

Principi

Per capire la tecnologia è necessario conoscere i principi scientifici fondamentali. Le pagine che seguono presentano un'introduzione alla natura della materia e alle proprietà di elettricità, magnetismo e luce, ai principi dell'elettronica e alle leggi che governano le forze, il moto e le macchine semplici.

Materia

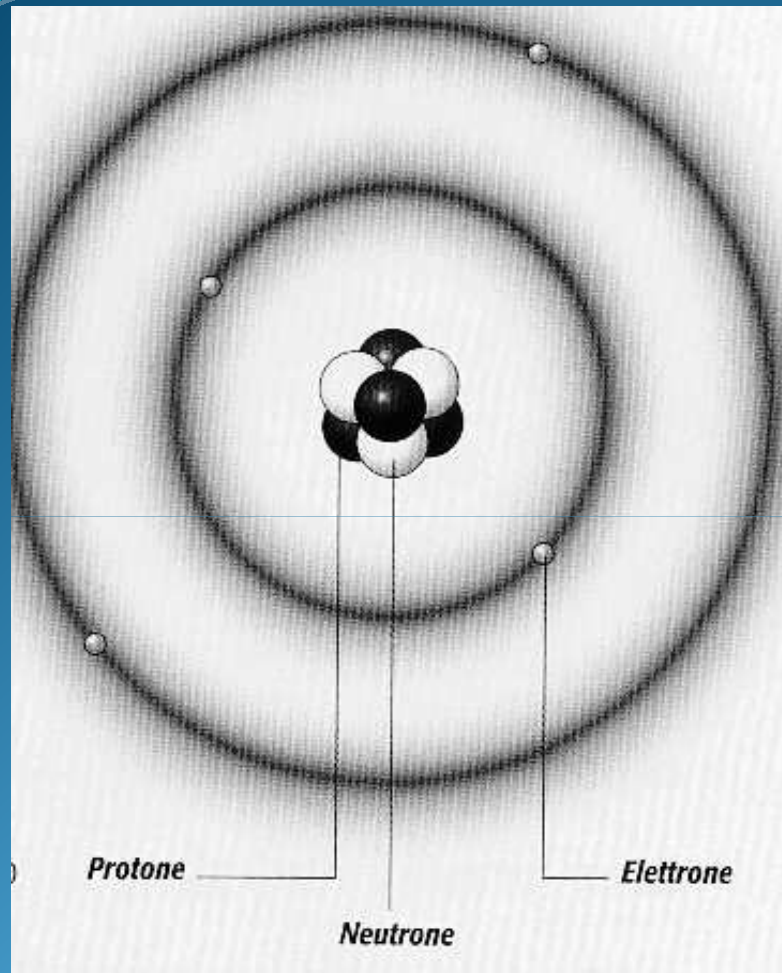


Figura 1: STRUTTURA ATOMICA

Questo atomo, dell'elemento berillio, ha cinque neutroni e quattro protoni nel nucleo e quattro elettroni distribuiti su due livelli.

Quasi tutta la materia (il costituente fisico dell'universo) è fatta di atomi. Vi sono nell'universo 92 tipi fondamentali di atomi di origine naturale, corrispondenti a 92 diversi elementi (sostanze pure, fondamentali, con proprietà caratteristiche). Un'altra ventina di elementi sono stati creati nei reattori nucleari o negli acceleratori di particelle. L'atomo è il più piccolo frammento di un elemento che possa esistere e di norma ha un'estensione di pochi nanometri (miliardesimi di metro).

Gran parte della materia che ci circonda è costituita non da elementi ma da composti e miscele. Un composto è costituito da atomi di due o più elementi legati assieme secondo una proporzione fissa, e si forma quando gli atomi interagiscono fra loro in situazioni specifiche. Le proprietà di un composto sono di solito molto diverse da quelle degli elementi che lo costituiscono. Per esempio, il sale da cucina è un composto formato in uguali proporzioni da sodio, un metallo dolce, e cloro, un gas tossico di colore giallo-verdastro.

