

FISICA

ElettroMagnetismo

LA CORRENTE ELETTRICA
NEI LIQUIDI

Autore: prof. *Pappalardo Vincenzo*

docente di **Matematica e Fisica**

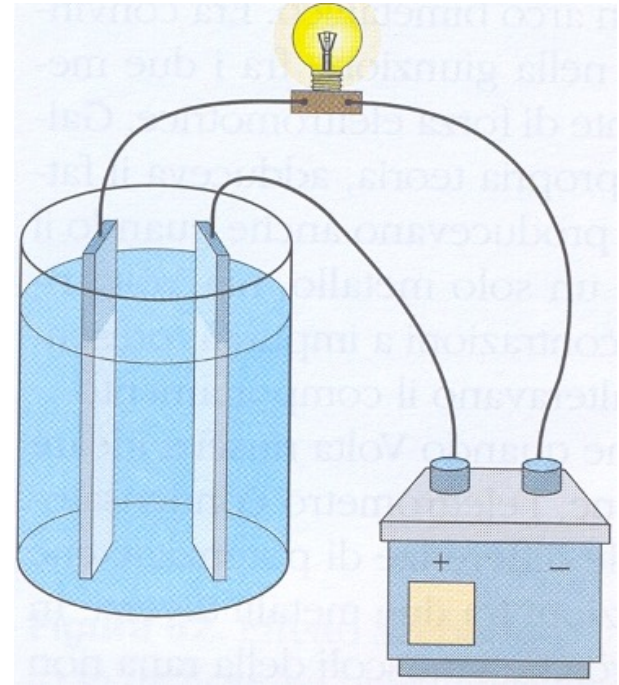


LE SOLUZIONI ELETTROLITICHE

Il recipiente contiene acqua distillata. A circuito chiuso osserviamo che la lampadina rimane spenta, cioè l'acqua pura non conduce l'elettricità (è un isolante).

Non si nota nessun mutamento anche se sciogliamo nell'acqua un composto organico (zucchero).

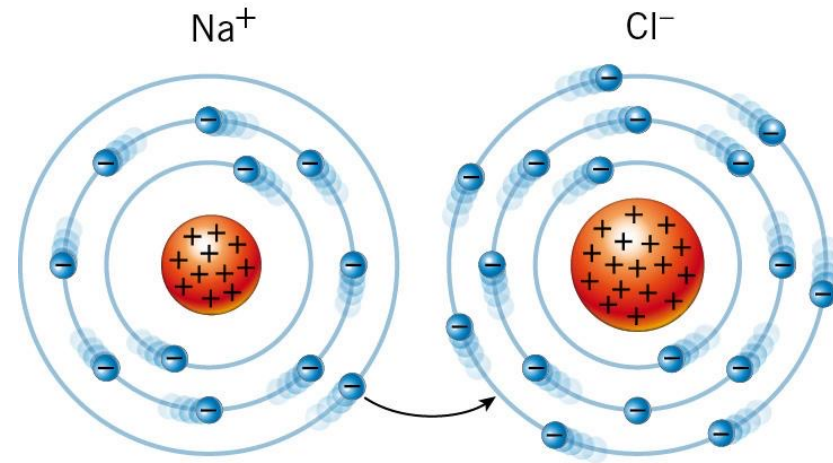
Se sciogliamo del sale da cucina (NaCl) o un acido (acido solforico H_2SO_4) o una base (idrossido di sodio NaOH), la lampadina si illumina: la soluzione acqua-sale è conduttrice.

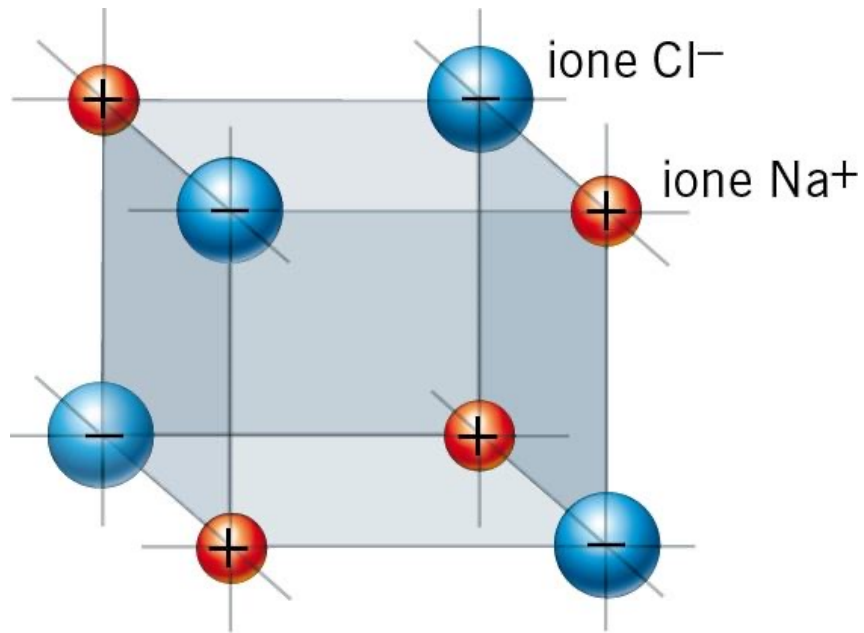


Qualsiasi sostanza che, disciolta nell'acqua, la rende conduttrice si chiama **elettrolita** (sali, acidi e basi). La sua soluzione in acqua si chiama **soluzione elettrolitica**, per la quale **vale la 1° legge di Ohm** (entro certi limiti della temperatura).

Il diverso comportamento degli elettroliti rispetto a quello delle sostanze organiche ai fini della conducibilità in soluzione è da attribuirsi alla particolare natura del legame chimico, che nei sali, negli acidi e nelle basi è di **tipo ionico**.

Dissociazione elettrolitica



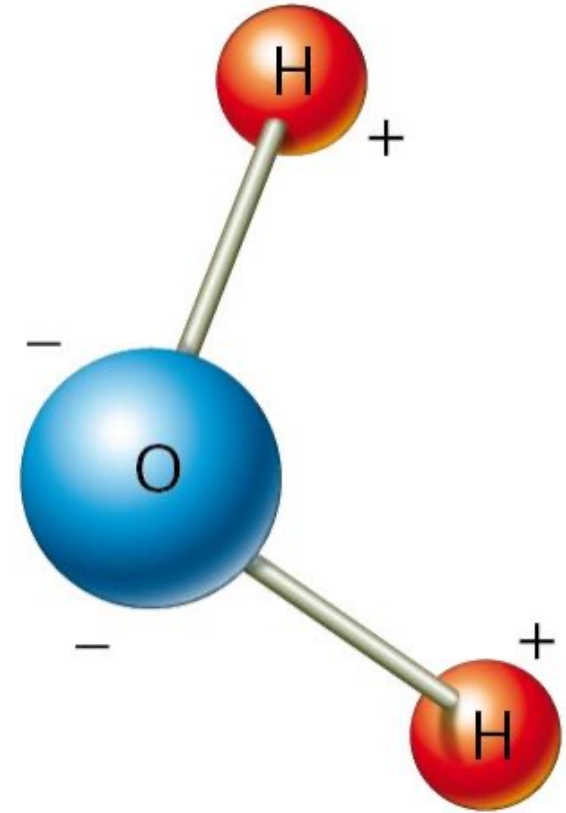


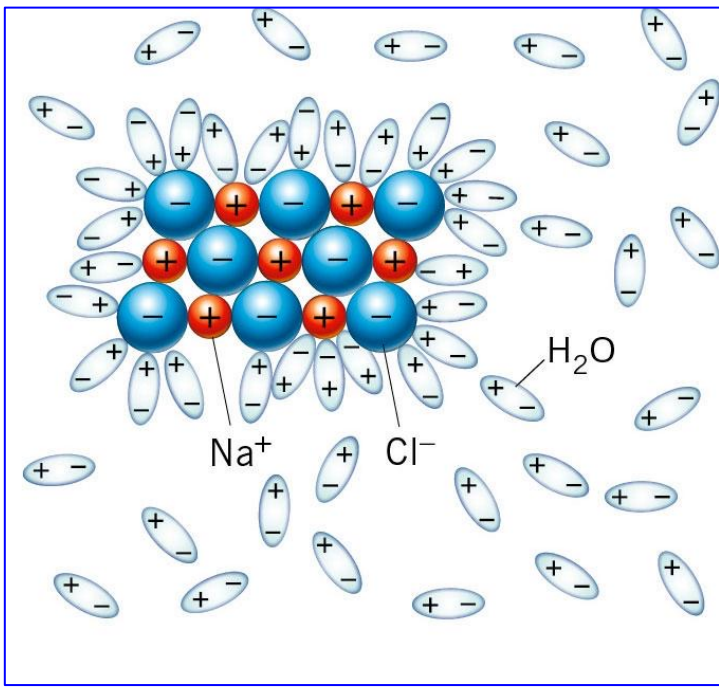
La stabilità del reticolo cristallino è dovuta alla forza attrattiva che si esercita tra ogni ione e quelli di segno opposto.

Quando l'elettrolita viene sciolto in acqua, gli ioni acquistano libertà di movimento in quanto l'acqua ha la capacità di demolire la struttura cristallina dell'elettrolita liberando così gli ioni, che si disperdono nel solvente.

L'azione demolitrice delle molecole di acqua è dovuta alla loro natura polare.

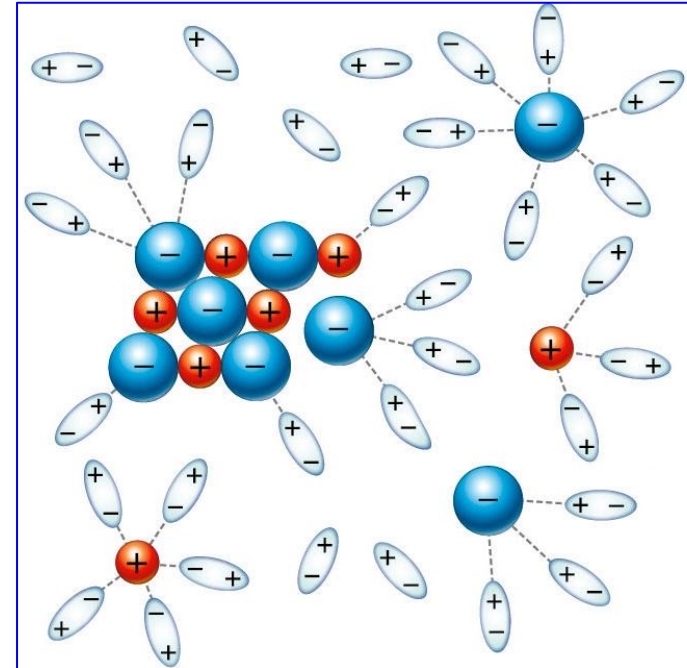
La carica non è distribuita uniformemente a causa della forma angolata della molecola. La molecola di acqua si comporta come un dipolo elettrico in quanto la carica tende ad accumularsi alle estremità.





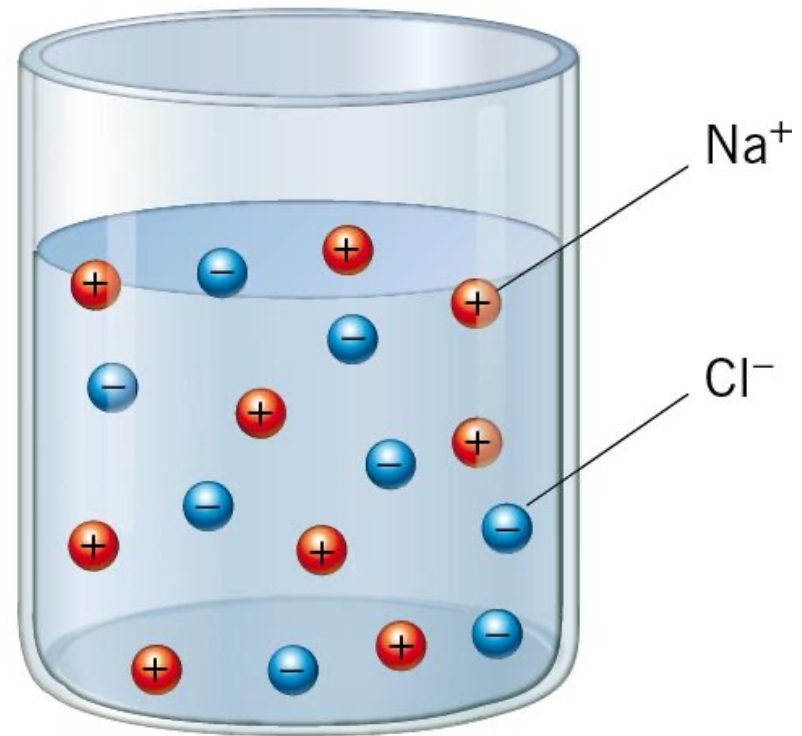
Le molecole di acqua, penetrando nel reticolo cristallino, schermano la carica elettrica degli ioni, facendo così diminuire le forze elettriche che si esercitano tra di essi.

