

# Elettrostatica nel vuoto

---

Alberto Toccafondi

# Note storiche

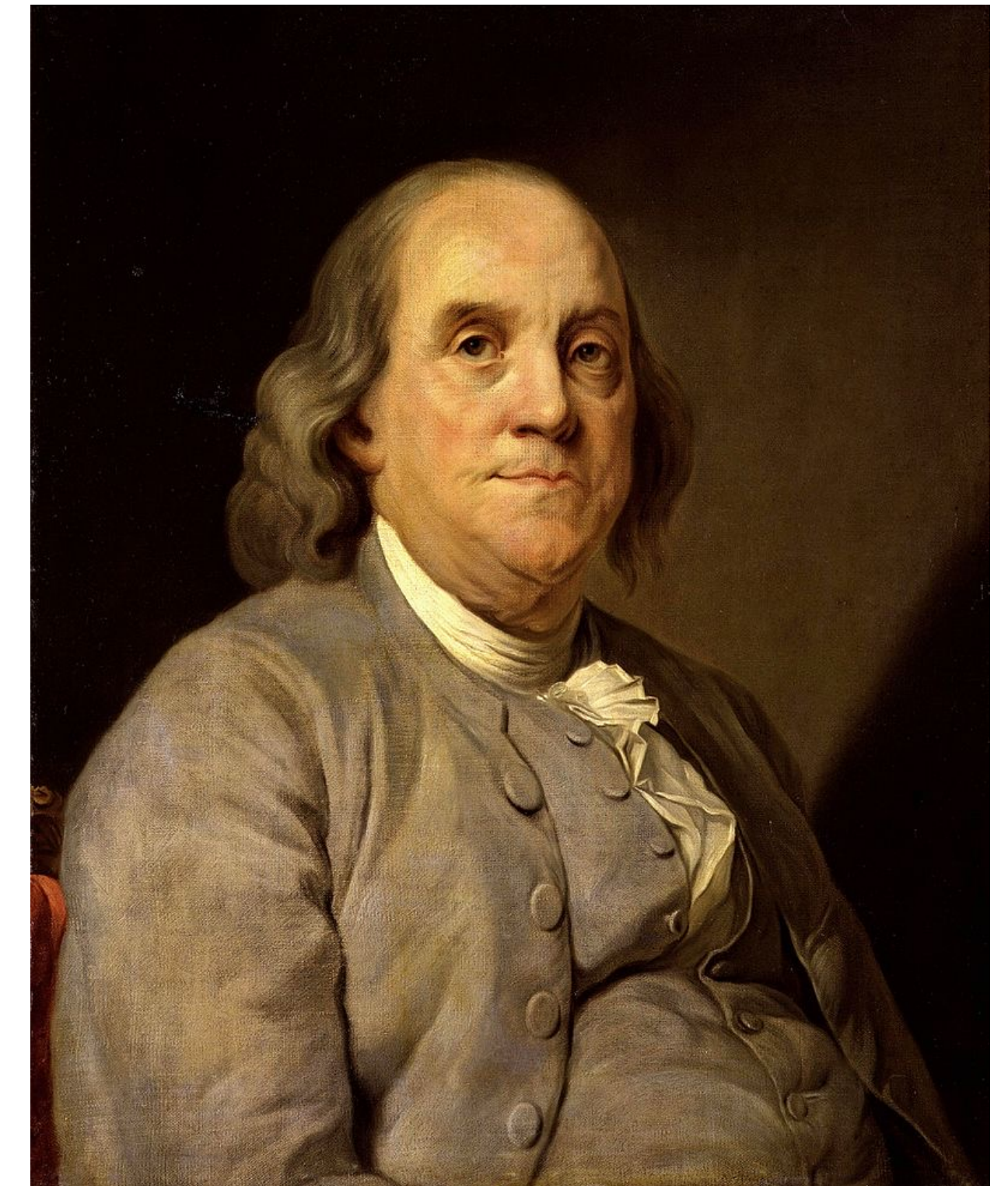
---

- Elettricità deriva dal termine greco antico elektron con cui veniva indicata l'ambra (resina fossile molto usata nell'antichità per i monili).
- I greci, ma anche altri popoli, erano a conoscenza dei fenomeni elettrici.
- Nel 600 a.c. si sapeva che strofinando una bacchetta d'ambra, questa aveva la capacità di attrarre oggetti come pezzi di foglie secche (osservazioni puramente empiriche).
- 16-esimo secolo (1500) gli ospiti alle feste di corte strofinavano i propri gioielli d'ambra e toccavano le rane per farle saltellare qua e là.
- 18-esimo secolo (1700): primi studi sistematici di elettrologia. Le principali teorie sviluppate consideravano i fenomeni come dovuti alla presenza inizialmente di due fluidi all'interno dei corpi, che venivano chiamati resinoso e vetroso a seconda del tipo di materiale che, una volta elettrizzato per strofinio, mostrava di assumere una delle due proprietà possibili.

# Note storiche

---

- Prima metà del '700. Benjamin Franklin (1706- 1790) formulò la teoria dell'unicità del fluido elettrico distribuito in tutti i corpi.