La più piccola unità di un composto è la molecola. Le molecole possono essere costituite da appena due o tre atomi, oppure da molte migliaia. Per esempio, una molecola d'acqua contiene un atomo di ossigeno legato a due atomi di idrogeno. Allo stato solido, molti composti sono costituiti da macromolecole (strutture giganti composte da migliaia di atomi). Una miscela è una combinazione di elementi o composti che conserva molte delle proprietà dei suoi costituenti. Per esempio, una miscela di sale e acqua è salata e umida.

Struttura atomica e molecolare

Il termine "atomo" deriva da una parola greca che significa "indivisibile", ma oggi sappiamo che gli atomi sono formati dall'unione di particelle più piccole chiamate protoni, neutroni ed elettroni. Gli atomi hanno un nocciolo centrale compatto e pesante chiamato nucleo. Questo contiene i protoni e i neutroni, che hanno massa simile. Gli elettroni, molto più leggeri, si trovano in regioni chiamate orbitali attorno al nucleo. Gli orbitali degli elettroni sono disposti a vari "livelli" situati a distanze diverse dal nucleo (si veda la Figura 1).

I protoni hanno una carica elettrica positiva (si veda a pag. 260), gli elettroni hanno un'uguale carica negativa, i neutroni non hanno carica, sono neutri. Un atomo ha lo stesso numero di protoni e di elettroni, per cui nel suo insieme l'atomo è neutro. Gli atomi di un particolare elemento hanno un numero specifico di protoni; questo è il numero atomico caratteristico dell'elemento.

In certe circostanze gli orbitali esterni di un atomo possono acquistare o perdere uno o più elettroni; in questo modo l'atomo neutro si trasforma in una particella dotata di carica negativa o positiva e chiamata ione. Questo fenomeno è fondamentale per il comportamento chimico

dell'atomo. Il moto degli elettroni fra atomi diversi ha come conseguenza la creazione di ioni con carica opposta, che quindi si attraggono reciprocamente. I legami chimici risultanti sono chiamati legami ionici e costituiscono la base di molte sostanze cristalline. Per esempio, nel sale da cucina, ciascun atomo di sodio cede un elettrone a un atomo di cloro, formando ioni cloruro con carica negativa e ioni sodio con carica positiva, uniti in un cristallo ionico di cloruro di sodio. Alcuni composti, come l'acqua, sono tenuti assieme da un legame covalente, in cui degli elettroni vengono condivisi da più atomi, anziché spostarsi da un atomo all'altro. In una molecola d'acqua un atomo di ossigeno condivide una coppia di elettroni con i due atomi di idrogeno.

Solidi, liquidi e gas

La materia può esistere in tre stati di aggregazione fondamentali: solido, liquido e gassoso (si veda la Figura 2). Esiste anche un quarto stato simile a quello gassoso, il plasma (si veda a pag. 277), ma soltanto a temperature altissime, come quelle provocate dai fulmini. La maggior parte delle sostanze può esistere in più di uno stato di aggregazione, a seconda della temperatura e della pressione, e può cambiare stato senza diventare una sostanza diversa. Per esempio, l'acqua esiste sotto forma di liquido, di ghiaccio (solido) e di vapore (gassoso).

In generale, i solidi hanno forma e volume costanti. I liquidi hanno un volume costante (non si possono comprimere facilmente), ma non una forma costante (scorrono). I gas non hanno né una forma costante né un volume costante: possono essere compressi in contenitori piccoli o possono espandersi riempiendone di grandi. Queste differenze fra gli stati di aggregazione sono dovute alle differenze tra le forze che tengono assieme gli atomi, gli ioni o le molecole. Nei solidi le particelle sono tenute rigidamente al loro posto, di solito in una struttura regolare e ripetitiva chiamata cristallo.

Alcuni solidi presentano una struttura altamente regolare senza formare cristalli. Per esempio, la plastica è costituita da migliaia di molecole identiche chiamate monomeri unite assieme in lunghe catene (denominate polimeri).

Nei liquidi le forze tra le particelle sono più deboli rispetto ai solidi, consentendo al liquido di scorrere e di assumere la forma del suo contenitore. Le particelle di un liquido sono più distanziate fra loro rispetto a quelle di un solido e possono sia vibrare sia spostarsi su distanze limitate, ma le forze sono sufficientemente intense da tenere assieme le particelle. L'intensità delle forze determina la viscosità del liquido.

