

STRUTTURA DELLA MATERIA

E' noto da tempo che la materia è costituita da un aggregato di molecole e come queste sono a loro volta costituite da atomi, essendo l'atomo la più piccola particella che entra come parte intera ed indivisibile nella formazione della molecola e quindi della materia. E' stato inoltre dimostrato in modo sicuro ed inequivocabile che ciascun atomo è a sua volta costituito da particelle, anch'esse elementari, dotate di massa e di carica elettrica.

Secondo una schematizzazione molto semplificata, detta di Bohr, risulta che un atomo si può pensare costituito da un nucleo attorno al quale ruotano secondo orbite circolari o ellittiche, delle minuscole particelle chiamate **elettroni**. La fisica atomica ha dimostrato poi che il nucleo è formato da **protoni e neutroni**.

Il protone è una particella dotata di una certa massa (circa $1,66 \times 10^{-24}$ grammi) e di una certa carica elettrica. L'elettrone è una particella dotata di una certa carica elettrica uguale ed opposta a quella del protone e di massa circa 1840 volte più piccola del protone.

Il neutrone, infine, con massa leggermente maggiore al protone è privo di carica elettrica, cioè neutro. Per convenzione si è attribuito il nome di carica elettrica elementare positiva alla carica del protone, e di carica elettrica elementare negativa, di valore uguale ed opposto della precedente, a quella dell'elettrone.

Il nucleo è concentrato in uno spazio che occupa solo una piccola frazione dello spazio totale occupato dall'atomo ; per tale motivo talvolta protoni e neutroni sono indicati col nome di **nucleoni**. I protoni sono in numero uguale agli elettroni che ruotano intorno al nucleo in modo che la carica elettrica totale dell'atomo è complessivamente nulla e l'atomo quindi neutro. I neutroni sono invece in numero diverso dai protoni. Gli elettroni costituiscono intorno al nucleo una specie di nube elettronica, suddivisa in più strati detti anche **mantelli elettronici**. La stabilità dell'elettrone lungo la sua orbita è legata, assicurata dall'esistenza di un equilibrio di 2 forze : da un lato una **forza centrifuga** dovuta al moto di rotazione e dall'altro una **forza centripeta** dovuta all'attrazione fra la sua carica negativa e la carica positiva del nucleo.

Può stupire il fatto che i protoni, che dovrebbero respingersi fra loro, non lo facciano. I fisici moderni attribuiscono la responsabilità di ciò a delle forze di attrazione di natura non ancora precisata che si esercitano all'interno del nucleo.

Ogni atomo viene individuato dal numero di elettroni satelliti, il quale costituisce il **numero atomico**. Vediamo ora perché il rame è un buon conduttore di elettricità. Ogni atomo di rame ha 29 elettroni e precisamente $2+8+18=28$ nei primi tre anelli cioè K, L, M, che sono completi e il 29esimo si colloca sulla prima orbita dell'anello N :

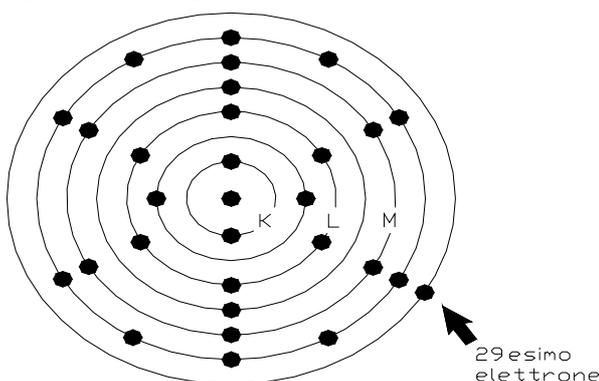
anello K : ha una sola orbita : al massimo 2 elettroni ;

anello L : ha 2 orbite : l'interna con 2 l'altra con 6 ;

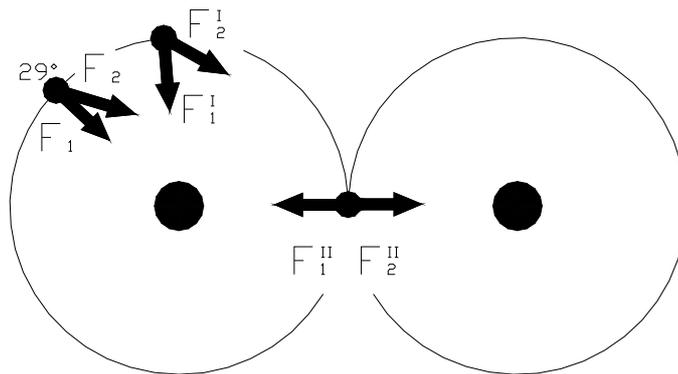
anello M : ha 3 orbite : 2-6-10 ;

anello N : ha 4 orbite : 2-6-10-14 ecc.

Ogni corpo di rame è costituito da tanti atomi di rame gli uni vicini agli altri. Ogni elettrone, nel



nostro caso il 29° , è attratto da due forze : una F_1 di attrazione da parte del proprio nucleo che cerca di tenerlo legato, e una F_2 di attrazione dell'atomo vicino che tende a strapparolo.