- Introdusse la prima convenzione sui segni: carica positiva la carica che si stabiliva sul vetro dopo lo strofinio, attribuendola all'eccesso di fluido e carica negativa la carica che si stabiliva sull'ambra dopo lo strofinio, attribuendola al difetto di fluido.
- Osservò vari comportamenti dei corpi carichi (attrazione-repulsione, forza a distanza proporzionale alla quantità di «fluido», conservazione del «fluido»....)



# Note storiche

---

- Charles Augustine de Coulomb (1736-1806): contribuì significativamente a trasformare l'elettrologia da pura ricerca empirica a scienza.
- Dimostrò come le azioni fra le cariche fossero analoghe alle forze newtoniane che si esercitavano fra le masse.
- l'elettrologia si avvalse del formalismo matematico della teoria di Newton sulla gravitazione universale.
- Tramite la bilancia di torsione formulò per le cariche elettriche quella che tutt'oggi viene indicata come *legge di Coulomb*



# Note storiche

---

- Michael Faraday (1791 –1867): contribuì significativamente alla *Teoria Classica dell'Elettromagnetismo*.
- Introdusse in modo intuitivo il concetto di *Campo Elettromagnetico*.
- Scopri la Legge di Faraday sull'induzione elettromagnetica, l'elettrolisi, il diamagnetismo e l'effetto Faraday.



