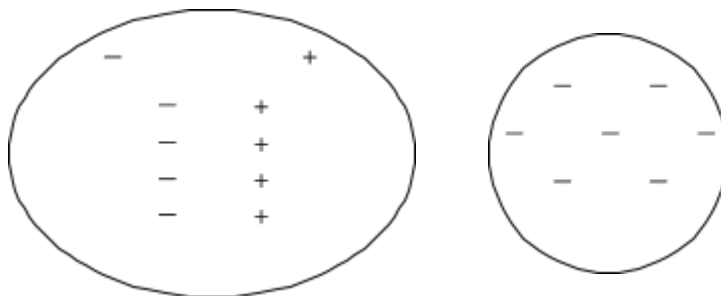
La parte interna del corpo (racchiusa dalla linea grossa) tuttavia, risulta neutra (il numero di cariche negative è uguale a quello delle cariche positive) e si può ignorare per quel che riguarda le forze elettriche all'esterno del corpo.



Di conseguenza, il corpo polarizzato si comporta come se la sua superficie fosse ricoperta da cariche di segno opposto a quello del corpo carico, dalla sua parte, e uguali a quelle del corpo carico dalla parte opposta.



Nel caso in cui il corpo carico sia negativo, il meccanismo è analogo, ma gli elettroni sono respinti verso la parte opposta e il corpo polarizzato presenta le superfici cariche di segno contrario.



Nota: Sia nel caso dell'induzione in corpi conduttori che della polarizzazione in corpi isolanti, il corpo risulta polarizzato "globalmente", ma solo nel caso dell'induzione le cariche elettriche (gli elettroni) si trasferiscono effettivamente ai poli del corpo, mentre nella polarizzazione dei corpi isolanti, l'effetto si ottiene senza che nessun elettrone abbandoni la molecola a cui appartiene.

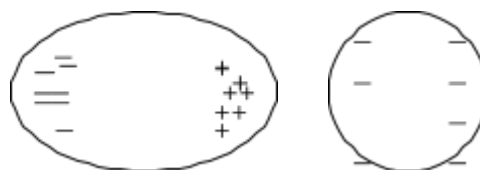
1.4.2 Effetti dell'induzione e della polarizzazione

L'induzione e la polarizzazione hanno effetti visibili a livello macroscopico ("in grande"). Vediamo i più caratteristici.

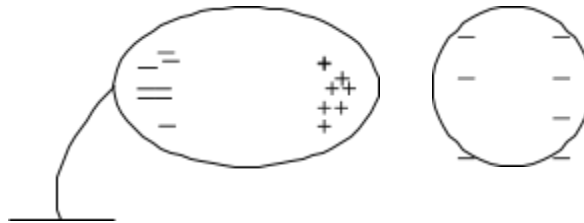
Esempi:

- Elettrizzazione per induzione. Oltre al contatto e allo strofinio, esistono altri meccanismi per elettrizzare un corpo. Uno di questi, efficace nel caso di corpi conduttori, sfrutta il fenomeno dell'induzione elettrica.

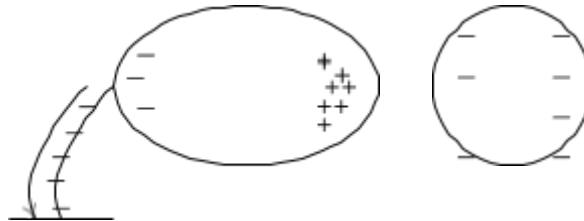
1) Un corpo conduttore neutro viene polarizzato per induzione, per esempio da un corpo carico negativamente.



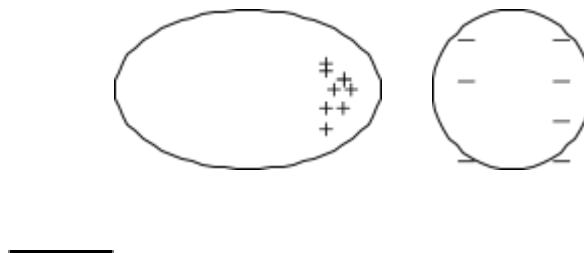
2) Il corpo conduttore viene col- legato con un filo conduttore (per esempio un cavo elettrico) a terra.



3) Le cariche elettriche negative nel corpo polarizzato tendono ad allontanarsi ancora di più, sfuggendo verso terra attraverso il filo.