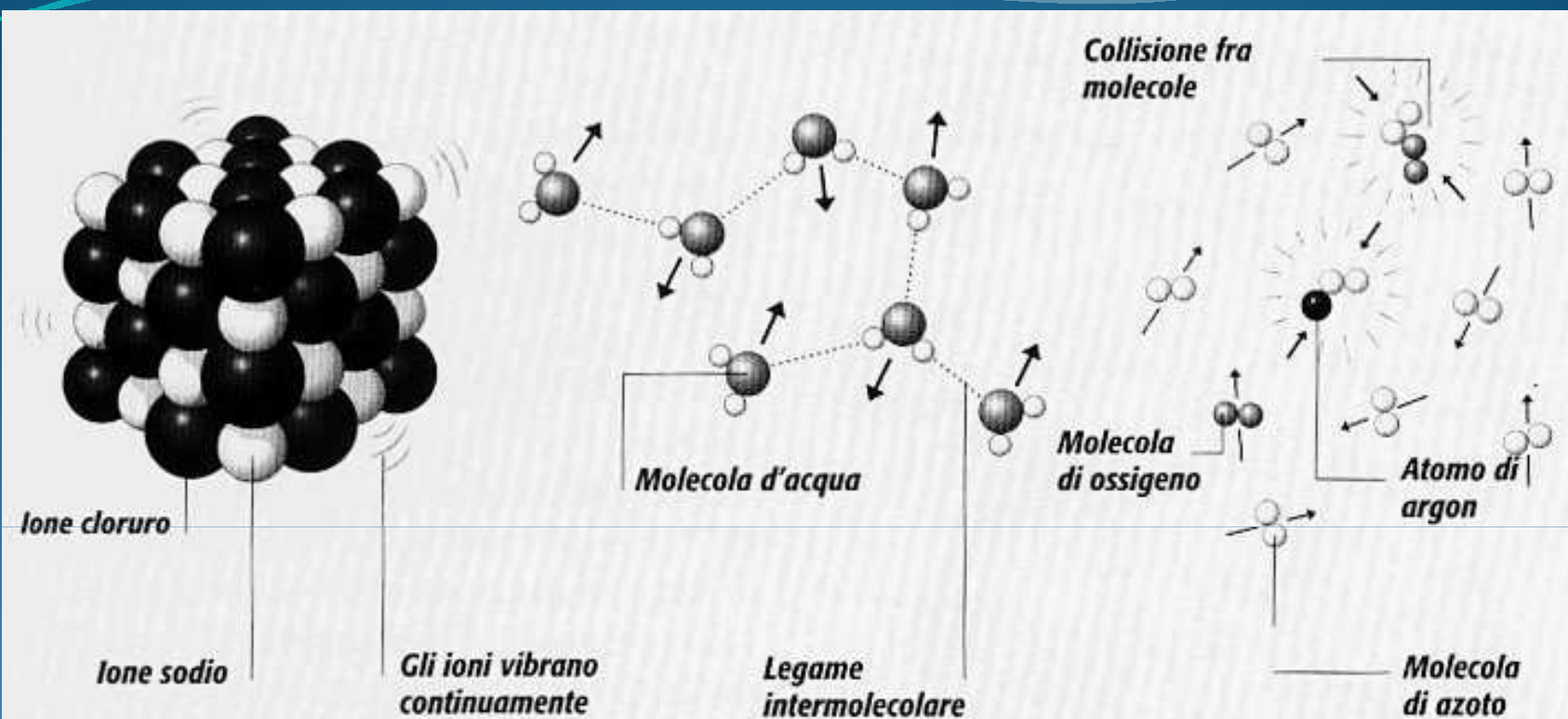


Figura 2: SOLIDO, LIQUIDO E GAS

Il composto cloruro di sodio (a sinistra) si presenta come cristallo solido di ioni sodio e cloruro; l'acqua allo stato liquido (al centro) si compone di singole molecole d'acqua tenute assieme da legami intermolecolari; l'aria (a destra) è una miscela gassosa di vari atomi e molecole in moto rapido continuo.