Il moto di agitazione termica nel liquido completa la demolizione del reticolo e la dispersione degli ioni. Alla fine il cristallo scompare e restano in soluzione gli ioni positivi e negativi, liberi di muoversi.



L'effetto di schermo è dovuto al fatto che la forza elettrica con cui si attraggono gli ioni di carica opposta è inversamente proporzionale alla costante dielettrica relativa del mezzo. Quindi, quando il cloruro di sodio si trova in acqua ($\epsilon_R=80$) la forza elettrica diventa $1/80$ di quella che si ha in aria ($\epsilon_R=1$).

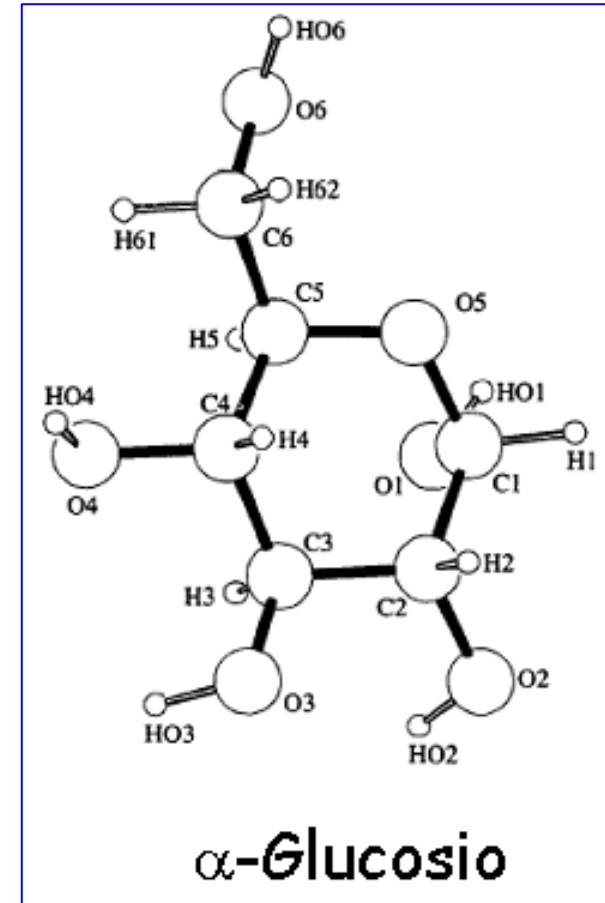
Il fenomeno che provoca la dissoluzione delle sostanze ioniche in acqua si chiama **dissociazione elettrolitica**.



Perché per i composti organici come lo zucchero, la dissociazione elettrolitica non avviene?

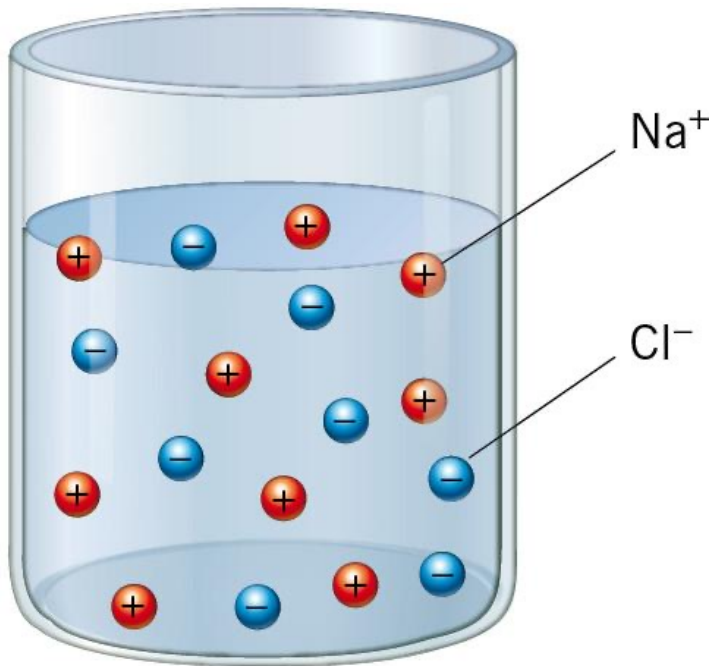
Questi composti hanno una struttura molecolare, ossia le “unità costruttive” del reticolo cristallino sono le molecole. In ogni molecola gli atomi costituenti sono uniti dal legame covalente, mentre le molecole sono tenute insieme da forze più deboli.

Quando si pone in acqua un cristallo del genere, si dissolve disperdendo nel solvente le molecole di zucchero che, essendo neutre, non possono dar luogo a una corrente elettrica.



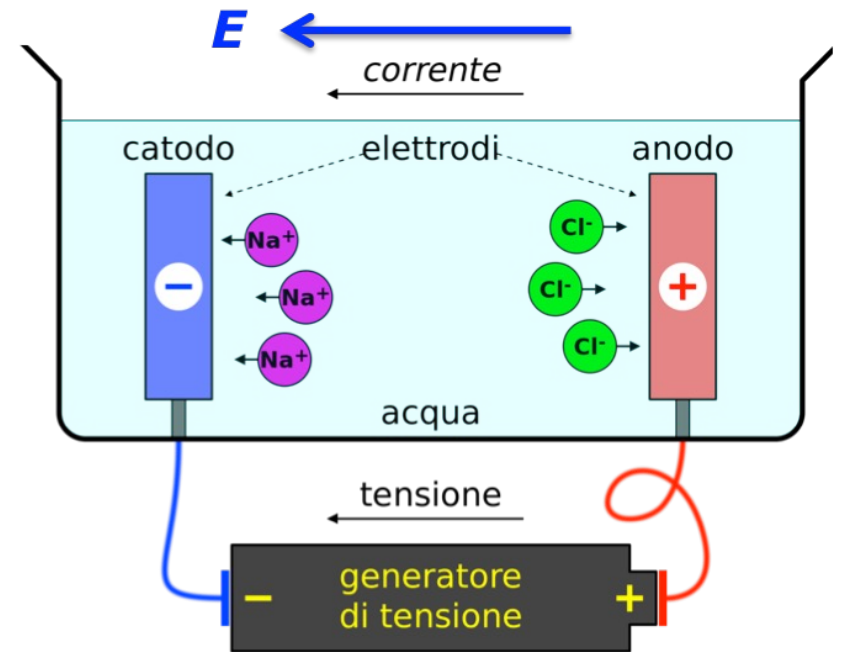
L'ELETTROLISI

Utilizziamo il modello della soluzione elettrolitica per spiegare in che modo si realizza il passaggio della corrente e quali fenomeni (**elettrolisi**) essa determina all'interno della soluzione.



Gli ioni liberi migrano disordinatamente per tutta la soluzione come gli elettroni di conduzione entro il reticolo cristallino di un metallo; *l'unica differenza rispetto ai metalli è che ora le cariche libere sono sia positive sia negative.*

Immergiamo nella soluzione elettrolitica due elettrodi e stabiliamo fra essi una differenza di potenziale.

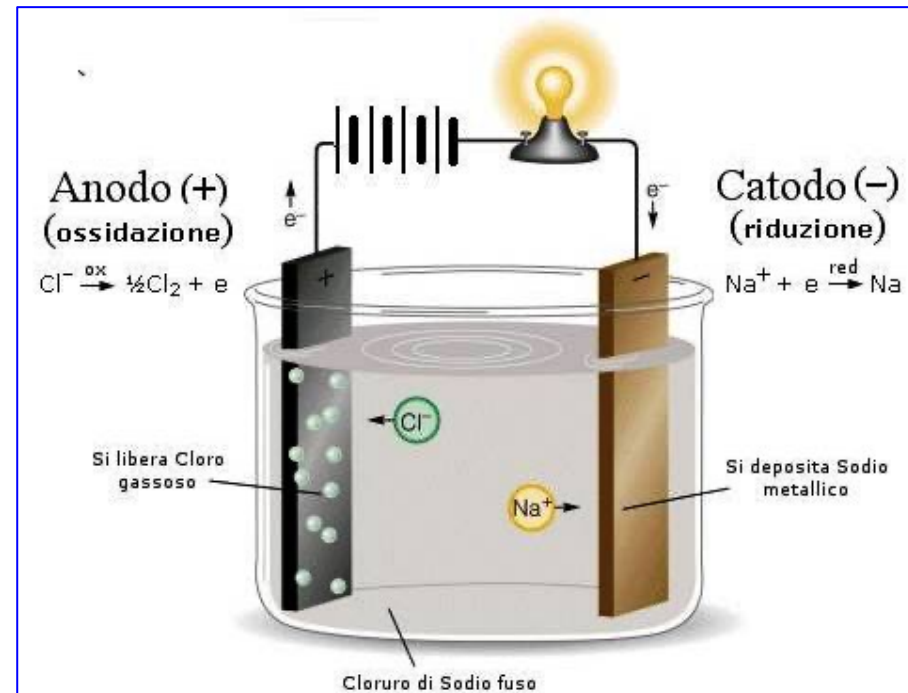


Il campo elettrico, diretto dall'anodo (potenziale più alto) al catodo (potenziale più basso) spingerà gli ioni positivi (cationi) verso l'elettrodo negativo (catodo) e quelli negativi (anioni) verso l'elettrodo positivo (anodo).

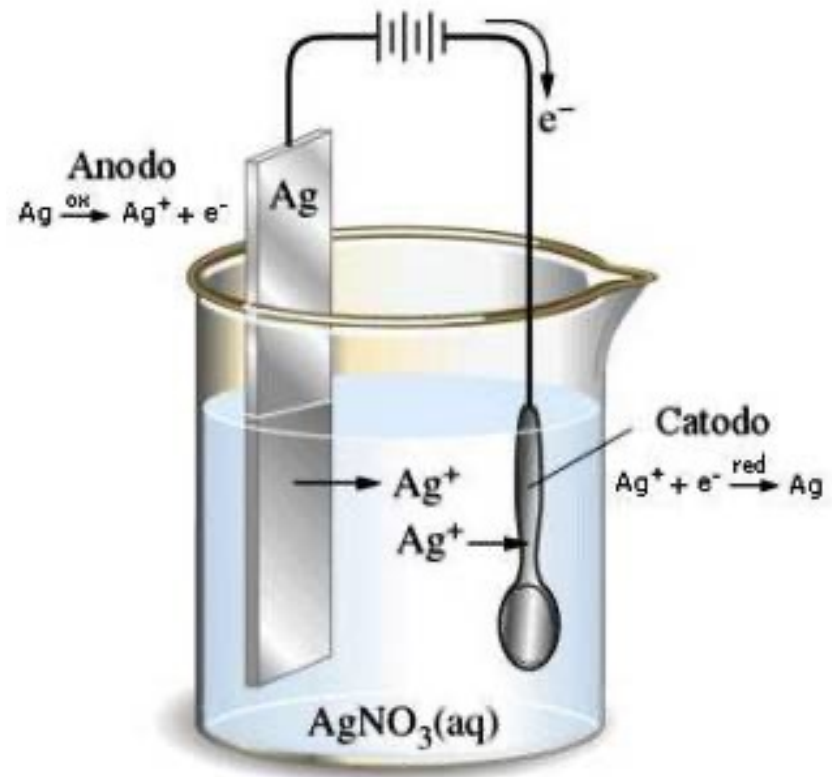
Si ha così una corrente elettrica dovuta a un movimento di cariche positive e negative.