# Note storiche

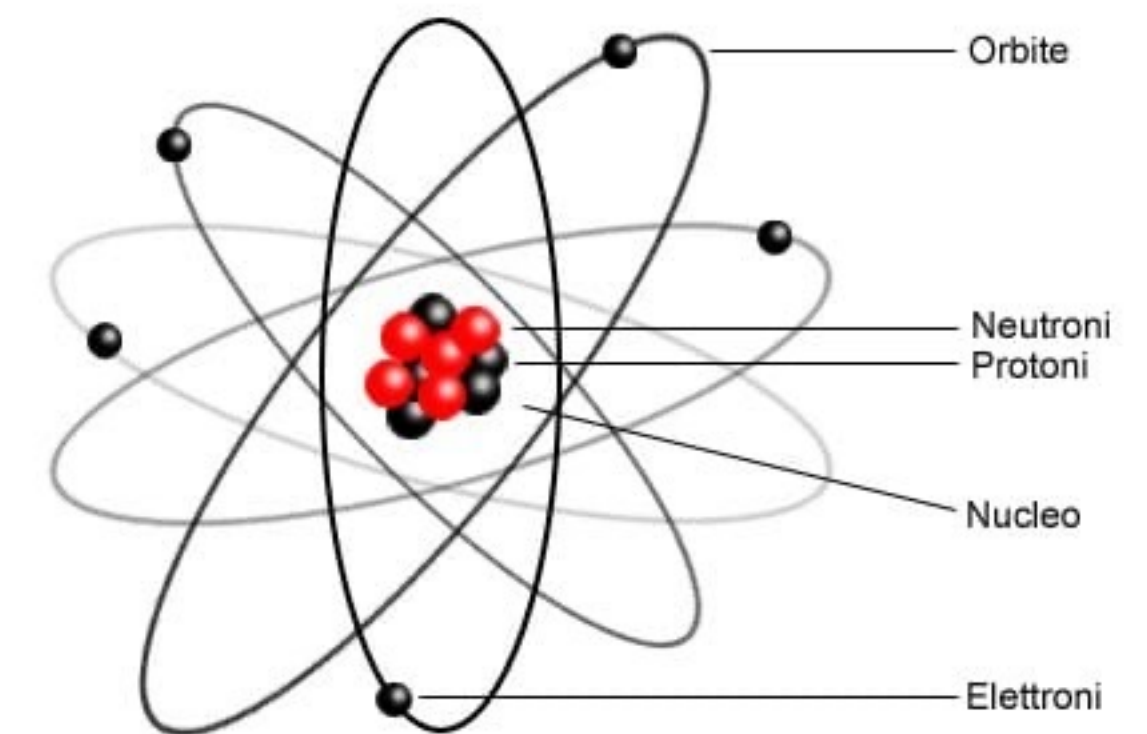
---

- James Clerk Maxwell (1831-1879): formulò in modo matematicamente rigoroso la teoria del *campo elettromagnetico*.
- E' lo spazio perturbato dalla presenza di cariche che acquisisce la proprietà di esercitare la forza su un'altra carica.
- Ha formulato una descrizione matematica rigorosa dei fenomeni elettromagnetici (equazioni di Maxwell).
- Ha scoperto che le onde luminose sono onde elettromagnetiche, ponendo le basi per gli studi di Lorentz prima e poi Einstein per il superamento della crisi della teoria classica della fisica e la formulazione della teoria della relatività.



# Le particelle cariche

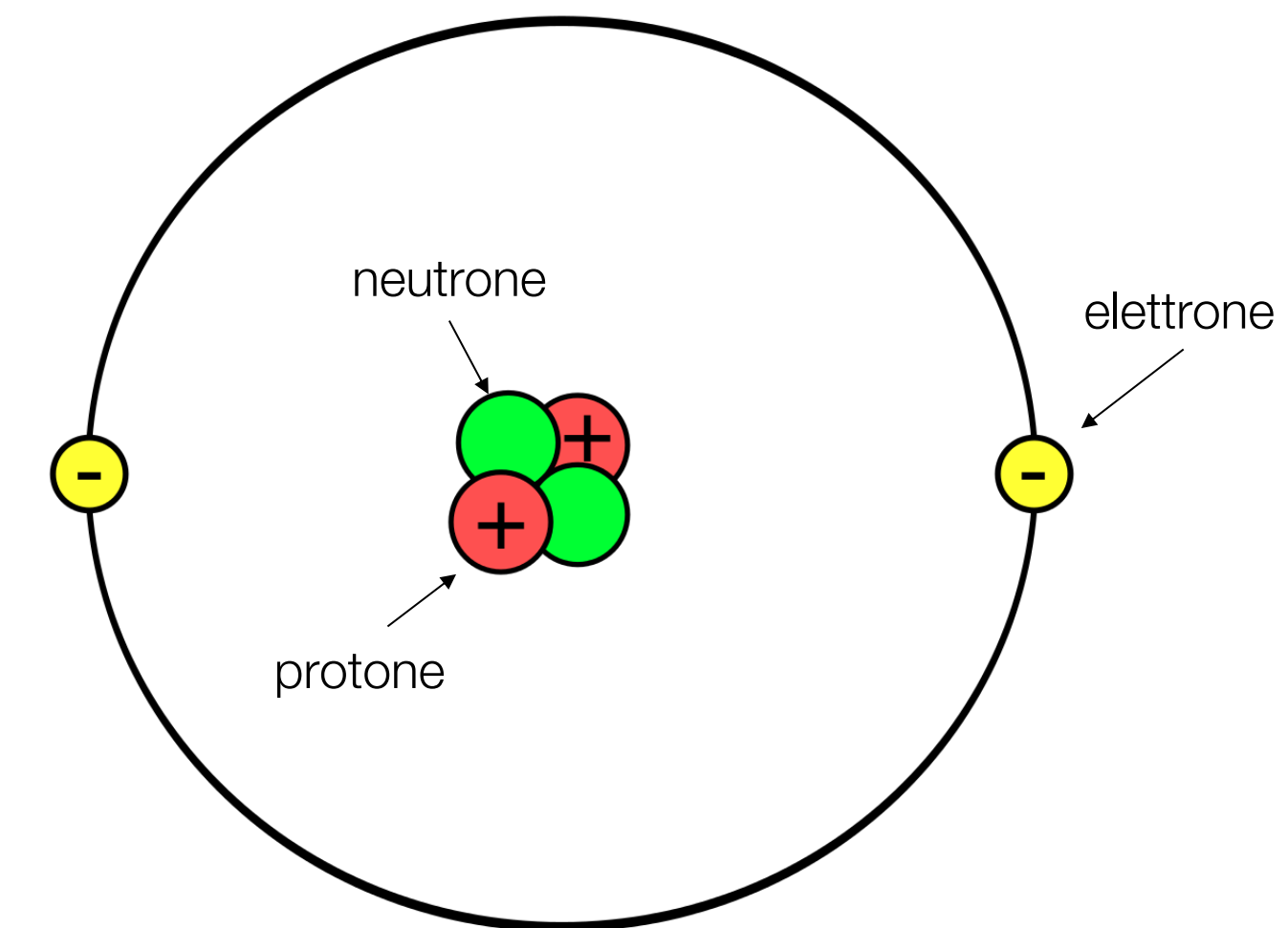
- Numerosi studi hanno portato a concludere che in natura esistono cariche elettriche di due tipi diversi che indichiamo con i nomi di carica positiva e carica negativa.
- Esse sono responsabili di tutti i fenomeni di elettrizzazione della materia.
- Tutte le particelle elementari cariche finora trovate in natura confermano l'esistenza di due soli tipi di cariche.
- La materia esistente che ci circonda è costituita da un numero estremamente grande di atomi e molecole, a loro volta formati da tre sole particelle elementari: elettroni, protoni e neutroni (n).
- Nel modello classico di Rutherford e Bohr, l'atomo è costituito da un nucleo centrale formato da protoni e neutroni, tenuti insieme da forze agenti su distanze molto piccole dette forze nucleari.