Le forze tra le particelle di un gas sono molto più deboli rispetto a quelle di un liquido, e le particelle si muovono rapidamente qua e là. Le particelle riempiono tutto lo spazio disponibile e si scontrano continuamente fra loro e con eventuali altre particelle presenti, come quelle delle pareti del contenitore. Queste collisioni costituiscono il fondamento fisico della pressione esercitata dal gas.

Le sostanze passano da uno stato all'altro, diventando solide, liquide o gassose, a temperature specifiche: i punti di fusione e di ebollizione. Tali passaggi di stato hanno luogo senza una variazione di temperatura ma comportano il trasferimento di una forma di energia termica chiamata calore latente

Elettroni, orbitali ed energia

Gli elettroni di un atomo si trovano in orbitali disposti in strati o livelli a distanze diverse dal nucleo. La forza di attrazione fra un elettrone e i protoni del nucleo varia a seconda dell'orbitale e del livello a cui si trova l'elettrone. Per passare da un orbitale interno a uno esterno, l'elettrone deve assorbire energia; analogamente, per passare a un orbitale interno, l'elettrone deve emettere energia. Poiché le distanze fra gli orbitali sono costanti e specifiche per un atomo di un particolare elemento, anche queste differenze di energia sono costanti. Così quando gli elettroni passano da un orbitale all'altro gli atomi emettono o assorbono energia in "pacchetti" costanti, chiamati quanti, che sono

caratteristici di ciascun atomo. L'energia viene assorbita o emessa sotto forma di un fotone di radiazione elettromagnetica, per esempio di luce (si veda a pag. 262).

L'energia di un quanto (fotone) corrisponde a una particolare lunghezza d'onda della radiazione: maggiore è l'energia del quanto, minore è la lunghezza d'onda. Pertanto gli atomi di ciascun elemento sono associati a particolari lunghezze d'onda di radiazione. Nella parte visibile dello spettro elettromagnetico la lunghezza d'onda corrisponde al colore, così ciascun elemento è associato a luce di colori particolari, e i suoi atomi emettono luce di colori caratteristici quando sono eccitati (quando assorbono energia, per esempio quando sono riscaldati da una fiamma). Tali colori vengono utilizzati nell'analisi spettroscopica, in cui si utilizza uno strumento chiamato spettrometro per studiare e misurare uno spettro. Individuando i colori caratteristici degli spettri resi visibili da una fiamma, o della luce di stelle lontane, gli scienziati possono individuare la presenza di elementi specifici.

Isotopi e radioattività

Sebbene il numero di protoni negli atomi di un particolare elemento (il numero atomico) sia sempre lo stesso, il numero di neutroni può variare da un atomo all'altro. Gli atomi dello stesso elemento che hanno un diverso numero di neutroni sono chiamati isotopi (si veda la Figura 3). Il numero di massa (la somma dei protoni e dei neutroni di un atomo) pertanto varia nei differenti isotopi. Gli isotopi sono chimicamente identici (reagiscono allo stesso modo nel formare composti) ma i loro atomi hanno masse diverse. I nuclei di alcuni isotopi, chiamati radioisotopi, sono instabili: emettono spontaneamente radiazioni (particelle o radiazione elettromagnetica) per diventare più stabili. Vi sono tre tipi principali di radiazioni: alfa, beta e gamma. Le particelle alfa sono nuclei di atomi di elio, composti da due protoni e due neutroni. Le particelle beta sono elettroni o positroni (identici agli elettroni ma con carica positiva) in moto rapido.