Si noti che, a differenza di ciò che accade in un conduttore metallico, dove i portatori di carica sono i soli elettroni, in una soluzione elettrolitica la corrente elettrica è dovuta sia a cariche positive che negative (ioni positivi e negativi).

Quando gli ioni arrivano sugli elettrodi cedono a questi la loro carica, diventando neutri; successivamente possono svilupparsi allo stato gassoso, depositarsi sugli elettrodi, oppure reagire con la soluzione o anche con gli elettrodi stessi.



Tramite un processo di elettrolisi, che avviene in soluzioni che contengono sali metallici, è anche possibile depositare strati sottili di metallo (per esempio zinco, argento, nichel) su oggetti diversi, purché questi siano posti al catodo (polo negativo) di una cella elettrolitica contenente gli ioni del metallo con cui si vuole ricoprire l'oggetto.



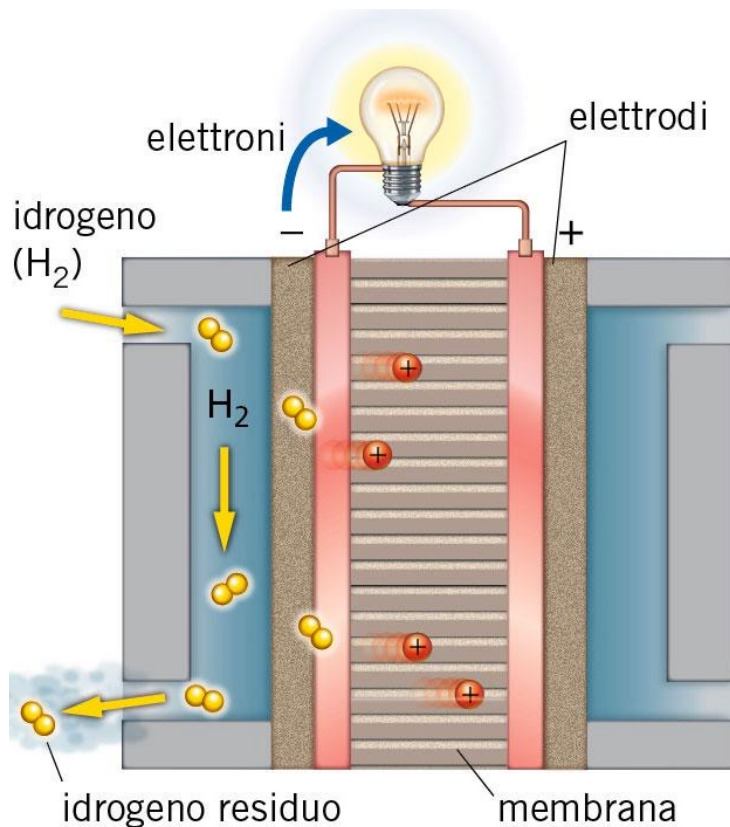
Galvanoplastica (argentatura)

A questo processo di deposizione elettrolitica si dà il nome di **galvanoplastica**.

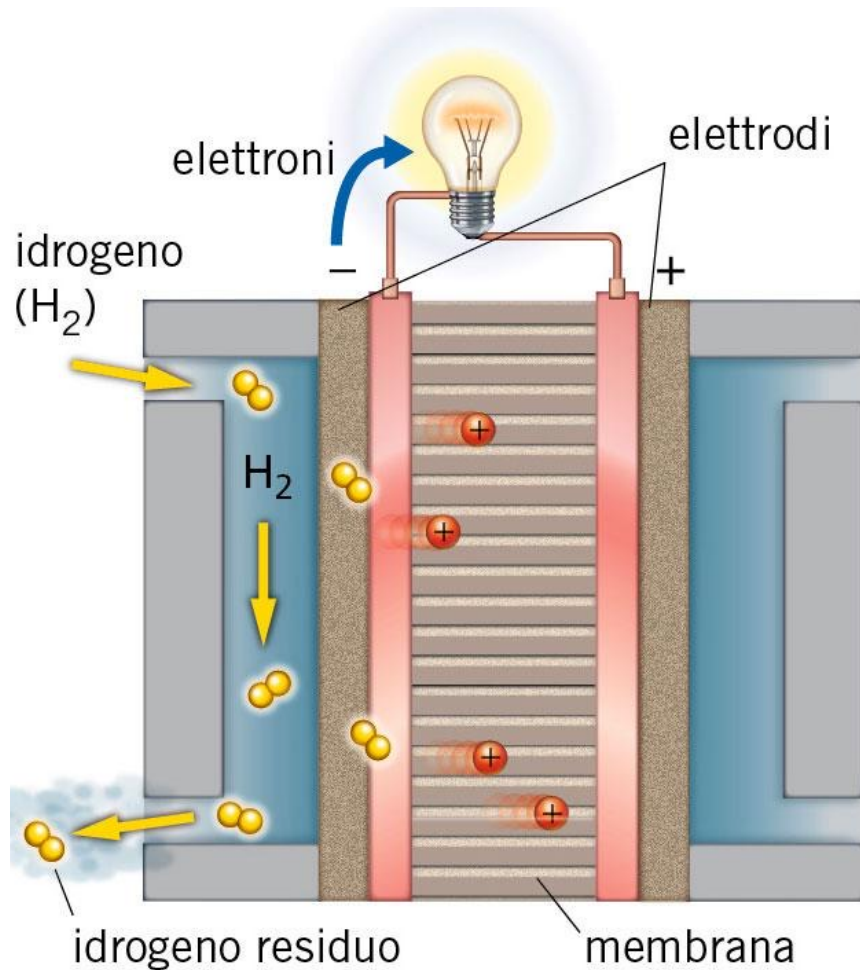
Celle a combustibile

Una corrente elettrolitica è presente anche nelle celle a combustibile.

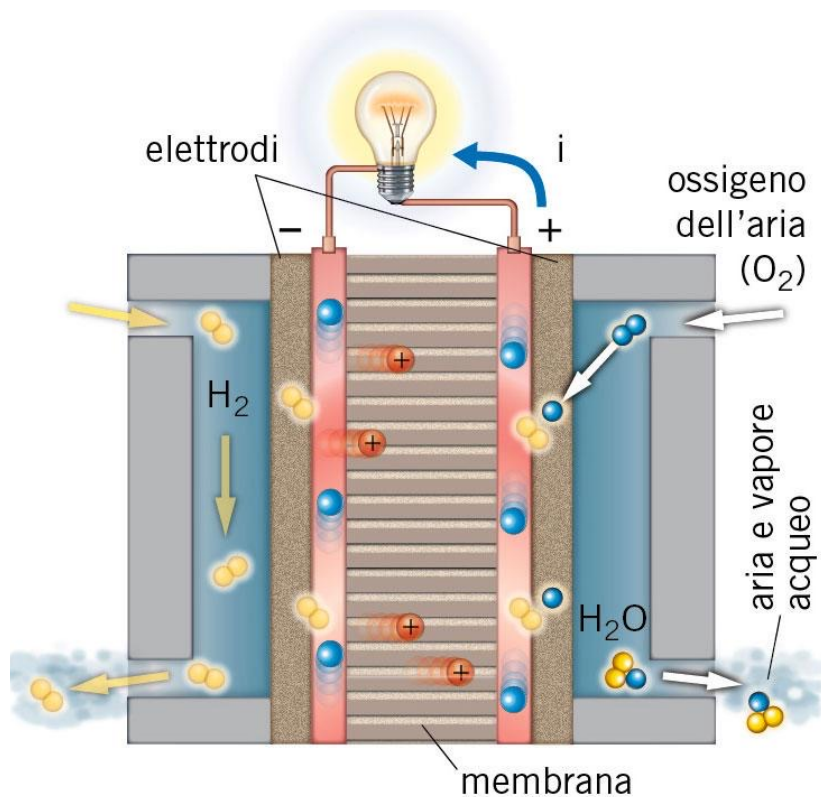
Una **cella a combustibile** è un generatore di tensione alimentato, per esempio, da idrogeno.



È formata da due elettrodi porosi, separati da una sottile membrana elettrolitica, che lascia passare gli ioni positivi ma non gli elettroni.



Dall'elettrodo di sinistra entra l'idrogeno, che è scomposto in protoni ed elettroni da un catalizzatore. I protoni diffondono attraverso la membrana e raggiungono l'elettrodo di destra, che diviene l'elettrodo positivo.



Gli elettroni, bloccati dalla membrana, fluiscono lungo il filo esterno verso l'elettrodo positivo, generando una corrente. All'elettrodo di destra, si combinano con i protoni e con l'ossigeno dell'aria dando vapore acqueo.

La corrente che circola nel circuito esterno può essere usata per alimentare un dispositivo, ad esempio un motore elettrico. Nelle automobili a celle si fa il pieno di idrogeno. I loro gas di scarico, costituiti da vapore acqueo, non sono inquinanti.

LE LEGGI DI FARADAY

L'esperienza mostra che per produrre mediante l'elettrolisi 20g di alluminio (pari a una lattina da bibite) è necessario far circolare una corrente elettrica di 1 A per 59 ore.

Le quantità di sostanze che nell'elettrolisi si sviluppano o si depositano agli elettrodi, sono regolate dalle seguenti leggi:

Prima legge di Faraday

La massa di sostanza che si deposita a un elettrodo è direttamente proporzionale alla quantità di carica elettrica che passa nella soluzione:

$$m = \frac{M_A}{N_A e z} Q$$

M_A = massa di una mole di sostanza

N_A = numero di Avogadro

e = carica elementare

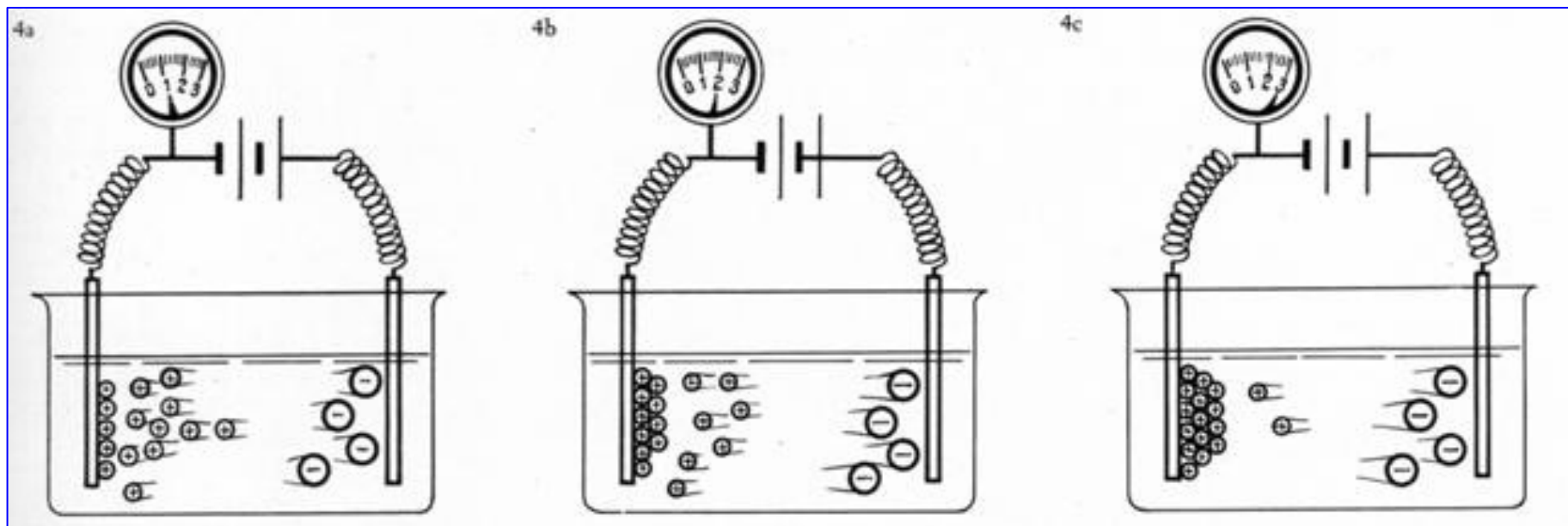
Z = valenza ione

INTERPRETAZIONE 1° LEGGE

La quantità di elettricità q che in un certo tempo Δt passa nella soluzione elettrolitica è dovuta al movimento degli ioni, per esempio, nel caso dell'elettrolisi dell'acido cloridrico, H^+ e Cl^- .