Modello di Rutherford

# La struttura atomica

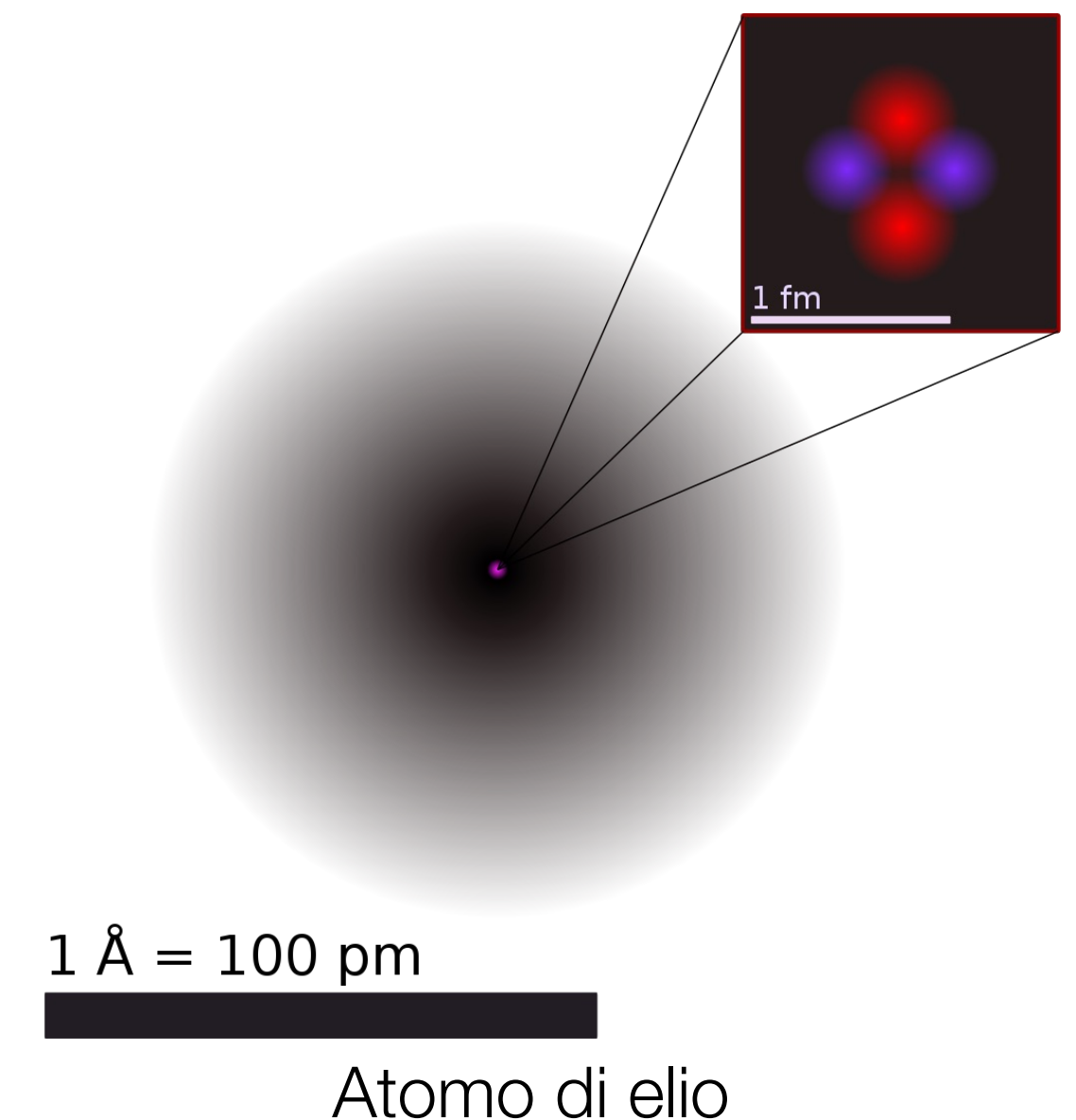
- Gli elettroni sono particelle elementari cariche negativamente ( $e^-$ ) ed hanno una massa ( $m_e \simeq 9,1091 \cdot 10^{-31}$  kg).
- I protoni sono particelle caratterizzate dalla stessa quantità di carica dell'elettrone ma di segno opposto, convenzionalmente positiva ( $p^+$ ). La massa però è circa 1840 volte quella dell'elettrone ( $m_p \simeq 1,6725 \cdot 10^{-27}$  kg).
- I neutroni sono particelle di massa circa uguale a quella dei protoni, ( $m_n \simeq 1,6748 \cdot 10^{-27}$  kg) ma non hanno carica elettrica.
- Ad oggi si ritiene che le cariche dell'elettrone e del protone, a parte il segno, siano perfettamente uguali.
- Non è mai stata osservata alcuna carica elettrica che sia frazione della carica dell'elettrone o del protone.
- La carica dell'elettrone è la più piccola carica esistente in natura e tutte le altre cariche sono multipli interi di questa carica. In altre parole la carica elettrica si presenta come quantizzata.



Atomo di elio nel modello di Rutherford

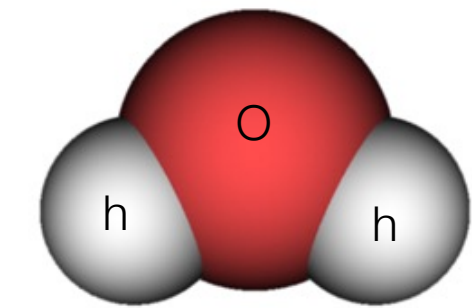
# La struttura atomica

- La massa del nucleo è pari a circa la somma delle masse dei protoni e dei neutroni che la costituiscono, ed è indicato come *numero di massa*.
- Il diametro del nucleo si aggira intorno a  $10^{-14}$  m mentre il diametro dei protoni e dei neutroni è circa  $10^{-15}$  m.
- Intorno al nucleo orbitano gli elettroni, attratti dal nucleo da una forza di tipo elettrico.
- Il diametro delle orbite è di circa  $10^{-10}$  m.
- In un atomo la materia occupa una percentuale estremamente piccola del volume totale.
- In condizioni normali un atomo possiede lo stesso numero di elettroni e di protoni per cui è elettricamente neutro.
- Un dato atomo può inoltre esistere in condizioni stabili con lo stesso numero di protoni (numero atomico) e diverso numero di neutroni. Tali atomi vengono chiamati isotopi.