E' ovvio che tali forze sono dovute al fatto che nucleo ed elettroni sono di segno opposto. Durante la rotazione ci sarà un certo istante in cui l'elettrone è in posizione equidistante dai nuclei e quindi le due forze hanno risultante nulla e l'elettrone è libero ; grazie all'agitazione termica potrà essere portato più o meno distante dal suo nucleo. E' chiaro quindi che per il rame ci saranno nella sua massa degli elettroni liberi e precisamente uno per ogni atomo.

Viene definito **ione positivo** quell'atomo che ha perso un elettrone satellite più esterno perché meno legato al nucleo. Questa possibilità di perdita è legata alla configurazione propria del cosiddetto edificio atomico di un dato elemento. Inversamente esistono degli elementi i cui edifici atomici sono così configurati da poter acquistare uno o più elettroni e quindi si parlerà di **ione negativo**.

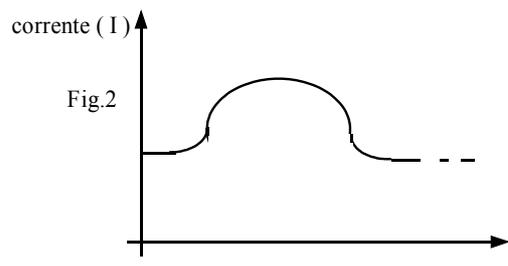
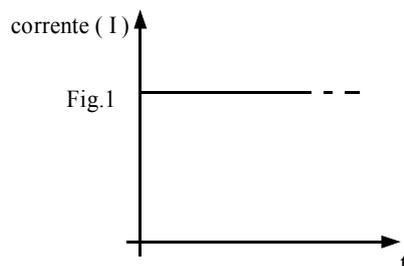
E' chiaro quindi che in tali casi l'atomo non è più neutro, pertanto in tale stato l'atomo rivela una carica elettrica positiva (o negativa) pari a tante cariche elementari quanti sono gli elettroni persi (o acquistati). In ogni caso tale processo, cioè la ionizzazione degli atomi, agisce esclusivamente sugli elettroni satelliti dello strato esterno meno stabile, ma non intacca mai la compagine degli atomi esterni. E' importante ricordare poi che la materia è elettricamente neutra e quindi se in un certo istante un corpo presenta una carica ad esempio positiva, sicuramente esisterà un'altra parte dello spazio in cui si trova la carica negativa del corpo perso.

Ricordiamo, infine, che la carica negativa di un elettrone vale : $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$ coulomb.

LA CORRENTE ELETTRICA

Definiamo la corrente elettrica come un **movimento di cariche elettriche**. Dal tipo di movimento delle cariche elettriche dipenderanno le caratteristiche della stessa corrente elettrica e quindi le sue manifestazioni esterne. Infatti se le cariche elettriche fluiscono con moto uniforme, cioè con velocità costante si avrà la cosiddetta corrente continua, cioè una corrente di valore costante nel tempo. (Fig.1)

Se invece le cariche si muoveranno con velocità non costante la corrente cui esse daranno luogo non sarà costante, quindi in questo caso si avrà una corrente variabile nel tempo. (Fig.2)



QUANTITÀ DI ELETTRICITÀ

Si definisce quantità di elettricità la somma delle cariche elettriche in gioco. Tale somma è intesa in senso algebrico poiché esistono sia cariche positive che negative. In sostanza per un corpo carico la quantità di elettricità da esso posseduta è rappresentata appunto dalla carica che esso manifesta. Questa quantità di elettricità costituisce una grandezza fisica e quindi sarà misurabile e avrà un'unità di misura. Tale unità di misura è il coulomb e si indica con C. Per precisione il valore di un coulomb corrisponde a $6,25 \times 10^{18}$ elettroni.

INTENSITÀ DI CORRENTE

Si definisce “ **intensità di corrente** “ la quantità di elettricità che passa attraverso la sezione S nell'unità di tempo (1 secondo).

Se le cariche fluiscono con moto uniforme, cioè velocità costante, l'intensità di corrente può essere calcolata anche come rapporto fra la quantità di elettricità Q che fluisce attraverso la sezione S in un certo tempo t , con t di valore qualsiasi.

$$I = \frac{\text{Quantità di elettricità } Q}{\text{tempo}} = \frac{Q}{t}$$

Se il flusso di cariche non è uniforme, vale sempre la stessa definizione ma evidentemente devo considerare un tempo talmente piccolo da poter considerare che in tale intervallo di tempo le cariche attraversino la sezione praticamente con la stessa velocità; in tal caso :

$$i = \frac{dq}{dt}$$

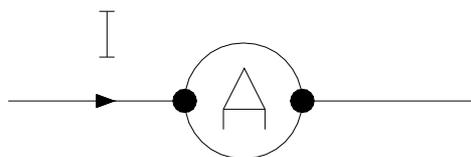
Poiché tale intervallo è piccolissimo (infinitesimo) altrettanto piccolissima (infinitesima) sarà la quantità di elettricità che passerà attraverso S.

L'intensità di corrente è una grandezza fisica per cui avrà un'unità di misura e cioè l'**ampere** (A) che lo si definisce come la corrente dovuta al movimento uniforme di cariche corrispondenti ad una quantità di elettricità pari ad un coulomb le quali attraversano la sezione considerata in un intervallo di tempo di un secondo (s).

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ secondo}}$$

Per la misura dell'unità di corrente si usano degli strumenti chiamati **amperometri** e che vengono

inseriti nel conduttore in modo da essere attraversati essi stessi, come il conduttore, da tutte le cariche in movimento.