Se teniamo chiuso il circuito per un tempo doppio, mantenendo costante l'intensità di corrente, raddoppia la carica che passa nel circuito e raddoppia perciò il numero di ioni H^+ e Cl^- che raggiungono rispettivamente il catodo e l'anodo.

Di conseguenza anche le masse di idrogeno e di doro che si sviluppano agli elettrodi diventano il doppio.



- a) con un coulomb di elettricità si deposita al catodo una certa quantità di Ag (1.18mg);
- b) con 2 coulomb un quantità doppia;
- c) con 3 coulomb tripla.

Seconda legge di Faraday

Una stessa quantità di carica, attraversando soluzioni elettrolitiche diverse, libera agli elettrodi masse di sostanze che sono direttamente proporzionali ai rispettivi equivalenti chimici:

$$m = \frac{Q}{N_A e} \frac{M_A}{z}$$

$$\frac{M_A}{z} = \text{equivalente chimico}$$

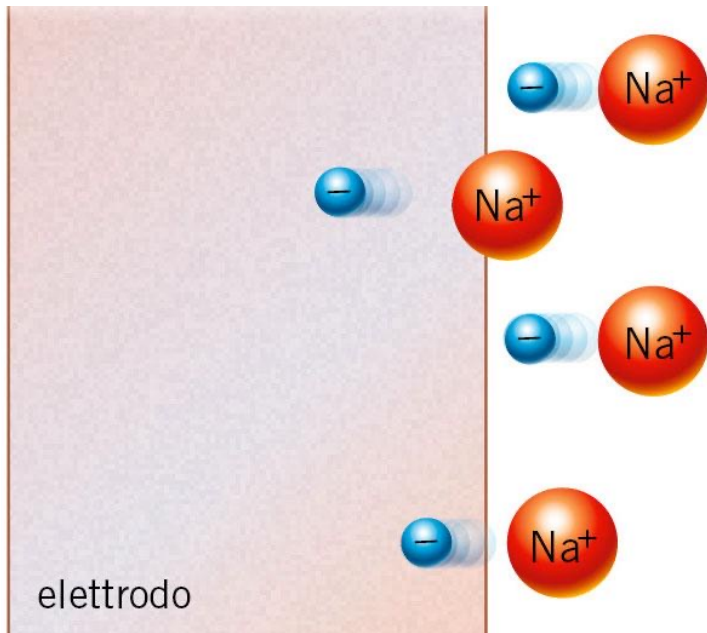
Gli elettroni di valenza sono quelli che si trovano più lontani dal nucleo e disponibili per la formazione di legami chimici con altri atomi. Il numero di valenza z indica il numero di tali elettroni. Quindi:

$$\text{equivalente chimico } C_u = \frac{64}{2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

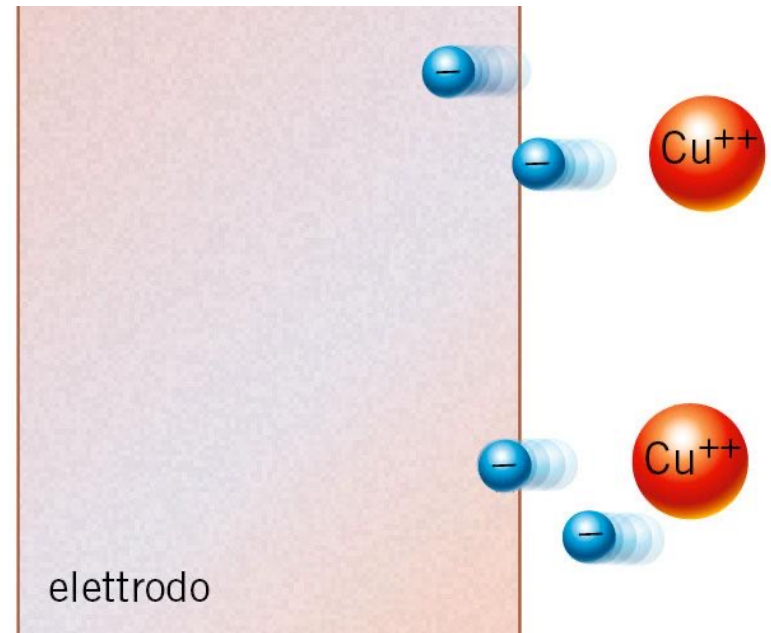
$$\text{equivalente chimico } O = \frac{2 \cdot 8}{2} = 8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

INTERPRETAZIONE 2° LEGGE

Ogni volta che 4 elettroni sono sottratti oppure ceduti a un elettrodo, succede che:



sono liberati quattro atomi
di una sostanza che ha
valenza $z=1$



Oppure sono liberati due
atomi di una sostanza che
ha valenza $z=2$

Ma, ogni atomo ha una massa proporzionale al suo peso atomico M_A . Pertanto, la massa m di sostanza liberata all'elettrodo è:

- direttamente proporzionale al peso atomico M_A ;
- inversamente proporzionale alla carica dello ione, cioè alla valenza z .

In definitiva:

la massa della sostanza liberata è direttamente proporzionale al suo equivalente chimico M_A/z .

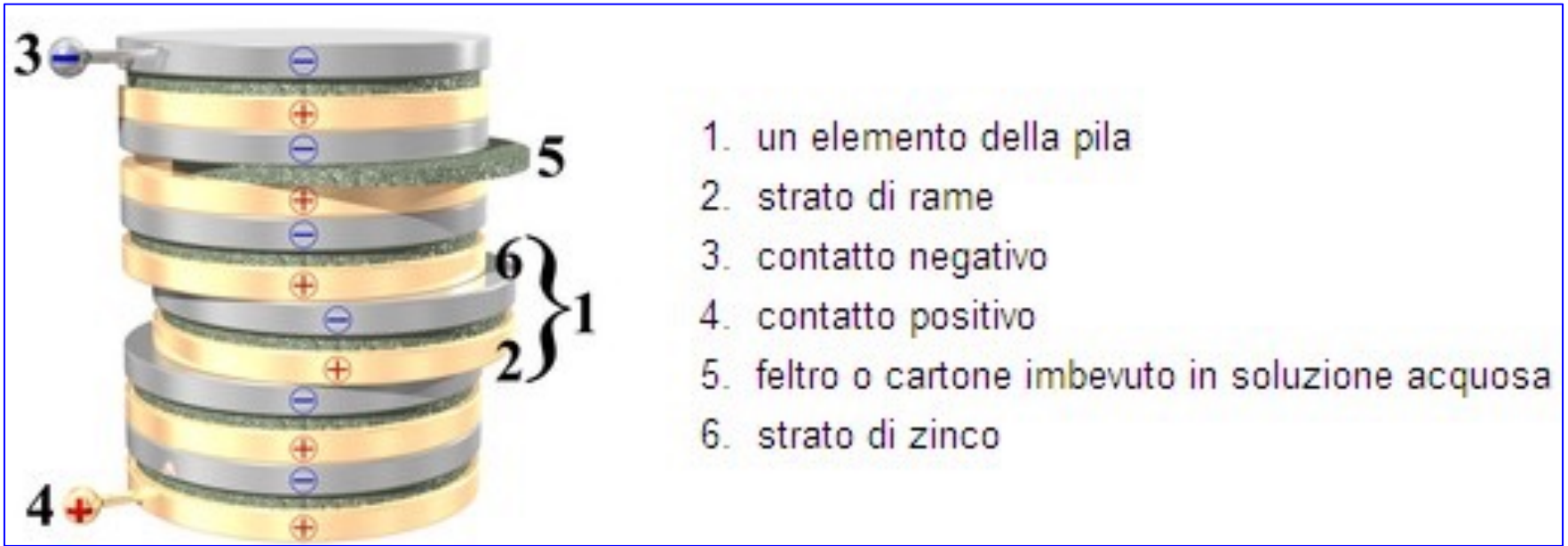
GENERATORI DI FORZA ELETTRICITRICE

Si definisce **pila** (o cella elettrochimica) un generatore di tensione in grado di compiere lavoro a spese dell'energia potenziale chimica delle sostanze contenute al suo interno.

La f_{em} di una pila è il frutto di una trasformazione chimica spontanea in cui le sostanze reagenti si scambiano elettroni.

Una tappa storica fondamentale del progresso scientifico e tecnologico nel campo dell'elettricità fu segnata, nel 1800, dall'invenzione della pila da parte di **Alessandro Volta**.

schema pila di Volta

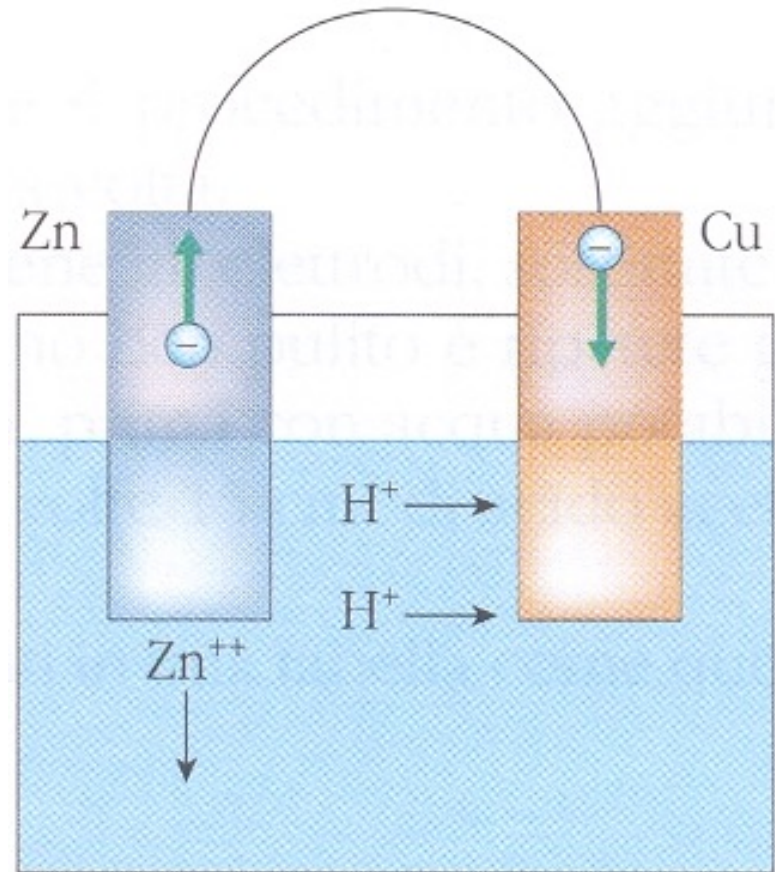


La pila di Volta è formato da coppie di dischi di rame e zinco alternati da un panno imbevuto di una soluzione elettrolitica secondo la successione:

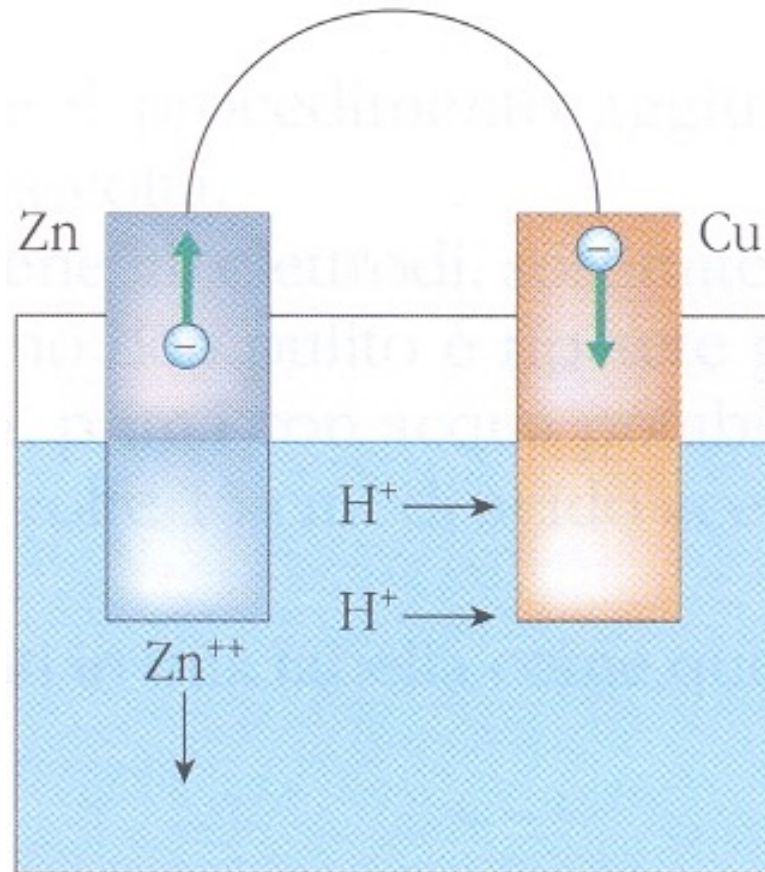
rame-zinco-soluzione elettrolitica-rame ...