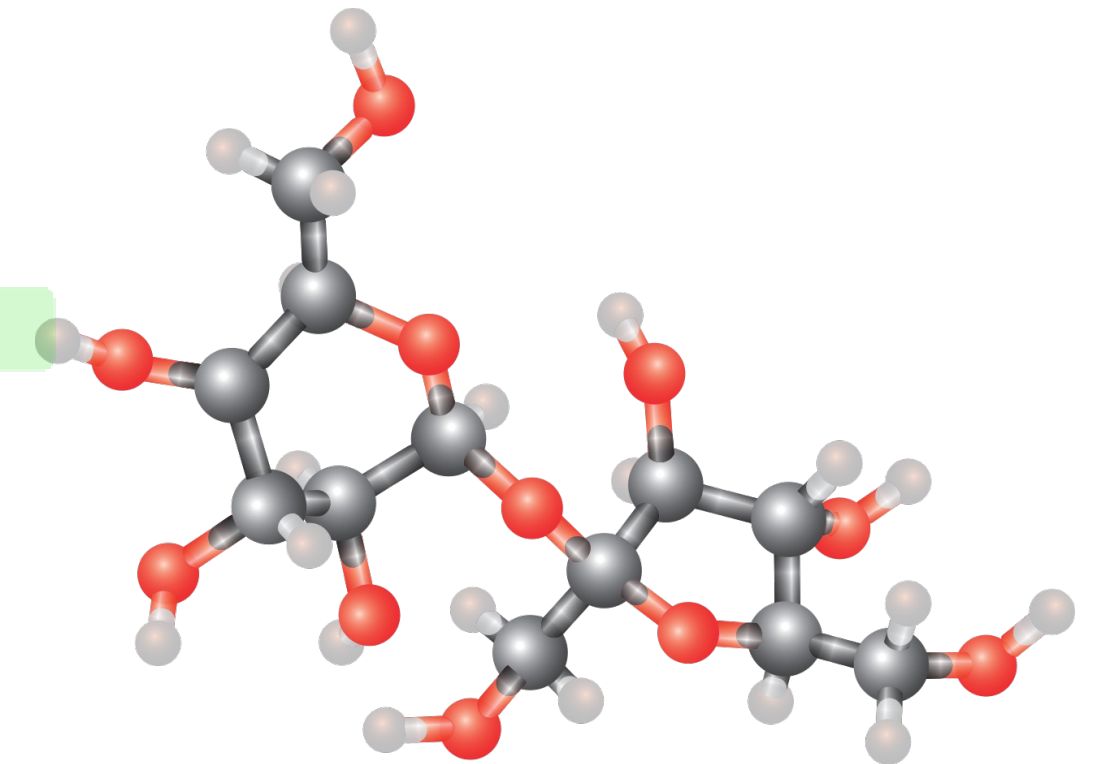


# La materia

- Le tre particelle elementari, unendosi in una grandissima varietà di combinazioni, danno origine alle varie manifestazioni che la materia assume nel mondo macroscopico.
- Due o più atomi uniti da un *legame covalente* danno origine alle molecole.
- Tutta la materia esistente è costituita da un numero estremamente grande di atomi e di molecole.
- Ogni corpo od oggetto contiene un numero enorme di cariche positive e negative ma è globalmente neutro, cioè il numero di cariche positive è uguale al numero di cariche negative.
- Elettizzazione: un corpo è carico positivamente o negativamente quando possiede rispettivamente un eccesso di protoni oppure di elettroni.
- Per un sistema isolato, inteso come un sistema che non possa scambiare cariche con l'esterno, la quantità di carica posseduta dal sistema, cioè l'eccesso di carica, è costante (Legge di conservazione della carica).