DENSITÀ DI CORRENTE

Si definisce *densità di corrente*, e la si indica con la lettera **sigma** σ , il rapporto fra l'intensità di corrente **I** e la sezione **S** del conduttore in cui circola la corrente. Ovviamente la sezione di cui si parla deve essere un'area **normale** (perpendicolare) alla direzione del moto delle cariche elettriche.

La densità di corrente si misura in A/mm².

$$\sigma = \frac{I}{S} \quad (\text{A/mm}^2)$$

ESERCIZI:

1) Su una superficie conduttrice cadono e vengono portati via ogni secondo 10^{12} elettroni e ogni 10 secondi 10^{12} ioni positivi tetravalenti. Trovare il valore in microAmpere (μA) della corrente a cui queste cariche danno luogo.

2) Si trovi il valore in A della corrente a cui dà luogo un elettrone che ruota in uno spazio vuoto con velocità costante di 200.000 km/s descrivendo un'orbita circolare avente un raggio di 10 metri.

3) Un tubo è costituito da tre tubicini tra loro isolati. In ciascun tubicino fluisce una corrente elettrica il cui verso e i valori sono quelli della tabella. Determinare il valore in A ed il verso della corrente totale che confluisce all'interno del tubo. La corrente nel primo tubicino è di ioni negativi monovalenti mentre nel secondo e terzo da ioni positivi bivalenti.

1	→	1A
2	++ →	2A
3	← ++	5A

Soluzione esercizio Nr.1 :

La quantità di elettricità corrispondente a 10^{12} elettroni ammonta a :

$$Q_{el} = 1,60 \times 10^{-19} \times 10^{12} = 1,60 \times 10^{-7} \text{ C .}$$

Considerando i soli elettroni, la corrente vale :

$$I_{el} = Q_{el} / t = 1,60 \times 10^{-7} = 0,16 \mu\text{A}.$$

La quantità di elettricità corrispondente a 10^{12} ioni positivi tetravalenti vale:

$$Q_{ioni} = 4 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 10^{12} = 6,40 \times 10^{-7} \text{ C e la relativa corrente } I_{ioni} = Q_{ioni} / t = 0,064 \mu\text{A}.$$

In definitiva la corrente totale risulta :

$$I = I_{\text{ioni}} - I_{\text{el}} = 0,064 - 0,16 = - 0,096 \mu\text{A}$$

Il segno meno sta ad indicare che il verso della corrente risultante è fisicamente quello delle cariche negative, cioè contrario a quello convenzionale.

Soluzione esercizio Nr.2 :

Il valore della corrente da trovare è dato dalla quantità di elettricità che passa attraverso una sezione S generica, posta sulla traiettoria, nell'intervallo di tempo corrispondente ad un secondo.

D'altra parte in un secondo l'elettrone, poichè in questo tempo esso percorre $d = 200 \times 10^6$ m, attraverserà la sezione S un numero di volte $n = d / 2\pi r = 200 \times 10^6 / 62,8 = 3,183 \times 10^6$; questo perchè $n = \omega / 2 \pi$ ma

$$\omega = \text{velocità} / \text{raggio per cui } n = \text{Velocità} / 2 \pi r.$$

Tale numero rappresenta anche il numero di giri compiuti dall'elettrone in un secondo. Pertanto in un secondo la Q che fluisce attraverso S vale :

$$Q = n \times q_e = 3,183 \times 10^6 \times 1,60 \times 10^{-19} = 5,1 \times 10^{-13} \text{ C dando luogo ad una corrente del valore di}$$

$$0,51 \times 10^{-12} \text{ A cioè } 0,51 \mu\text{A} \times 10^{-6}.$$

Soluzione esercizio Nr.3 :

La corrente nel primo tubicino si somma con quella del terzo, poichè una corrente di cariche negative che procedono in un verso (da A a B) equivale ad una corrente dello stesso valore costituita da cariche positive che procedono in verso contrario (da B ad A).

$$I = I_1 + I_3 - I_2 = 1 + 5 - 2 = 4 \text{ A}$$

Il verso risultante è quello corrispondente a cariche positive che si muovono da B verso A.

GENERATORI ELETTRICI

La corrente elettrica è costituita da un insieme di cariche in movimento. Queste cariche non potranno essere in movimento ordinato lungo un certo percorso, per esempio lungo un filo conduttore, se non si provvede ad agire su di esse con un mezzo adeguato dall'esterno.

Tali dispositivi che costringono le cariche a muoversi e a costituire un flusso ordinato sono i **generatori elettrici**. Senza di essi non è possibile avere corrente elettrica nei conduttori perchè gli elettroni di conduzione risultano continuamente ostacolati nel loro movimento (come vedremo).

Il generatore elettrico quindi deve fornire alle cariche elettriche l'energia in quantità sufficiente perchè essi si possano mantenere in movimento. Il generatore possiede due estremi liberi detti " **morsetti** " o " **poli** " del generatore. Ad opera di certe forze che nascono internamente al generatore le cariche elettriche che esso possiede allo stato libero vengono sollecitate a muoversi per cui quelle di un certo segno si troveranno ad un estremo e quelle di segno opposto all'altro estremo.

Un polo risulterà carico positivamente e l'altro negativamente.