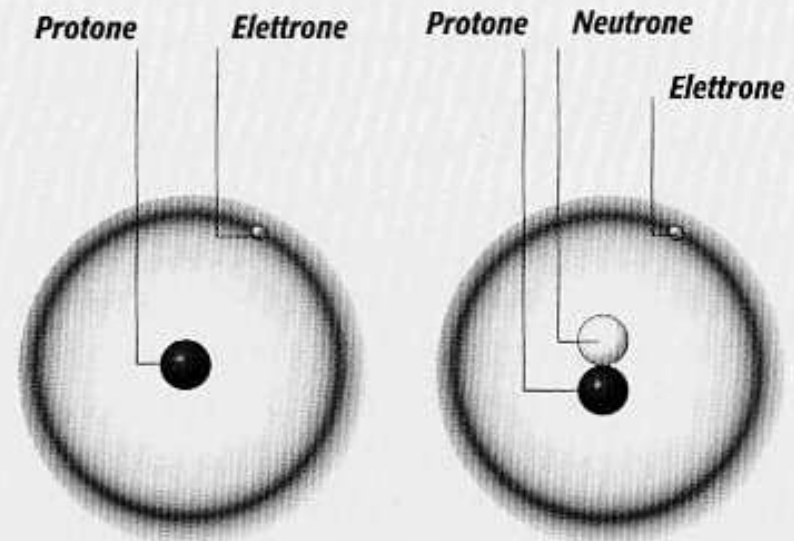
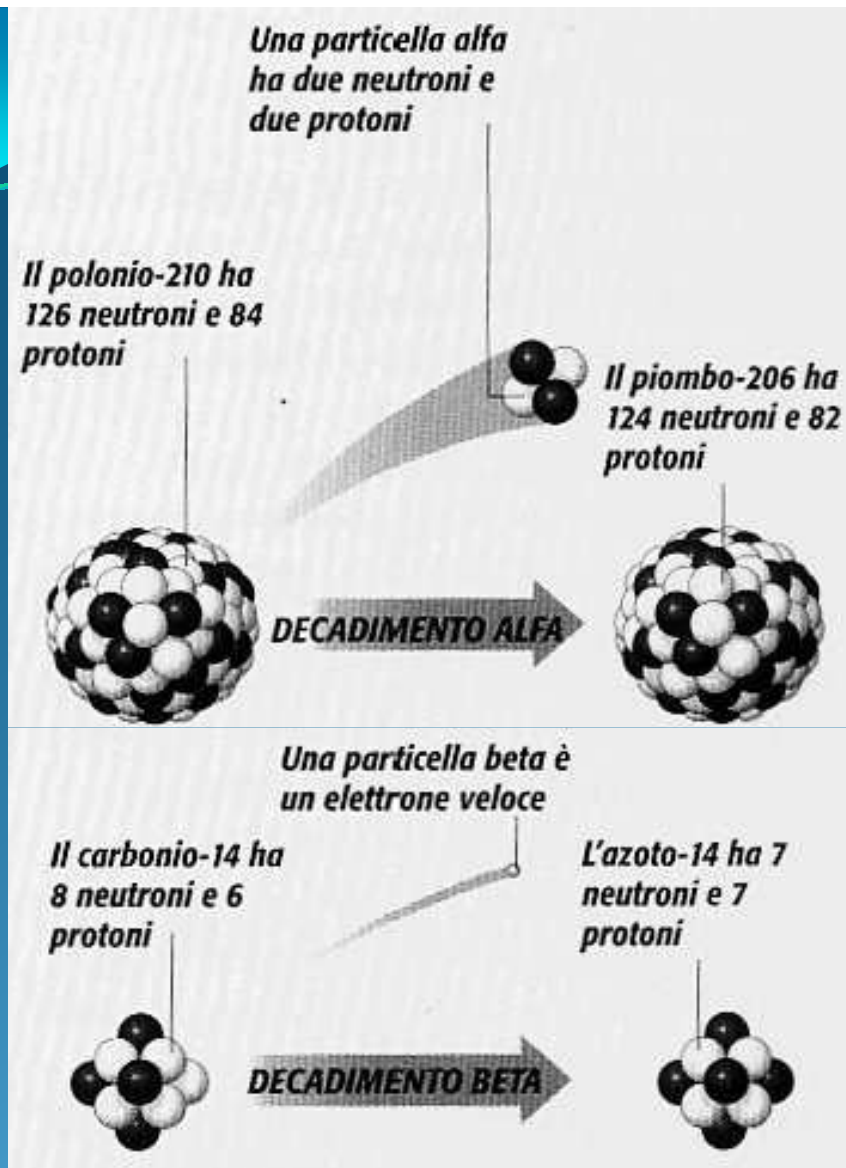


Figura 3: DUE ISOTOPI DELL'IDROGENO
Un atomo di idrogeno (a sinistra) ha nel nucleo soltanto un protone. Un atomo del suo isotopo idrogeno-2 (a destra) ha anche un neutrone oltre al protone. L'idrogeno-2 viene anche chiamato deuterio.