FUNZIONAMENTO

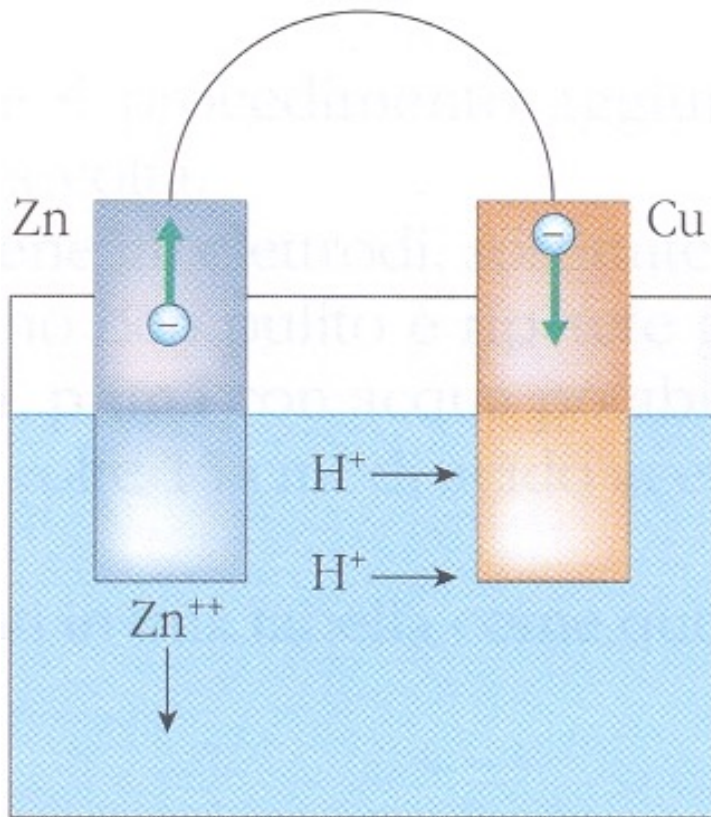
All'elettrodo di zinco avviene la **reazione di ossidazione** che manda in soluzione ioni Zn^{++} , assumendo una carica negativa dovuta agli elettroni liberati dagli atomi di zinco:



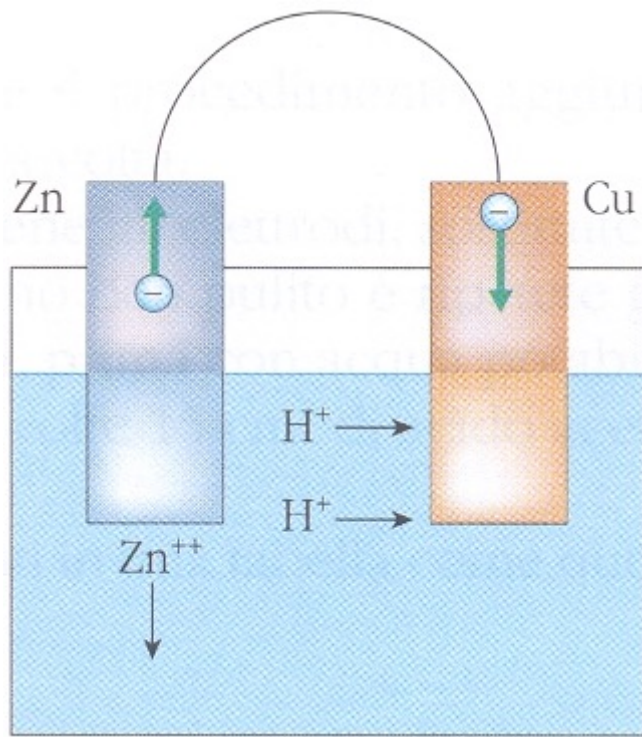
Contemporaneamente sull'elettrodo di rame avviene la **reazione di riduzione** dove gli ioni idrogeno H^+ presenti nella soluzione sottraggono ognuno un elettrone all'elettrodo caricandolo positivamente mentre sulla sua superficie si deposita l'idrogeno gassoso sotto forma di bollicine:



La ddp che si produce fra gli elettrodi a causa delle due reazioni è di circa 1,1V.



Se ora colleghiamo i due elettrodi con un filo di rame si genera nel circuito esterno un flusso di elettroni dallo zinco al rame; questi, giunti sull'elettrodo di Cu, riducono gli ioni H^+ a idrogeno molecolare.

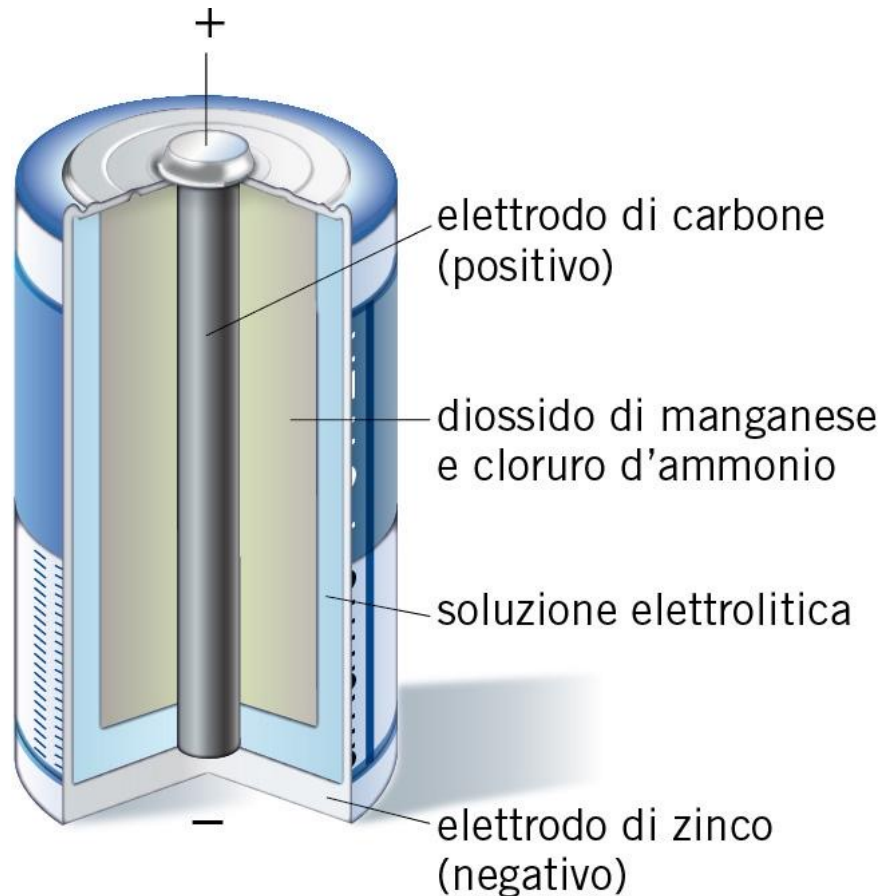


Per ogni due elettroni che fluiscono nel circuito esterno dallo Zn al Cu, l'elettrodo di Zn manda in soluzione uno ione Zn^{++} ripristinando la carica negativa perduta, e così via.

In questo modo si stabilisce una corrente che, per convenzione, nel circuito esterno va dal Cu (elettrodo positivo) allo Zn (elettrodo negativo).

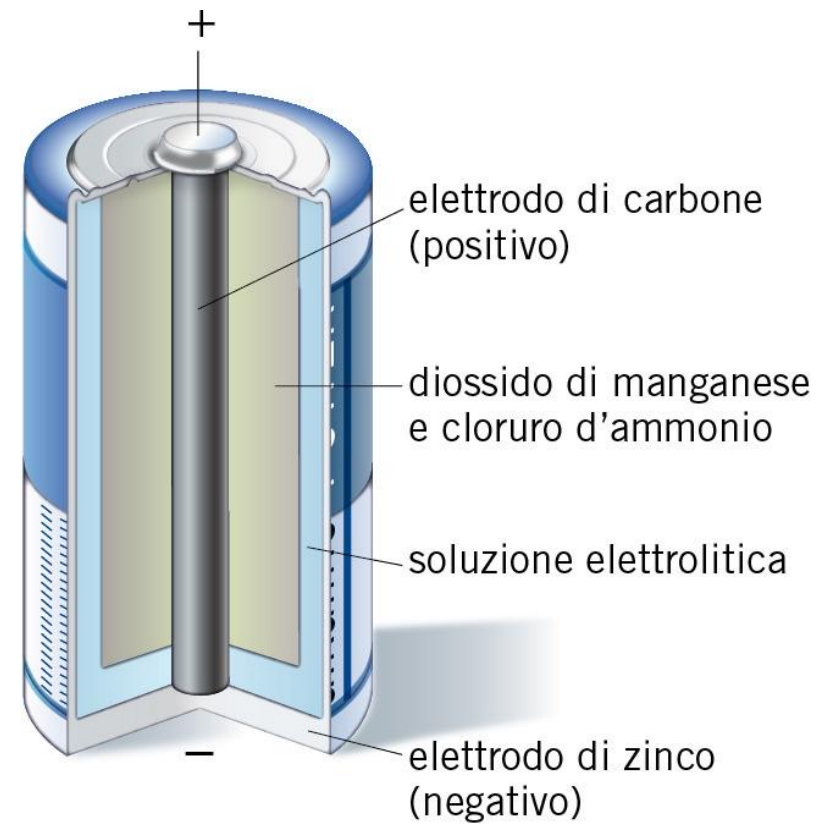
Con la reazione di ossidazione lo Zn dell'elettrodo negativo passa in soluzione; l'elettrodo perciò si esaurisce con il tempo.

Pile a secco



FUNZIONAMENTO - Nel tipo più diffuso, l'elettrodo positivo è formato da una bacchetta di grafite contenuta, insieme alla soluzione elettrolitica formata da un impasto umido di cloruro di ammonio NH_4Cl e di biossido di manganese MnO_2 , in un contenitore di zinco che si comporta come elettrodo negativo.

Funzionano in base allo stesso principio della pila di Volta. Lo Zn manda in soluzione ioni positivi caricandosi negativamente, mentre l'elettrodo di grafite si carica positivamente cedendo elettroni agli ioni H^+ forniti dal cloruro di ammonio.



Il biossido di manganese, d'altra parte, reagisce con l'idrogeno che si forma in seguito alla cattura di elettroni da parte degli ioni H^+ . Si evita in tal modo l'inconveniente della polarizzazione, cioè il deposito dell'idrogeno sull'elettrodo positivo.

Le pile alcaline sono simili a quelle zinco-carbone, ma usano l'idrossido di potassio (KOH) come elettrolita al posto del cloruro d'ammonio, ed hanno la possibilità di erogare più energia a parità di volume.