Si può subito comprendere allora cosa succede nel caso in cui il generatore sia costituito da un corpo conduttore di rame. In un polo del generatore vi sarà abbondanza di elettroni di conduzione, mentre nell'altro vi sarà deficienza di elettroni di conduzione.

Pertanto un polo si mostrerà carico negativamente per l'apporto più o meno cospicuo di elettroni, mentre l'altro sarà carico positivamente, poichè ad esso sono stati sottratti appunto quegli elettroni che ora si trovano in eccesso al polo negativo.

Naturalmente la sottrazione di elettroni al polo che così diventa sempre più positivo non potrà continuare all'infinito.

Infatti si arriverà ad un certo istante in cui le forze interne non riusciranno più a portare gli elettroni dal polo positivo a quello negativo.

Per spiegare come avviene questo equilibrio parliamo dei fenomeni di attrazione e repulsione delle cariche elettriche e cioè parliamo di reazioni interne.

REAZIONI INTERNE

L'elettrostatica ci insegna che due cariche elettriche di quantità di elettricità Q_1 e Q_2 si respingono se sono dello stesso segno e si attraggono se sono di segno contrario con una forza **F** che vale

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

dove **d** è la distanza fra le cariche. A tal punto si pensi a cosa succede all'interno del generatore quando un elettrone di conduzione viene portato dalle forze interne verso il polo negativo: tale elettrone tenderà ad essere respinto dall'insieme costituito dagli altri elettroni portati in precedenza con una forza tanto maggiore quanto più grande è il numero di elettroni già presenti nel polo. Se la forza interna del generatore che agisce sull'elettrone è superiore a tale forza repulsiva, l'elettrone si aggiunge agli altri aumentando la quantità di elettricità presente sul polo negativo e aumentando quindi la forza di repulsione che verrà ad agire sul prossimo elettrone in arrivo.

Il processo di movimento di elettroni internamente al generatore si arresterà quando la forza interna, alla cui azione si deve il movimento degli elettroni dal polo positivo a quello negativo, risulterà uguale alla forza di repulsione dovuta all'insieme degli elettroni che costituiscono la carica del polo negativo.

Naturalmente questo equilibrio avviene proprio perchè la forza interna ha un ben definito valore, valore che sarà in relazione con le caratteristiche del generatore stesso.

DIFFERENZA DI POTENZIALE

La differenza di potenziale che si manifesta ai morsetti di un generatore costituisce la manifestazione concreta e tangibile di quelle forze interne che agiscono sullo spostamento delle cariche elettriche.

Se si collegano i due morsetti mediante un buon conduttore le cariche negative tornano al polo dal quale erano state sottratte. In tale passaggio di cariche si deve vedere un fatto importante e cioè la restituzione di quell'energia che il generatore aveva fornito a quelle stesse cariche per farle passare internamente a sé.

Il generatore, infatti, per portare le cariche negative al polo negativo deve vincere le forze di repulsione di natura elettrostatica e per vincere queste forze si dovrà compiere un lavoro, cioè impiegare una certa quantità di energia (per esempio chimica nelle pile).

Un generatore elettrico in funzione potrà dunque essere caratterizzato dal valore di questa energia che ciascuna carica elementare ha ricevuto nel passaggio interno al generatore, energia che essa possiede ora sotto forma potenziale rispetto all'altro polo.

Precisamente il valore dell'energia potenziale posseduta da una carica qualsiasi in un polo rispetto all'altro polo, risulta proporzionale alla differenza di potenziale esistente fra i due poli.

Questa energia potenziale potrà essere trasformata in altra energia (calore, lavoro etc.) non appena le cariche si potranno muovere in un circuito esterno al generatore. Indicata con V la differenza di potenziale (d.d.p.) esistente fra due poli, l'energia potenziale W posseduta rispetto all'altro polo da una carica qualsiasi Q posta su di un polo sarà uguale al prodotto della quantità di elettricità posseduta dalla carica per la d.d.p. in gioco cioè :

$$W = Q V$$

e quindi per definizione la *d.d.p.* è il rapporto fra il valore dell'energia potenziale posseduta da una carica e il valore della quantità di elettricità della carica stessa.

Si ricordi che spesso la d.d.p. viene anche indicata con il nome di **tensione**.

Anche la d.d.p. rappresenta una grandezza fisica ben definita e la sua unità di misura è il **volt** cioè

$$1 \text{ volt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}}$$

Un generatore elettrico è, dunque, un dispositivo che, sfruttando particolari fenomeni fisici, riesce a spostare, secondo una data direzione, gli elettroni liberi (quelli di valenza) presenti nel generatore stesso.

Paragone meccanico :

una situazione analoga a quella vista nel caso di un generatore la incontriamo nel sollevamento di un corpo. Per alzarlo ad una data altezza occorre vincere, tramite una forza esterna, la forza di gravità. Bisogna cioè fornire un lavoro esterno all'oggetto. Questo lavoro viene acquisito dal corpo sotto forma di aumento di energia potenziale. La stessa cosa accade agli elettroni nel generatore: spostati verso il morsetto negativo aumentano la loro energia potenziale determinando così l'instaurarsi di una tensione fra i due morsetti.

A proposito :

il termine generatore utilizzato finora è improprio. Un generatore elettrico, infatti, non genera elettricità, cosa peraltro impossibile, ma si limita a spostare elettroni situati al suo interno, spingendoli verso il polo negativo.