I raggi gamma sono una forma di radiazione elettromagnetica simile ai raggi X ma di lunghezza d'onda ancora minore. Quando un radioisotopo emette radiazioni alfa o beta, si trasforma in un isotopo di un altro elemento (si veda la Figura 4). Per esempio, il carbonio-14 (con 8 neutroni e 6 protoni) è un isotopo instabile del carbonio. Il più comune isotopo del carbonio, il carbonio-12, è chimicamente identico ma ha soltanto 6 neutroni. Prima o poi uno dei neutroni del carbonio-14 emette una particella beta e si trasforma in protone. In questo modo il nucleo di carbonio-14 diventa il nucleo di un atomo di azoto-14.

Figura 4: DECADIMENTO ALFA E BETA

In questi tipi di decadimento radioattivo il nuovo nucleo atomico formato è di un elemento chimico differente da quello originario.

Elettricità e Magnetismo

La materia possiede una proprietà chiamata carica elettrica. Vi sono due tipi opposti di carica, la positiva e la negativa. Due particelle con cariche disuguali (una positiva, una negativa) si attraggono reciprocamente. Due particelle con cariche uguali (entrambe positive o negative) si respingono reciprocamente. Gli atomi hanno numeri uguali di elettroni con carica negativa e di protoni con carica positiva, il che rende l'atomo nel suo insieme elettricamente neutro (privo di carica). La carica non può essere né creata né distrutta.

Un atomo può cedere o acquistare elettroni diventando uno ione dotato di carica (si veda a pag. 258); analogamente un grande blocco di materia, costituito da miliardi di atomi, può presentare una carenza o un'eccedenza di elettroni. La carica positiva o negativa risultante è sufficientemente grande da poter essere misurata.

Cariche elettrostatiche e dielettrici

Un oggetto neutro può essere facilmente dotato di carica. Per esempio, strofinando un palloncino con la lana si fanno spostare elettroni dalla lana al palloncino, fornendo al palloncino una carica complessiva negativa. Due palloncini del genere con carica negativa, se avvicinati fra loro si respingono (si veda la Figura 1). Un altro metodo per dotare di carica un oggetto è l'induzione. Se un palloncino dotato di carica viene portato vicino a un palloncino privo di carica (senza toccarlo), la carica negativa presente sulla superficie del primo palloncino respinge gli elettroni dalla superficie più vicina del secondo palloncino. Tali elettroni rimangono sul secondo palloncino, perché non attraversano facilmente l'aria, per cui il palloncino rimane neutro, ma un suo lato è positivo e l'altro negativo. Le superfici adiacenti dei palloncini hanno ora cariche opposte e si attraggono.