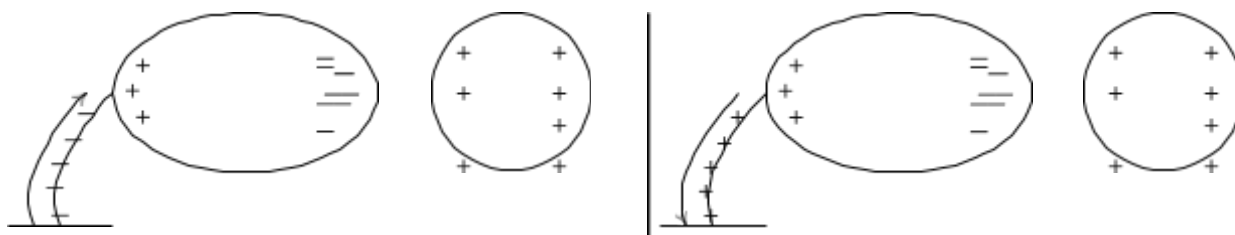
4) Dopo che le cariche elettriche si sono scaricate a terra, il contatto viene rimosso. Il corpo risulta così carico positivamente.



5) Anche allontanando il corpo che ha provocato l'induzione, le cariche positive in eccesso rimangono sul corpo elettrizzato, perché non possono più sfuggire attraverso il cavo, che è stato rimosso. L'elettrizzazione così ottenuta è permanente.



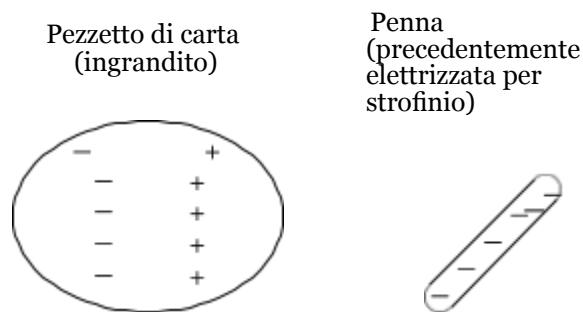
Nota: Nell'esempio visto sopra, sono effettivamente le cariche negative, cioè gli elettroni, che scorrono nel cavo verso terra, lasciando il corpo elettrizzato positivamente. Tuttavia, l'effetto è esattamente analogo se il corpo polarizzante (a destra nei disegni) è carico positivamente: in questo caso le cariche positive nel corpo polarizzato si accumulano a sinistra e vengono neutralizzate da elettroni che risalgono il cavo da terra verso il corpo (disegno sotto a sinistra). A tutti gli effetti, però, questo equivale a pensare che siano le cariche positive che sfuggono verso terra attraverso il cavo (disegno sotto a destra).



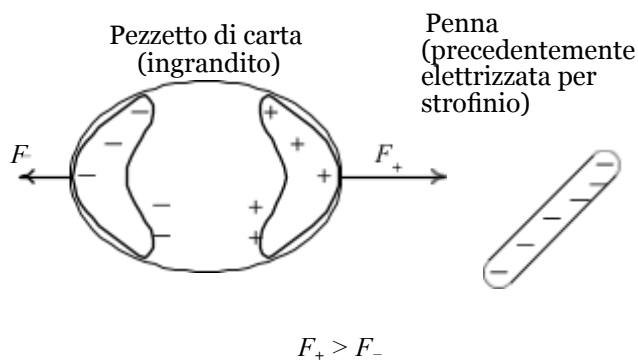
In ogni caso, l'effetto finale è di avere un corpo elettrizzato con cariche di segno opposto a quello del corpo che ha causato l'elettrizzazione.



- Attrazione fra dielettrici. E' noto che se si avvicina una penna o un altro oggetto di plastica, precedentemente strofinato su un capo di vestiario, soprattutto di lana, a dei pezzettini di carta, questi vengono attratti dal corpo di plastica. Siamo in grado ora di spiegare il fenomeno. Sappiamo infatti che l'oggetto di plastica, dopo essere stato strofinato contro quello di lana, si sar' a elettrizzato per strofinio e sar' a quindi carico elettricamente. Inoltre, essendo la carta un isolante, in presenza dell'oggetto di plastica si polarizzer' a:



Il pezzetto di carta, che nel complesso `e neutro, non dovrebbe essere attratto da un corpo carico, perch' e le cariche positive sul suo corpo dovrebbero essere attratte quanto quelle negative, che sono in numero uguale, sono respinte. Ma la carica si `e redistribuita a causa della polarizzazione, e le cariche positive sono piu ` vicine al corpo carico di quelle negative, e vengono quindi attratte con una forza maggiore.



Come risultato, il pezzo di carte viene attratto dalla penna elettrizzata anche se `e complessivamente neutro. Corpi carichi possono quindi attrarre corpi neutri, purch' e questi vengano polarizzati.