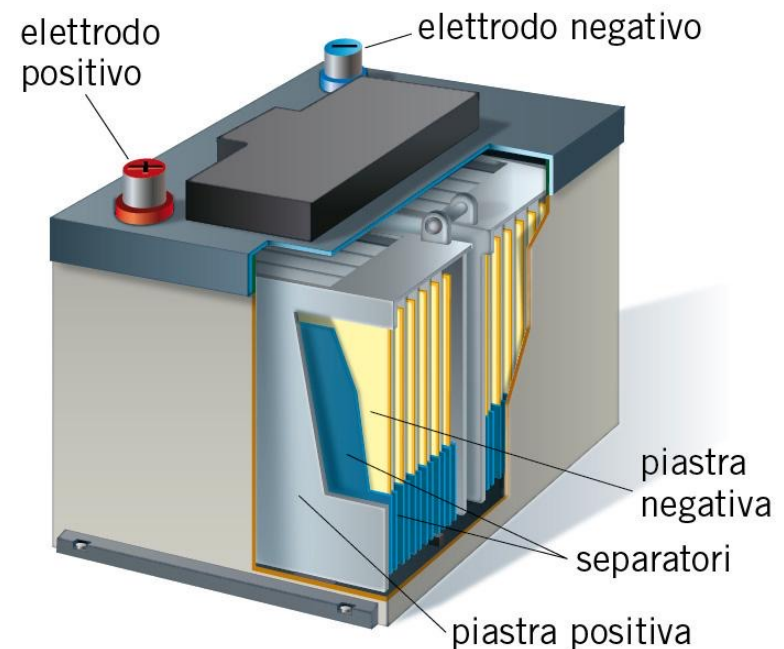
Le batterie elettriche contengono sostanze che sono dannose per l'ambiente e, una volta esaurite, non vanno gettate nella spazzatura, ma portate negli appositi contenitori per la raccolta differenziata.



Accumulatori elettrici

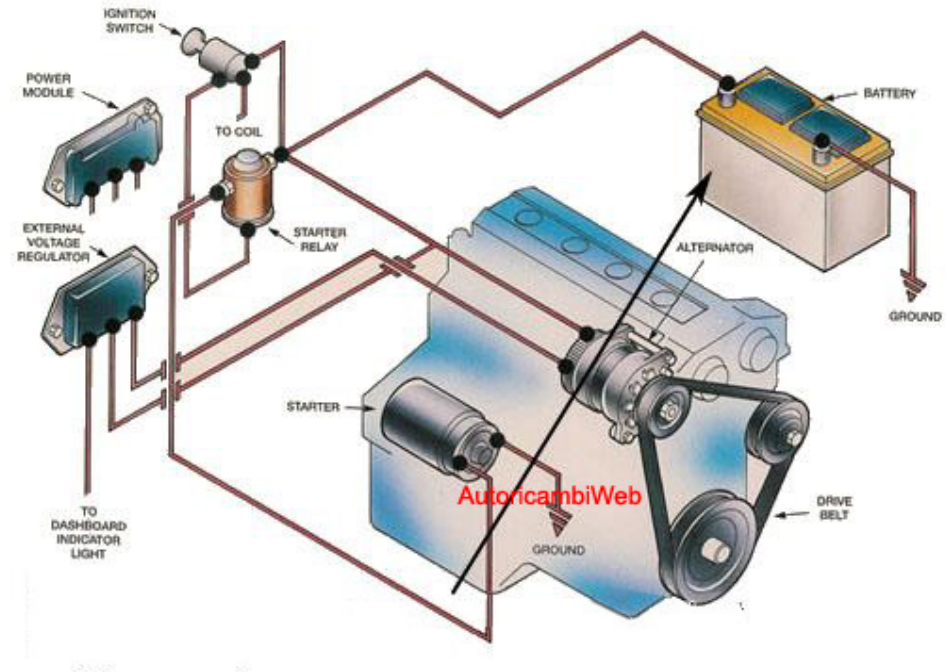
Qualunque tipo di pila dopo un certo intervallo di tempo esaurisce la propria energia chimica e non può più funzionare. Per avere correnti di maggiore durata si utilizzano gli **accumulatori** di carica elettrica (**batterie ricaricabili**). E' una batteria la cui carica può essere completamente ristabilita mediante l'applicazione di un'adeguata energia elettrica.

Le batterie delle automobili sono un esempio di accumulatori elettrici, ossia di batterie ricaricabili.



Come avviene la ricarica di queste batterie?

L'alternatore trasforma parte dell'energia meccanica dell'auto, quando è in movimento, in energia elettrica che viene accumulata nelle batterie.



L'energia immagazzinata nella batteria permette di compiere lavoro azionando il motorino elettrico che mette in moto l'auto o accendendo i fari.

Ogni accumulatore è caratterizzato da una *capacità energetica* espressa in ampere-ora (Ah).

Un accumulatore che ha la capacità di 10 Ah potrà erogare una corrente di 1 A per 10 h, oppure di 5 A per 2 h, ecc.



FISICA

ElettroMagnetismo

LA CORRENTE ELETTRICA
NEI GAS

Autore: prof. *Pappalardo Vincenzo*

docente di **Matematica e Fisica**



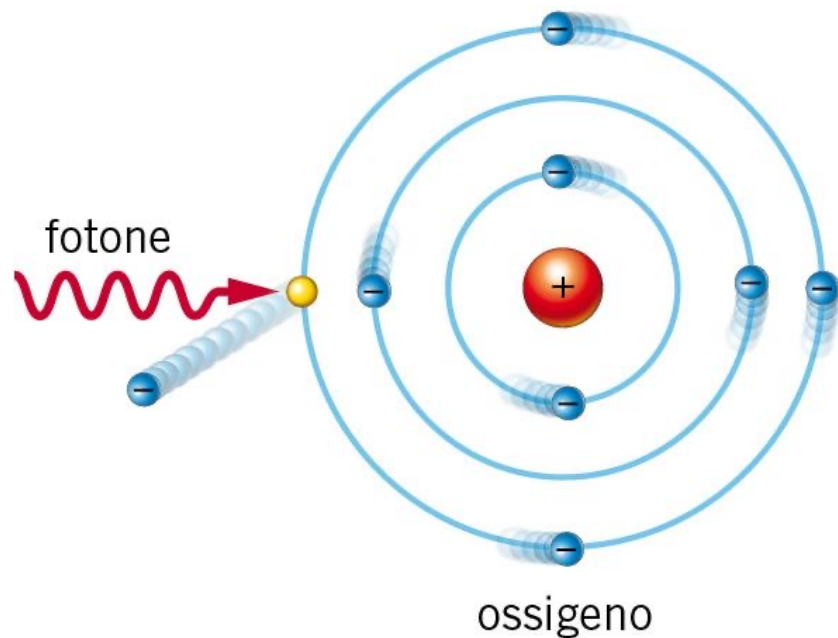
LA CONDUZIONE ELETTRICA NEI GAS

Un gas, in condizioni normali, cioè in assenza di agenti ionizzanti, è costituito da molecole neutre e quindi non può condurre l'elettricità, a differenza di quanto accade in un conduttore metallico e in una soluzione elettrolitica.

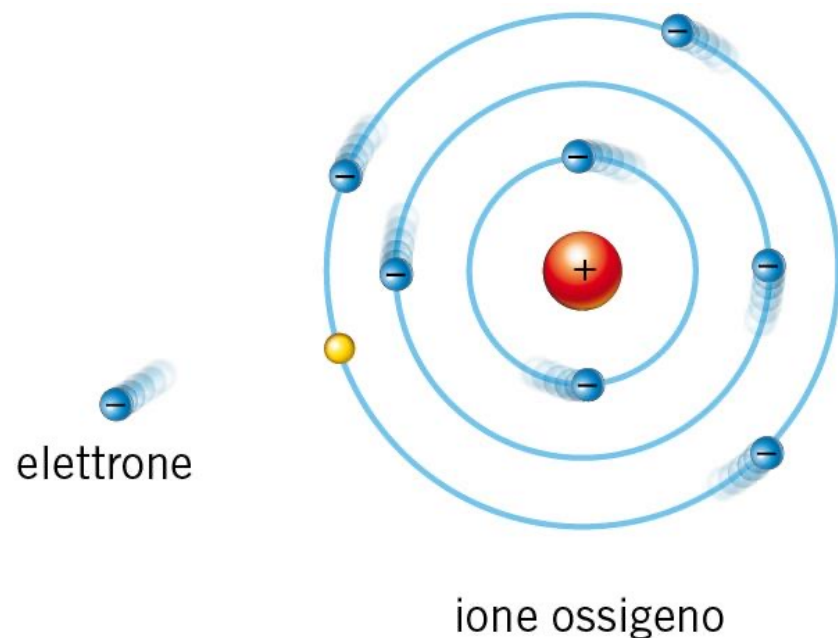
Un gas è un isolante perfetto.

Però, particolari agenti esterni, come particelle cariche veloci e radiazioni elettromagnetiche, investendo le molecole neutre del gas possono ionizzarlo e renderlo conduttore.

Vediamo il meccanismo nei particolari.



Un fotone di luce ultravioletta colpisce un atomo di ossigeno e fornisce a uno degli elettroni più esterni l'energia sufficiente per allontanarsi.

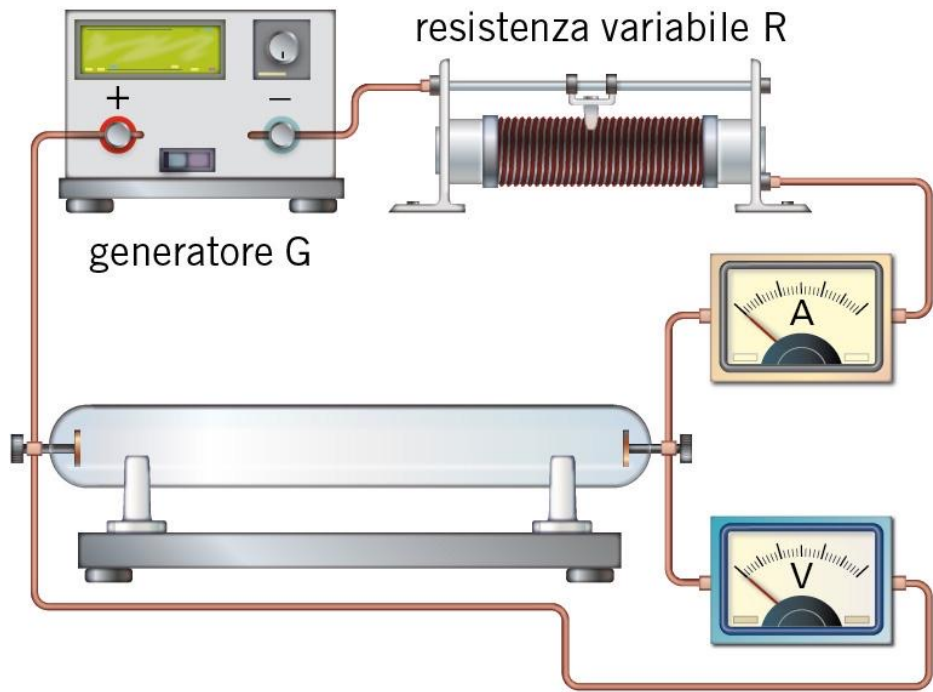


L'atomo diviene così uno ione positivo, perché gli manca un elettrone. Ora, nel gas ci sono una carica negativa (l'elettrone) e una positiva libere di muoversi.

Eventualmente, l'elettrone perso dall'atomo di ossigeno può essere catturato da un'altra molecola presente del gas, che si trasforma in uno ione negativo.

Gli agenti ionizzanti generano nel gas ioni positivi, ioni negativi ed elettroni; queste particelle conducono l'elettricità e rendono il gas conduttore.

Alla ionizzazione del gas contribuiscono anche la radiazione solare e i raggi cosmici (cioè la «pioggia» di particelle subatomiche che investe la Terra, proveniente dagli spazi interstellari).



Per osservare il fenomeno della **scarica elettrica in un gas**, lo si racchiude in un tubo trasparente e inserito in un circuito esterno.