Molecola di acqua



Molecola di saccarosio

ha un eccesso di carica ma non può darla perché isolata

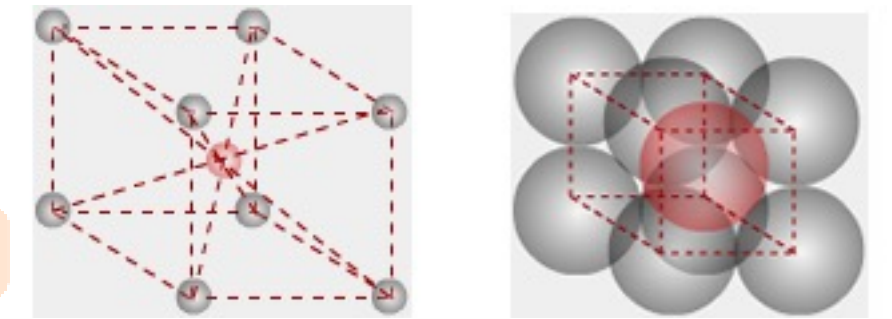
# La materia

- Esistono notevoli differenze tra i materiali per quanto riguarda le proprietà elettriche, es. la possibilità di essere elettrizzati o di mantenere per un certo periodo lo stato di elettrizzazione. *capacità di elettrizzarsi e mantenere la carica*
- Per fenomeni di elettrizzazione, i materiali possono essere classificati in due grandi
  - ✓ i materiali conduttori, tra i quali rientrano i metalli;
  - ✓ i materiali isolanti o dielettrici, di cui sono esempio il vetro, l'ambra, la paraffina, mica, e le sostanze plastiche in genere.

nei conduttori gli elettroni più esterni hanno poca energia di legame e col calore, gli elettroni subito sono liberi di muoversi nel reticolo tridimensionale, intanto gli ioni formano un reticolo cristallino. Più aumenta la temperatura, più l'agitazione termica aumenta, più urti = più calore.

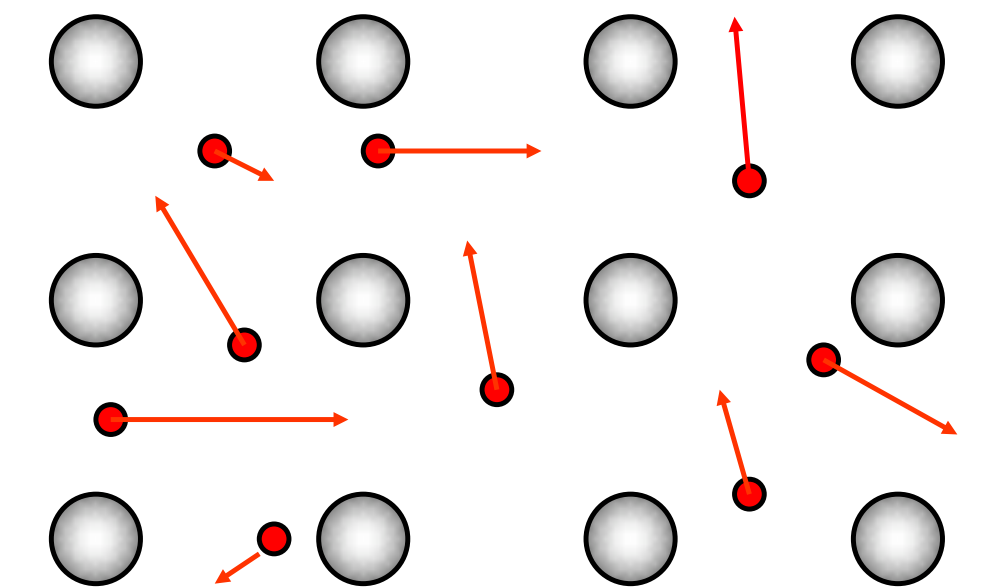
# Conduttori

✓ Struttura reticolare tridimensionale di atomi fissi con un gran numero di elettroni liberi di muoversi all'interno del conduttore e, salvo alcuni casi particolari, impossibilitati ad uscire dal conduttore stesso.



✓ Gli elettroni liberi sono quelli per cui l'energia di legame di questi elettroni è abbastanza piccola da essere inferiore all'energia di agitazione termica già a temperature ambiente.

✓ Nell'ipotesi di un elettrone libero per atomo, nel rame si calcolano circa  $n \cong 8 \cdot 10^{22}$  elettroni liberi per  $cm^3$ .



✓ Il metallo può essere pensato come costituito da ioni positivi circondati e legati da un "gas di elettroni" liberi di muoversi all'interno del materiale sotto l'effetto di forze di attrazione e/o repulsione elettriche

✓ Il «gas di elettroni» occupa gli spazi del reticolo atomico e che si trova in equilibrio termico con gli ioni del metallo.