Esercizio

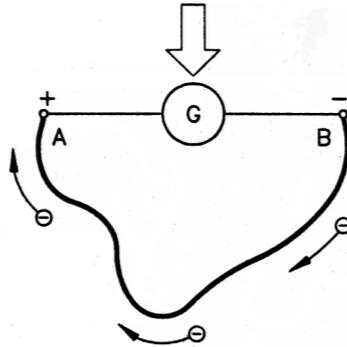
Si trovi il valore della d.d.p. ai morsetti aperti di un generatore elettrico sapendo che l'energia posseduta da ciascun elettrone libero presente sul polo negativo ammonta a 0,0002 pJ.

Soluzione

La d.d.p. ai morsetti di un generatore è esprimibile con la formula $V = W / Q$, dove W rappresenta l'energia potenziale posseduta da una carica qualsiasi posta su di un polo rispetto all'altro polo e Q la sua quantità di elettricità.

Nel nostro caso la carica è rappresentata dall'elettrone, per cui $Q = q_e = 1,60 \times 10^{-19}$ Coulomb mentre $W = 2 \times 10^{-16}$ Joule; pertanto : $V = W / Q = 1.250$ V.

Collegiamo ora un corpo conduttore, (ad esempio un filo metallico), ai due poli del generatore. L'energia potenziale disponibile ai suoi morsetti è in grado di far muovere gli elettroni entro il conduttore. Si realizzerà dunque un flusso di elettroni che, attraverso il filo raggiungerà il polo positivo.



Nella struttura "generatore-filo conduttore" nasce quindi uno scorrimento di elettroni, che sarà spontaneo nel filo, forzato nel generatore. A questo flusso di cariche viene dato il nome di **corrente elettrica**.

L'insieme "generatore- filo" viene detto **circuito elettrico**.

Nel circuito elettrico considerato, se non esistessero delle azioni tali da rallentare il flusso di cariche, si instaurerebbe una corrente di valore grandissimo. In realtà, il movimento degli elettroni nel circuito chiuso viene ostacolato da forze dovute alla struttura stessa del conduttore. Nello spostamento entro il filo gli elettroni incontrano atomi del materiale conduttore e interagiscono con questi, subendo forze attrattive dai singoli nuclei e forze repulsive dagli altri elettroni. Per effetto di queste interazioni il loro spostamento non è lineare ma procede a zig zag. Le forze appena analizzate ostacolando il moto di cariche producono un conseguente consumo di energia che si trasforma, in energia termica dovuta a questi " attriti esterni ". Il conduttore percorso da corrente si riscalda e quindi cede energia termica all'ambiente circostante.

Il generatore, inserito nel circuito, trasferisce agli elettroni in movimento una quantità di energia pari a quella da questi ceduta, sotto forma di calore, all'ambiente. In questo modo, si realizza un bilancio energetico in pareggio, nel rispetto del più generale **principio di conservazione dell'energia**. Nulla si crea e nulla si distrugge, tutto si trasforma: il generatore trasforma una energia esterna in d.d.p. (ad esempio la pila trasforma energia chimica in tensione).

Il circuito esterno trasforma, successivamente, questa energia in energia termica, per effetto dell'attrito interno. Il generatore rifonda, assorbendola dall'esterno, l'energia termica spesa ed il processo continua fin tanto che esiste un' energia assorbita dal generatore.

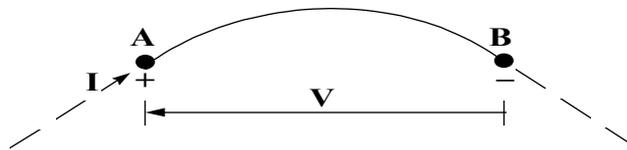
Il fatto che il conduttore usi l'energia elettrica del generatore, trasformandola in energia termica, fornisce lo spunto per dare un nome a questa parte del circuito. Il filo conduttore che utilizza, o meglio, trasforma l'energia elettrica in termica, prende il nome di **utilizzatore**. Non necessariamente tutti gli utilizzatori trasformano energia elettrica in termica; alcuni trasformano energia elettrica in meccanica ed altro ancora.

Quello che preme comunque in questo momento è porre in rilievo che gli elettroni, percorrendo l' utilizzatore, restituiscono sotto forma di calore o di lavoro, una quantità di energia elettrica che equivale (trascurando le dissipazioni interne al generatore!!!) al lavoro che il generatore deve compiere, utilizzando una fonte energetica esterna, per riportare gli stessi elettroni dal polo positivo a quello negativo.

Come già detto in precedenza, la grandezza, collegata alla capacità di un generatore elettrico di fornire energia alle cariche, viene indicata con il termine **d.d.p.** o più correttamente *forza elettromotrice (f.e.m.)*. Questa grandezza indica, infatti, la quantità di energia che il generatore è in grado di fornire alla carica di valore unitario per spostarla dal morsetto positivo al morsetto negativo. Essa indica il numero di Joule che il generatore fornisce, ad ogni Coulomb di carica, quando la sposta da un morsetto all'altro ($W = Q V$). La f.e.m. di un generatore è quindi pari al lavoro che deve fare sull'unità di carica per spostarla, attraverso il suo circuito interno, da un polo all'altro.