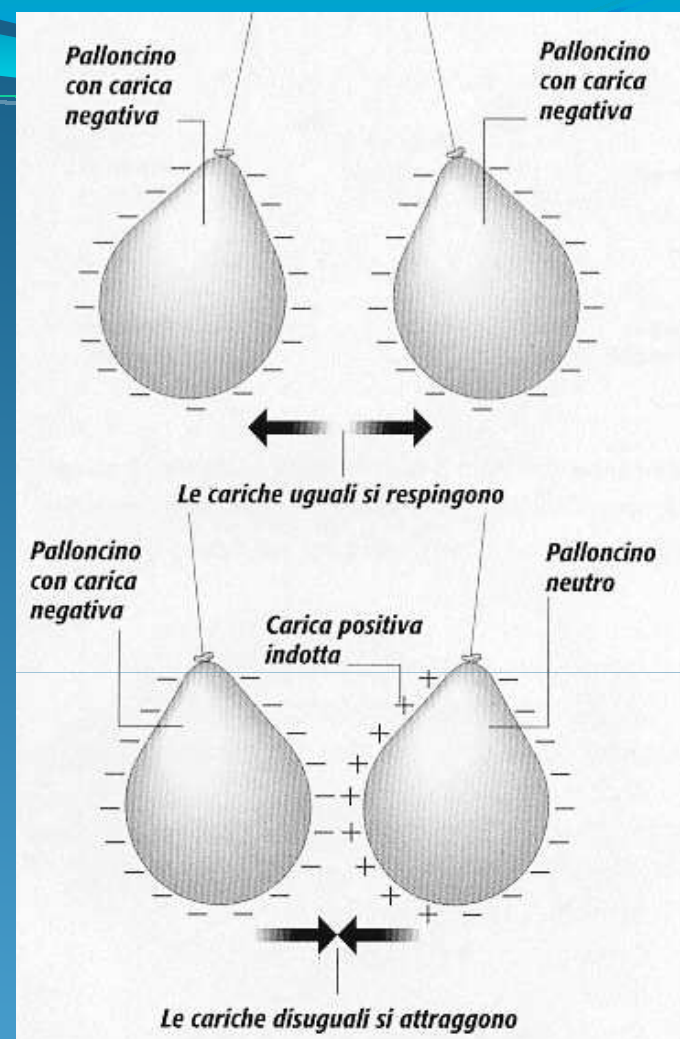


Figura 1: EFFETTI DELLA CARICA ELETTRICA
I palloncini con carica negativa si respingono (in alto). Un palloncino dotato di carica induce una carica opposta in un palloncino neutro (in basso) e i due si attraggono.

Le cariche sui palloncini sopra descritte sono chiamate cariche elettrostatiche: non passano facilmente dai palloncini ad altri oggetti attraversando l'aria, perché l'aria è un isolante, o dielettrico. Il dielettrico è un materiale che non contiene particelle cariche libere; altri esempi di dielettrici sono le materie plastiche e quasi tutti i non-metalli. Le cariche elettrostatiche possono accumularsi solamente se un oggetto dotato di carica viene separato dagli oggetti vicini mediante un dielettrico. Ma anche gli isolanti migliori si perforano (consentono alle cariche di attraversarli) se la differenza di carica fra gli oggetti vicini è sufficientemente grande. Quando le cariche si spostano attraverso l'aria, parte della loro energia viene trasformata nel suono e nella luce di una scarica elettrica, o scintilla. Il fulmine è una scarica massiccia che si verifica quando la differenza di carica fra le nuvole e il suolo è sufficientemente grande da perforare il dielettrico costituito dall'aria consentendo la conduzione di elettricità.

Conduttori e corrente elettrica

Alcuni materiali, fra cui quasi tutti i metalli, sono buoni conduttori di elettricità. Ciò significa che contengono molte particelle cariche libere. Nei metalli solidi i portatori di carica sono elettroni che si muovono all'interno della struttura cristallina. Se vi è una separazione di carica all'interno di un conduttore (vale a dire se un lato è relativamente positivo e l'altro relativamente negativo) le particelle cariche si spostano finché la carica non è distribuita nel modo più uniforme possibile. Questo spostamento di particelle cariche è la corrente elettrica. Perché la corrente circoli in maniera continua, il conduttore deve formare un circuito elettrico completo, partendo da una fonte di energia (una pila o un generatore) e ritornandovi.

Nei fili metallici e in quasi tutte le apparecchiature elettriche la corrente viene trasportata da elettroni dotati di carica negativa.

Gli elettroni circolano dal terminale negativo (catodo) della pila o del generatore attraverso il circuito fino al terminale positivo (anodo). Tuttavia, quando si scoprì la corrente elettrica, non si conoscevano ancora gli elettroni, e si concordò che la corrente indicasse un flusso dal positivo al negativo. Si noti che la direzione di questa corrente "convenzionale" è sempre contraria alla direzione del flusso di elettroni.

A seconda di come viene generata, la corrente elettrica circola sempre nella stessa direzione all'interno di un circuito (corrente continua) oppure circola alternativamente in una direzione e poi in quella inversa (corrente alternata). L'alimentazione elettrica domestica è a corrente alternata e (negli Stati Uniti) inverte la propria direzione 60 volte al secondo. La corrente alternata presenta dei vantaggi rispetto alla corrente continua; per esempio, può essere trasmessa su lunghe distanze in maniera più efficiente.