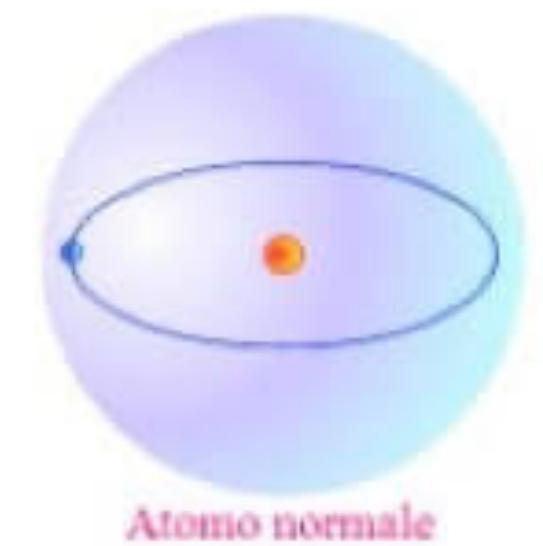
✓ Poiché gli elettroni possono migrare liberamente nel materiale, non è possibile in genere elettrizzare per strofinio un conduttore a meno di non ricorrere a particolari accorgimenti

non si riesce ad elettrizzare, elettroni vanno al metallo facilmente

reticolo ioni fissi e nube di elettroni che si muove liberamente, sottoposti all'agitazione termica

# Isolanti

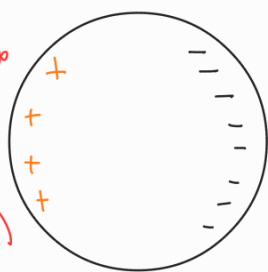
- ✓ Sono caratterizzati dall'avere atomi e molecole con tutti gli elettroni fortemente legati ai rispettivi nuclei. *no elettroni che si muovono*
- ✓ In risposta ad una forza di tipo elettrico (ad intensità tipiche che si rileva nella pratica), si spostano di pochissimo dalle loro posizioni iniziali, ma non possono migrare nel materiale.
- ✓ Risento comunque della presenza di forze elettriche e in risposta si generano delle deformazioni atomiche e/o molecolari.
- ✓ Possono essere facilmente elettrizzati per strofinio.



non con forze meccaniche a strappare elettroni  
all'istante o al punto  
es. la bacchetta si carica positivamente o neg. dopo strofinio

Importante la forza di attrazione o repulsione in base al segno

Non so  
se la bacchetta  
è carica  
+ o -  
(Se la bacchetta  
è carica allora  
o forse altro)



Ha ceduto elettroni  
al polo

Stagno per l'effetto

Solo gli elettroni

partono esternamente,

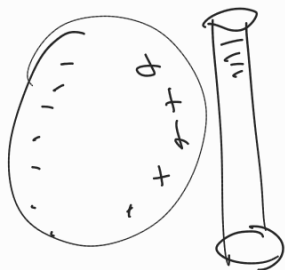
ma il dielettrico è comunque

localmente neutro.

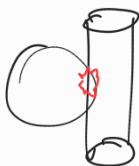
Se sfioro la parte sopra  
della bacchetta, solo quella  
sarà carica, ma quella di  
sotto no

Le cariche del conduttore, possono  
essere libere, e migrano verso  
il lato destro, per attrazione della  
carica positiva della bacchetta.

ovviamente migrano a destra, il corpo è  
globalmente neutro, quindi a SX  
ci sarà una mancanza di elettroni.



Se la bacchetta  
è invece carica  
negativamente.



Se c'è contatto fra bacchetta carica  
positivamente e il conduttore, la pallina cede  
elettroni alla bacchetta.

ma non che neiteriano, la pallina sarà  
globalmente positiva, perché avrà ceduto  
elettroni alla bacchetta. quindi ora

Se avviciniamo la bacchetta carica ancora  
positivamente, ci sarà repulsione.

Esperimento elettroscopio a foglio. Esistono solo 2 coriche

coriche di tipo questo si attraggono, gli separo usando si respingono  
allungo conduttori e dielettrici, e quest'ultimo può essere caricato per sfioramento