CADUTA DI TENSIONE ELETTRICA

Ora il concetto di d.d.p. visto per il generatore è estendibile ad un qualsiasi dispositivo con 2 morsetti: ad esempio un conduttore percorso da corrente o una sua parte compresa fra due punti: in tal caso la *d.d.p.* viene denominata *caduta di tensione*.



Precisamente fra due punti qualsiasi di un corpo (A e B) esisterà una d.d.p. o anche si manifesterà una caduta di tensione, se, posta in uno dei 2 punti una carica elettrica di segno opportuno, questa verrà a possedere della energia potenziale rispetto all' altro punto.

INTRODUZIONE ALLA LEGGE DI OHM

Prendiamo un conduttore percorso da corrente. Esiste ai suoi capi una d.d.p. Se variamo tale d.d.p. varia anche l'intensità di corrente attraverso il conduttore. Con che modalità varia ?

A tale domanda risponde la **Legge di Ohm** : essa assicura, entro certi limiti (temp.cost.etc.), che esiste proporzionalità diretta fra il valore della tensione applicata e quello dell'intensità di corrente che scorre nel conduttore. Precisamente:

$$V = R I$$

dove **R** mi rappresenta il coefficiente di proporzionalità. Il valore del coefficiente di proporzionalità dipenderà a sua volta dalle caratteristiche del conduttore percorso dalla corrente.

Pertanto, a parità di d.d.p. V applicata, la sostituzione di un conduttore con un'altro di caratteristiche differenti, porterà a modificare ovviamente il valore dell'intensità di corrente **I**.

RESISTENZA E CONDUTTANZA

R prende il nome di **resistenza elettrica** e rappresenta quel parametro che sta ad indicare, con il suo valore, il grado di difficoltà che gli elettroni di conduzione trovano nel muoversi entro la materia.

La resistenza è una grandezza fisica e ha quindi una sua unità di misura.

Un conduttore presenterà resistenza unitaria quando, avendo ai suoi capi una c.d.t. di 1 volt, verrà percorso da una corrente con intensità di 1 ampere. Tale unità di misura prende il nome di **OHM** (Ω):

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}}$$

Di tale unità di misura esiste nei laboratori il relativo campione.

Spesso nelle applicazioni pratiche è più comodo considerare la grandezza inversa della resistenza, denominata **conduttanza G** per cui

$$G = \frac{1}{R}$$

Anche la conduttanza è una grandezza fisica e la sua unità di misura è il **Siemens** (S).

La legge di Ohm, in tal caso sarà espressa da:

$$I = G V$$

RESISTIVITA' E CONDUTTIVITA'

Si definisce **resistività ρ** (rho) di un materiale la resistenza offerta dall'unità di volume, cioè la resistività mi rappresenta la resistenza specifica del materiale. L'importanza della resistività sta nel fatto che con essa posso calcolare la resistenza di un corpo, note le sue dimensioni geometriche e noto ovviamente anche il valore della sua resistività. Infatti, la resistenza **R** offerta da un corpo rettilineo di sezione costante **S** e di lunghezza **l** può essere calcolata con la seguente relazione:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Cerchiamo di giustificare tale relazione:

presa la $I = V/R$ sostituiamo a R il valore appena visto; pertanto

$$I = \frac{S}{\rho l} V$$

Ora, si comprenderà come, a parità di tensione applicata al conduttore di resistività ρ , un aumento della sua sezione **S**, fermo restando la **l**, porterà ad aumentare proporzionalmente il numero degli elettroni di

conduzione che per unità di tempo attraverseranno la stessa sezione: ciò significa che si avrà aumento proporzionale di corrente, dimostrando così che la resistenza è diminuita pure proporzionalmente.

Sezione S e resistenza R risultano dunque inversamente proporzionali fra loro.

Se invece aumento la lunghezza l , fermo restando S ,avrò un aumento del percorso che gli elettroni di conduzione devono compiere.Poichè l'energia messa a loro disposizione è sempre la stessa ($V = \text{cost.}$), proporzionalmente più lento risulterà il loro movimento entro il conduttore. E' chiaro dunque che in tal modo la I diminuirà proporzionalmente e cioè la resistenza è aumentata proporzionalmente. Lunghezza l e resistenza R sono quindi direttamente proporzionali.

L'unità di misura della resistività ρ sarà :

$$\rho = R \frac{S}{l} = \text{Ohm} \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = \text{Ohm} \times \text{m}$$

Altro parametro importante in elettrotecnica è la **conduttività** γ (gamma) definita come l'inverso della resistività:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

La sua unità di misura sarà S/m.

Dal valore di ρ e di γ si può desumere in pratica se un certo materiale è o non è un buon conduttore di elettricità.

Nelle tabelle che danno la resistività dei vari materiali si nota un particolare interessante e cioè che le varie resistività sono tutte date ad uno stesso valore di temperatura.

Ciò è dovuto al fatto che la resistività dei vari materiali è funzione della temperatura da essi posseduta; precisamente, indicando con ρ_θ la resistività alla temperatura θ e con ρ_0 la resistività a 0°C si ha:

$$\rho_\theta = \rho_0 (1 + \alpha_0 \theta)$$

essendo α il coefficiente di temperatura della resistività riferito alla temperatura di 0°C e θ la temperatura in gradi centigradi assunta dal materiale.