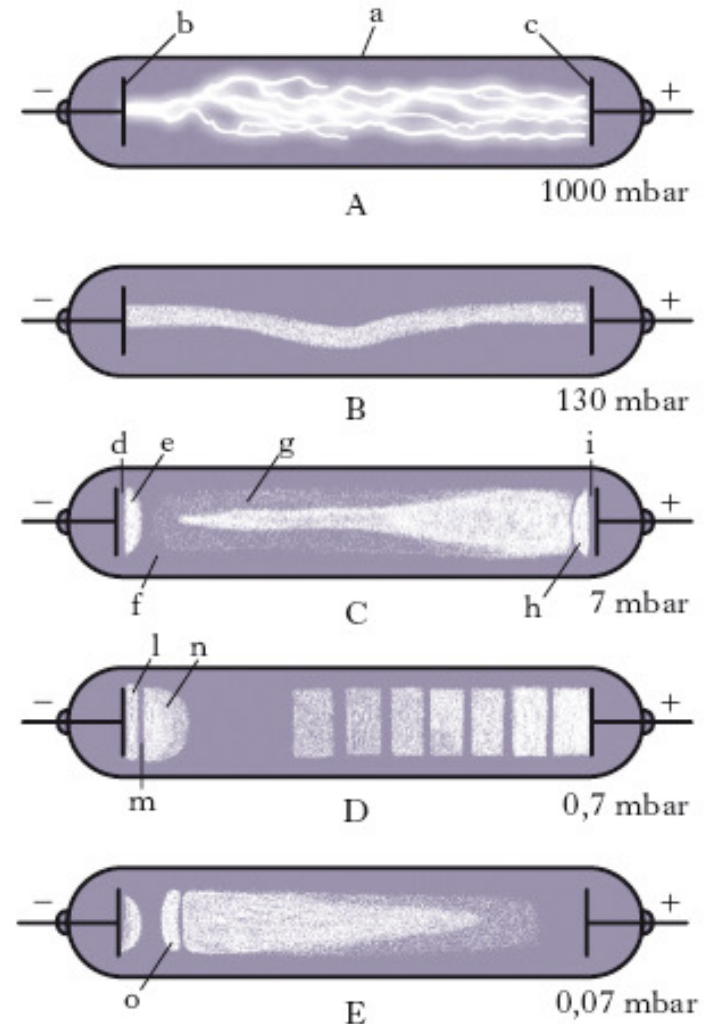
Modificando la resistenza R , si fa variare la corrente che attraversa il gas e la differenza di potenziale applicata agli elettrodi ai quali è fissato il tubo.

A qualsiasi pressione del gas si osserva che l'intensità di corrente non è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale ai capi del tubo.

Ossia:

Per i gas non vale la prima legge di Ohm

Variando la pressione del gas e la differenza di potenziale tra gli elettrodi, la scarica assume aspetti molto diversi.

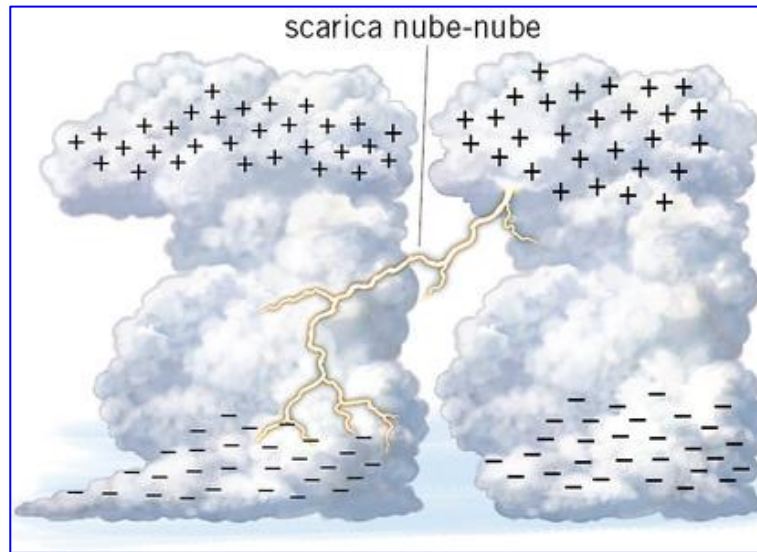
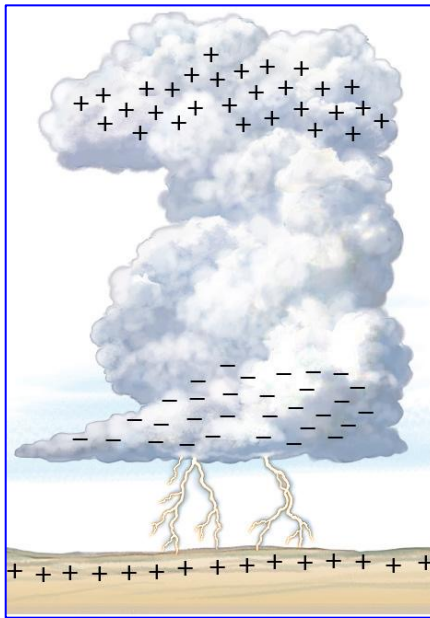


In particolare, a 1000 Pa (circa un centesimo di atmosfera) la scintilla è silenziosa e invade tutto il tubo. Si ha la cosiddetta **scarica a bagliore**, che viene utilizzata per i tubi fluorescenti per l'illuminazione e per le insegne luminose.



I fulmini

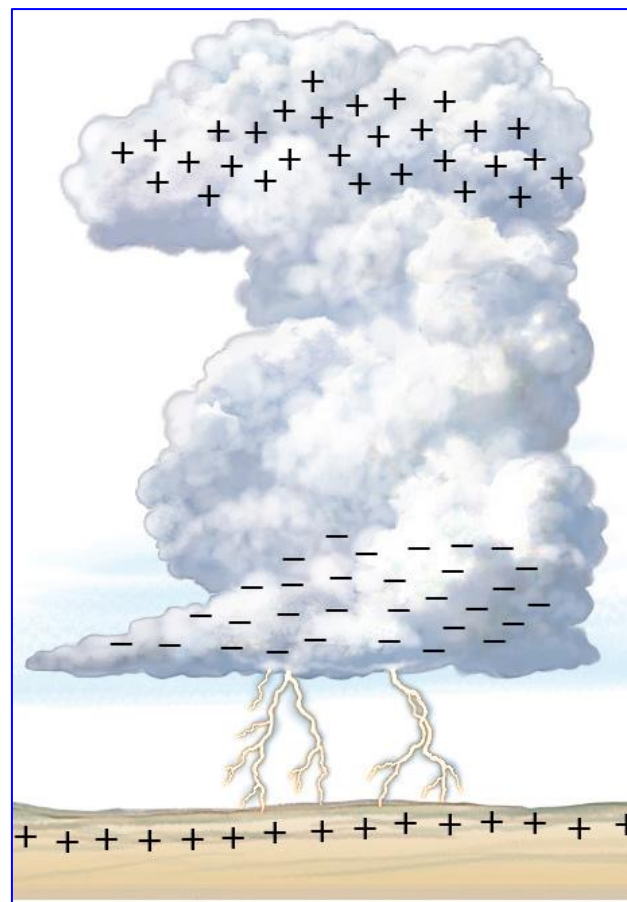
Il fulmine è la manifestazione luminosa di scariche elettriche che attraversano la troposfera (parte bassa dell'atmosfera terrestre), a causa della grande differenza di potenziale fra due corpi. Si possono avere fulmini fra nuvola e terreno, fra nube e nube o fra la parte superiore e quella inferiore di una stessa nube.



SPIEGAZIONE

Durante un temporale, le correnti d'aria all'interno di una nuvola generano urti fra gocce d'acqua, frammenti di grandine e cristalli di ghiaccio.

In questo modo si producono particelle cariche: quelle positive si accumulano nella parte superiore delle nubi e quelle negative nella parte inferiore. Le cariche negative, a loro volta, inducono una carica positiva sulla superficie del terreno sottostante.



Normalmente le cariche restano separate poiché l'aria, in condizioni ordinarie, fa da isolante.

Quando, però, la differenza di potenziale raggiunge valori dell'ordine di 10^8 V, i pochi ioni presenti nell'aria, accelerati dalle elevate forze elettriche, innescano un effetto a valanga producendo la scarica elettrica.

Il bagliore del fulmine è dovuto all'emissione luminosa delle molecole d'aria. Il calore sprigionato dal rapido moto delle cariche riscalda l'aria e ne provoca una improvvisa espansione che produce un'onda sonora (il tuono).



Il fulmine trasporta sulla Terra una carica elettrica di alcuni coulomb in un tempo così breve che la corrispondente intensità di corrente è di alcune decine di migliaia di ampere.

La ramificazione del fulmine è dovuta al fatto che cerca il cammino più facile (minore resistenza) nell'aria, che non è mai elettricamente uniforme.



Le lampade a fluorescenza

Nelle **lampade a incandescenza**, la luce è prodotta per riscaldamento di un filamento di tungsteno in cui circola corrente elettrica, fino a raggiungere temperature di 2500 K. Il filamento si assottiglia per evaporazione durante l'uso e si spezza dopo circa mille ore di funzionamento.



Solo il 5-10% della potenza assorbita produce luce visibile; la maggior parte dell'energia consumata è dispersa sotto forma di calore.

Le **lampade a fluorescenza** fanno parte della famiglia delle lampade a scarica in gas.

Il tubo di vetro, sotto vuoto, è riempito con un gas nobile (argo o neon) e con una piccola quantità di vapori di mercurio.



Ai due estremi del tubo sono posti due elettrodi. Uno strato di polveri bianche fluorescenti (fosforo), è depositato sulle pareti interne del tubo.



Gli elettroni emessi dal catodo sono accelerati dal campo elettrico presente.

Percorrendo il tubo, colpiscono ed eccitano gli atomi di mercurio che, quando ritornano nella loro condizione normale, emettono radiazione ultravioletta.

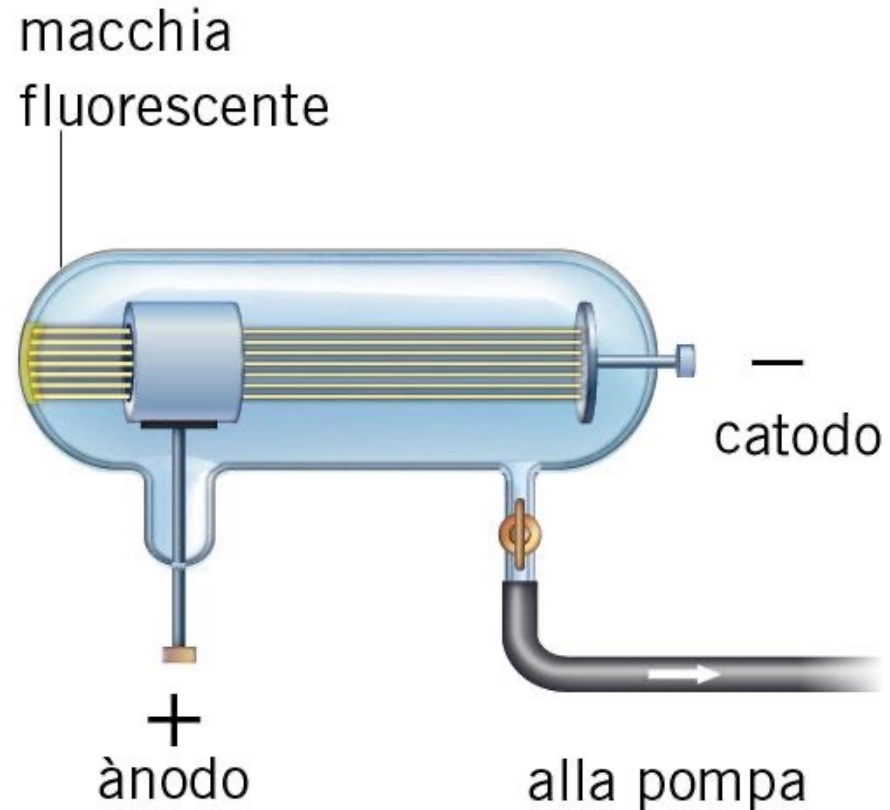
Questa radiazione, per noi invisibile, viene assorbita dallo strato di fosforo che la riemette a una frequenza più bassa, nella parte visibile dello spettro elettromagnetico.

Una lampada fluorescente a basso consumo permette di ridurre di circa il 70% i consumi di energia elettrica rispetto a una lampada a incandescenza con uguale flusso luminoso.

Una lampada a risparmio energetico da 20 W fornisce le stesse prestazioni di una a incandescenza da 100 W. La sua durata è di circa diecimila ore e il costo iniziale più alto è ammortizzato da una maggiore efficienza e durata.