Elettrochimica e pile

Gli atomi di alcuni materiali tendono a formare ioni positivi cedendo elettroni, mentre altri tendono ad acquistare elettroni formando ioni negativi. Se una coppia di tali materiali viene immersa in una sostanza chiamata elettrolito, si può sfruttare questa duplice tendenza per creare una corrente elettrica. Questo è il principio della pila di Volta, che converte l'energia chimica in energia elettrica (si veda Pile e batterie a pag. 178). Una semplice pila di Volta si compone di aste di zinco e rame immerse in acido solforico diluito. Lo zinco rappresenta il terminale o elettrodo negativo, il rame l'elettrodo positivo; l'acido è l'elettrolito. Se gli elettrodi sono collegati a un circuito esterno, attraverso il filo e l'elettrolito circola una corrente.

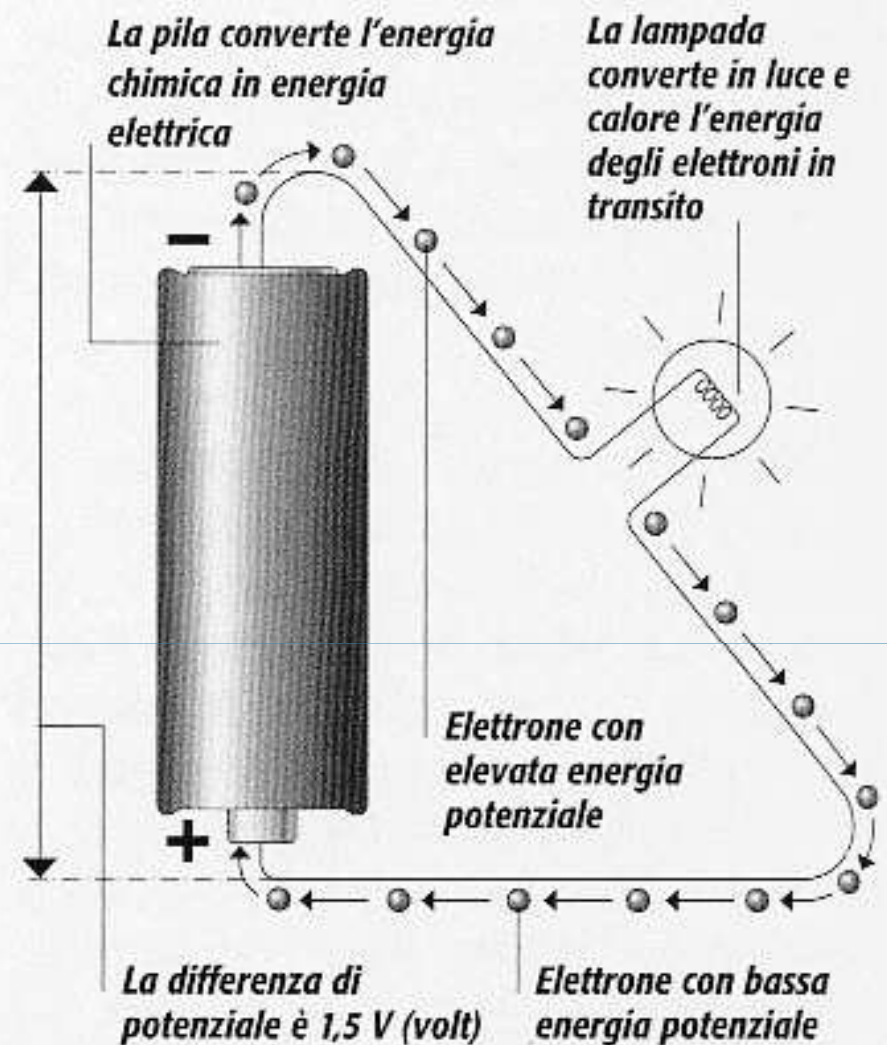


Figura 2: DIFFERENZA DI POTENZIALE
Una pila crea una "barriera di potenziale" fornendo a ciascun elettrone dell'energia che viene poi trasferita ai componenti del circuito.