Dalle relazioni viste ($R = \rho l/S$ e $\rho_\theta = \dots$) si deduce che, nota la resistenza R_1 di un corpo alla temperatura θ_1 , la resistenza R_2 dello stesso corpo alla temperatura θ_2 varrà :

$$R_2 = \frac{1 + \alpha_0 \theta_2}{1 + \alpha_0 \theta_1} R_1$$

Esercizio:

Si calcoli il diametro in mm e la lunghezza in m di un conduttore di rame($\rho=1,75 \mu\Omega \text{ cm}; \sigma =5A/\text{mm}^2$)per il quale la c.d.t.deve essere di 0,5 V quando è percorso da una corrente continua di 10A.

Svolgimento:

Il conduttore deve avere una resistenza $R = V/I = 0,5/10 = 0,05 \Omega$.

D'altra parte il valore della sezione deve essere tale da dar luogo, con corrente di 10 A ad una densità di corrente di 5 A/mm^2 . La sezione vale perciò 2 mm^2 da cui il diametro di 1,6 mm.

La lunghezza sarà: $(2 \text{ mm}^2 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad \rho = 1,75 \times 10^{-8} \Omega \text{ m})$

$$l = \frac{R S}{\rho} = \frac{0,05 \times 2 \times 10^{-6}}{1,75 \times 10^{-8}} = 5,72 \text{ metri.}$$

oppure posso trasformare ρ da $\mu \Omega \text{ cm}$ in $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ ed in tal caso $\rho = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ per cui $0,05 \times 2 / 0,0175 = 5,72 \text{ metri}$.

Esercizio :

Si vuole sostituire un conduttore di rame ($\rho_{\text{Cu}} = 1,75 \mu \Omega \text{ cm}$) lungo 100 m e del diametro di 5 mm, nel quale deve fluire una corrente di 20 A, con un conduttore di alluminio ($\rho_{\text{Al}} = 2,90 \mu \Omega \text{ cm}$) avente la stessa lunghezza e che dia la stessa caduta di tensione. Si trovi il diametro del nuovo conduttore.

Svolgimento :

I due conduttori devono avere la stessa R perchè quando sono percorsi dalla stessa corrente devono dare la stessa c.d.t. pertanto :

$$R_{\text{Cu}} = \rho_{\text{Cu}} \frac{l}{S_{\text{Cu}}} = R_{\text{Al}} = \rho_{\text{Al}} \frac{l}{S_{\text{Al}}} \text{ da cui ricavo } S_{\text{Al}} = \frac{\rho_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Cu}}} S_{\text{Cu}} \text{ e quindi, poichè } S_{\text{Al}} = \frac{\pi d_{\text{Al}}^2}{4} \text{ (idem per } S_{\text{Cu}})$$
$$d_{\text{Al}} = d_{\text{Cu}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Cu}}}} = 5 \sqrt{2,90/1,75} = 6,4 \text{ mm.}$$

Esercizio :

Si trovi il valore da assegnare al diametro di un filo di tungsteno ($\rho_o = 5,05 \mu \Omega \text{ cm} - \alpha_o = 4,2 \times 10^{-3}$) lungo 2 m con il quale si deve costruire un resistore che produca energia calorifica pari a 90.000 joule per ogni ora quando è attraversato da una corrente di 5 A. Temperatura del resistore : 50°C .

Soluzione :

E' necessario risalire, tramite i dati del problema, al valore della resistenza R del filo di tungsteno, il quale risulterà noto non appena trovato il valore della d.d.p. V da applicare al resistore stesso: Tale valore si trova nel seguente modo :

$$V = W / Q = W / I \times t = 90.000 / 5 \times 3600 = 5 \text{ V.}$$

$$R = V / I = 1 \Omega \quad \rho_{50^\circ \text{C}} = 5,05 (1 + 4,2 \times 10^{-3} \times 50) \mu \Omega \text{ cm} = 6,11 \mu \Omega \text{ cm} = 0,0611 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m per cui}$$

dalla $R = \rho l / S$ e dalla $S = \pi d^2 / 4$ ottengo d (in mm) $\cong 0,4 \text{ mm}$.

I CIRCUITI ELETTRICI -- NOZIONI GENERALI

Per circuito elettrico si intende un insieme di generatori collegati fra di loro ed ai dispositivi utilizzatori di energia elettrica tramite conduttori di collegamento.

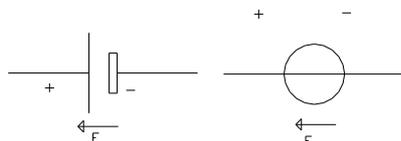
Prima di procedere allo studio dei circuiti diamo alcune precisazioni a riguardo degli elementi costitutivi del circuito stesso:

Generatore:

Le sue caratteristiche sono :

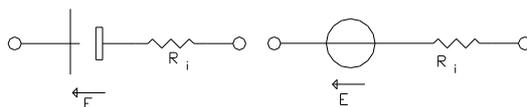
1. La differenza di potenziale (d.d.p.) ai suoi morsetti quando questi sono aperti; spesso chiamata f.e.m. ed indicata con V_0 o con E .
2. La sua resistenza interna R_0 o con R_i .
3. La polarità dei suoi morsetti. Questo è importante perché da tali segni dipenderà il verso della corrente, il quale, poiché si considera quello convenzionale, andrà dal + al - esternamente al generatore e dal - al + internamente.