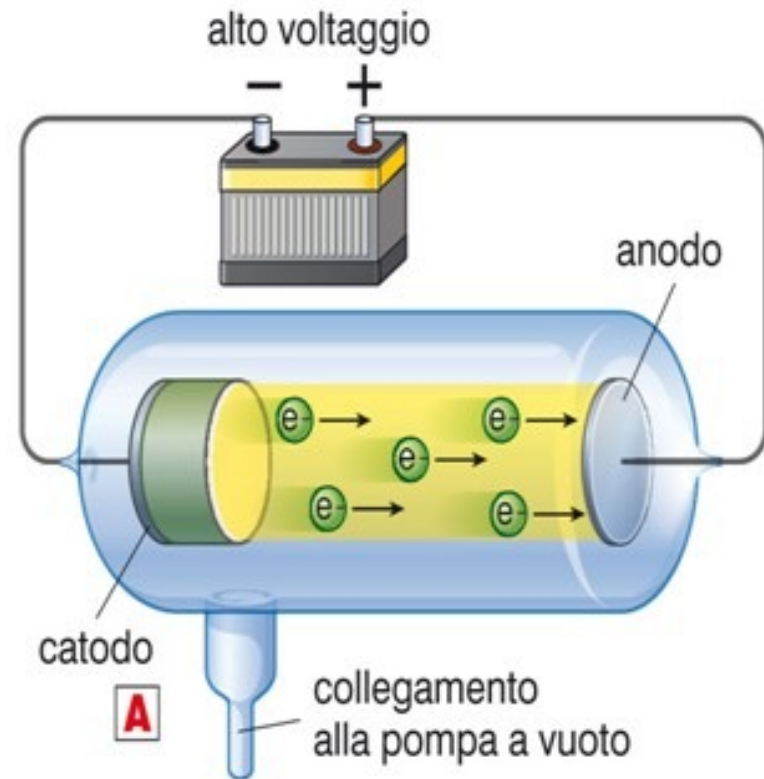
I raggi catodici

Quando nel tubo a scarica la pressione del gas è dell'ordine di 10^{-1} Pa o 10^{-2} Pa, sulla parete di fronte al catodo (elettrodo negativo) compare una piccola macchia fluorescente.



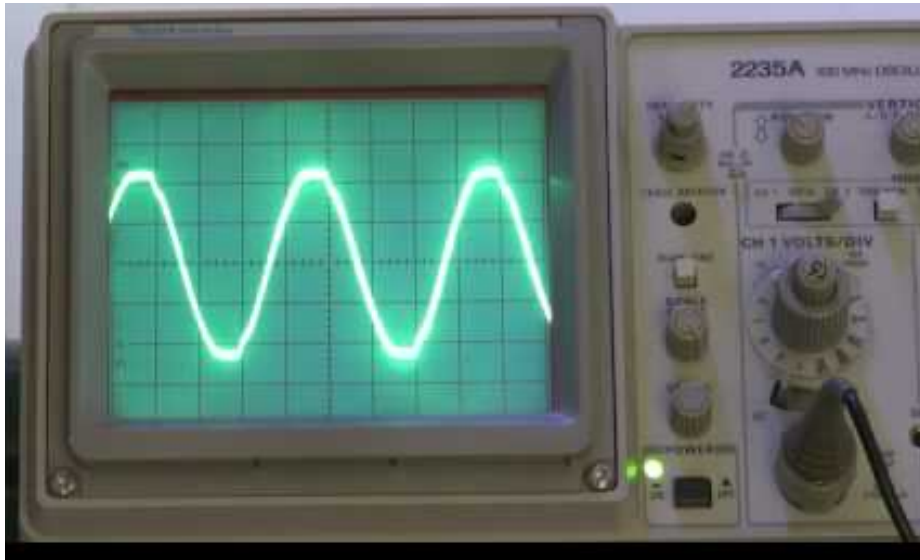
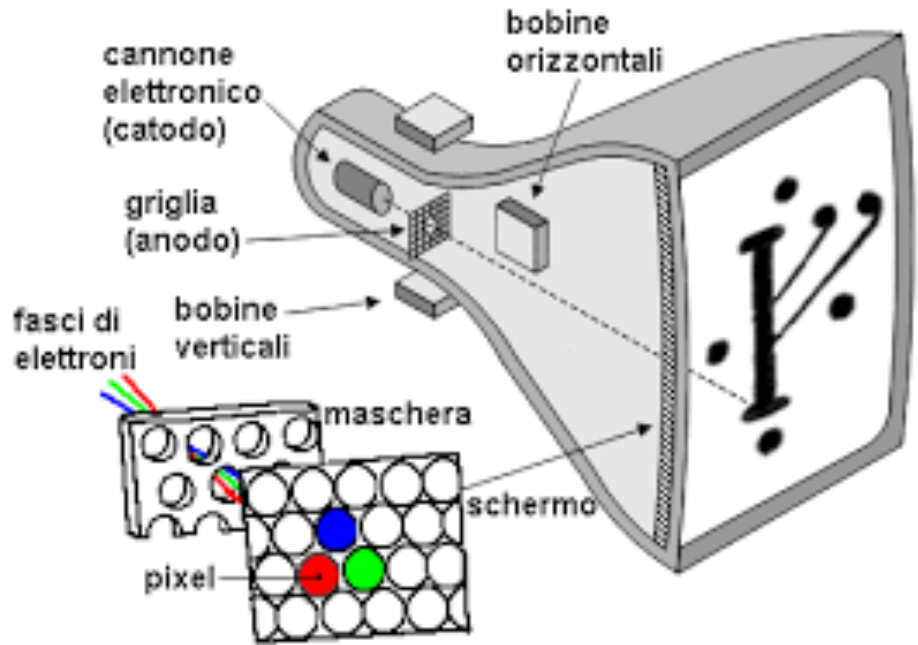
Si osserva che il bagliore scompare quando si fa cessare la scarica. Quindi si deduce che nel tubo sotto tensione si produce un fascio di raggi che, colpendo la parete opposta del tubo, la rendono fluorescente.

Gli ioni positivi presenti nel gas sono accelerati verso il catodo e, quando lo colpiscono, cedono energia che estrae elettroni dal catodo, formando i **raggi catodici**. Gli elettroni emessi sono a loro volta accelerati verso l'anodo, cedendo al vetro la loro energia cinetica, che viene riemessa sotto forma di energia luminosa.



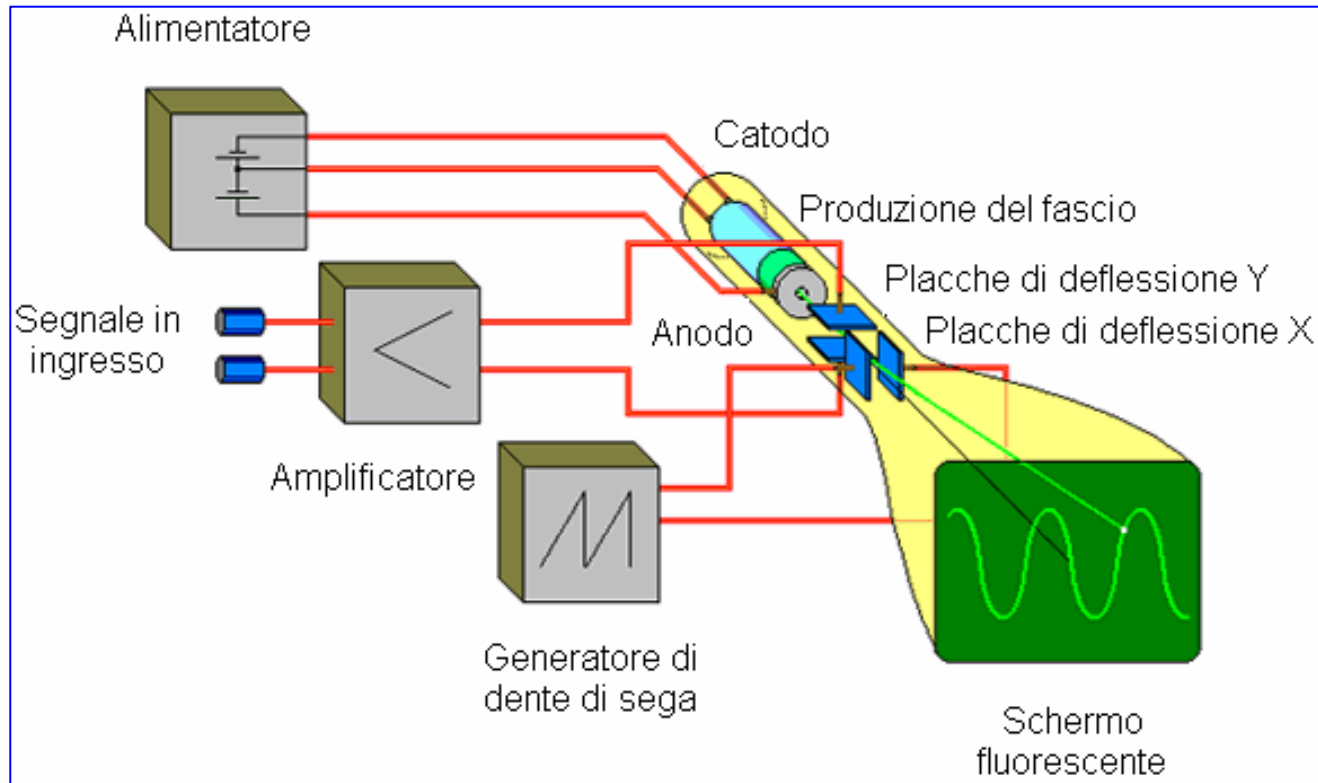
I **raggi catodici** sono costituiti da elettroni emessi dal catodo a causa del bombardamento che esso subisce da parte degli ioni positivi.

I vecchi televisori e schermi per i computer utilizzano un tubo a raggi catodici.



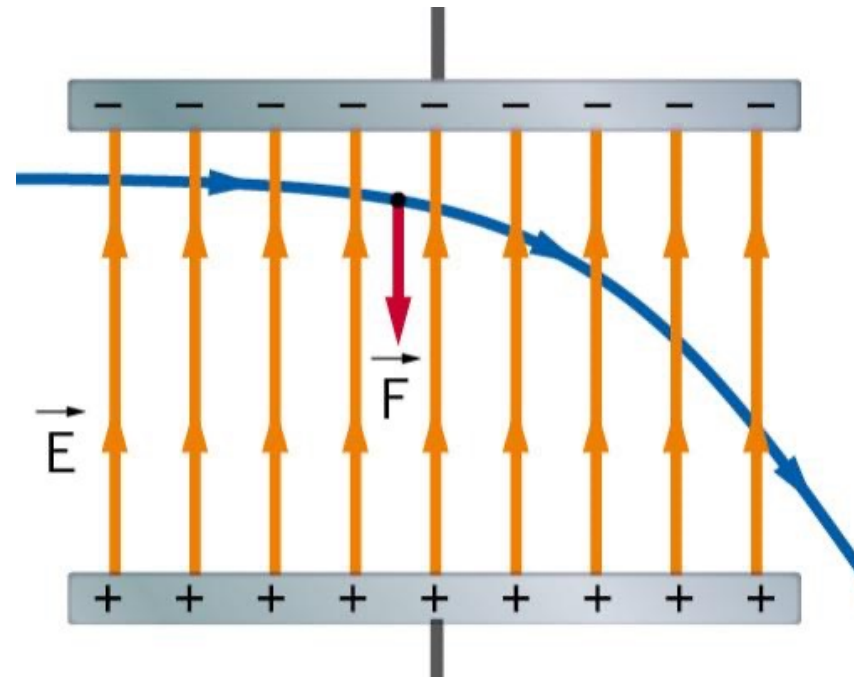
L'oscilloscopio a raggi catodici è uno strumento usato per rappresentare su uno schermo l'andamento di una grandezza fisica in funzione del tempo.

funzionamento



Il fascio catodico passa attraverso due condensatori: le placche di deflessione X spostano il raggio a destra o a sinistra; le placche di deflessione Y spostano il raggio verso l'alto o il basso.

Un elettrone che entra nel condensatore risente di una forza costante e quindi si muove con accelerazione costante. Il moto è simile a quello dei proiettili, ossia è un moto parabolico.



Variando in modo opportuno la ddp ai capi del condensatore, è possibile spostare il puntino luminoso fluorescente in un punto qualunque dello schermo: il moto di tale puntino disegna il grafico della grandezza che si intende studiare.