Il simbolo grafico è:



La freccia sta ad indicare la **forza interna convenzionale**, cioè la forza che sposta le cariche negative dal polo negativo a quello positivo (opposto della reale).

Accanto a tale simbolo si indica poi la **resistenza interna R_0 o R_i** ; pertanto il simbolo completo del generatore è il seguente :



Conduttori di collegamento :

Essi, quando sono percorsi da corrente, danno luogo a cadute di tensione (c.d.t.) modeste rispetto alle tensioni in gioco. Per fare ciò la resistenza dei collegamenti deve essere assai bassa in confronto a quella dell' intero circuito.

Utilizzatori :

Sono dei dispositivi che convertono l'energia elettrica in un altro tipo di energia di cui si ha bisogno. Esempi tipici sono le lampadine, le stufe, i forni, le saldatrici etc.

Tali utilizzatori, in corrente continua (C.C.), possono essere schematizzati con una Resistenza R_{carico} o una Resistenza $R_{util.}$, indifferentemente.

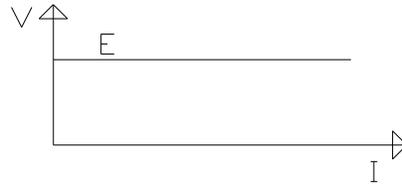
Avendo due terminali li chiamiamo **bipoli**. I generatori elettrici saranno chiamati **bipoli attivi** (perchè impongono un regime di corrente), mentre i conduttori e gli utilizzatori li chiameremo **bipoli passivi**.

GENERATORI IDEALI E REALI DI TENSIONE - ELEMENTI LINEARI DI UN CIRCUITO

A tal punto bisogna distinguere tra **generatore ideale di tensione e generatore reale di tensione.**

Il generatore ideale è un generatore che mantiene ai suoi morsetti una differenza di potenziale costante, uguale alla sua forza elettromotrice **E** al variare della corrente erogata; in definitiva è un generatore con resistenza interna **$R_i = 0$** .

La sua curva caratteristica, che prende il nome di **caratteristica esterna** è una retta:

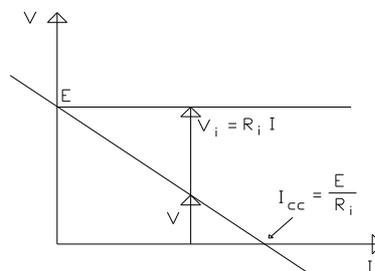


Pertanto si dice che il **generatore ideale è un elemento lineare del circuito.** Il suo simbolo è:



Il generatore reale invece tiene conto della sua resistenza interna e presenterà ai suoi morsetti una tensione diversa dalla **f.e.m. E** in quanto la corrente che circola nella resistenza interna produrrà una **caduta di tensione** pari a **$R_i \times I$** .

La sua caratteristica esterna sarà:

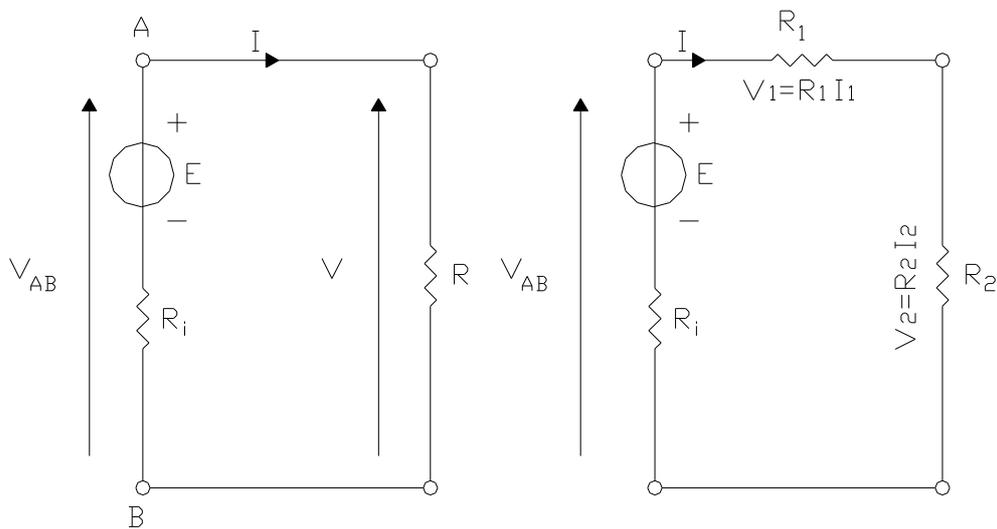


Anch'essa lineare.

L'equazione del generatore reale di tensione sarà

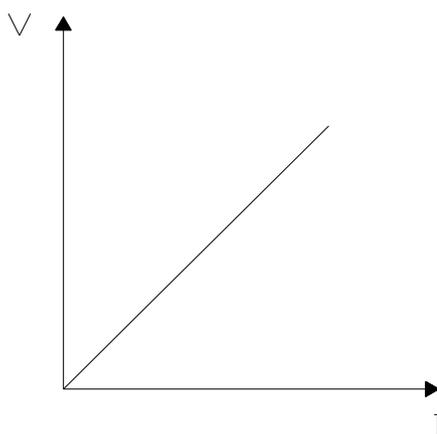
$$\boxed{V = E - R_i \times I}$$

pertanto **un generatore può essere schematizzato nei confronti del circuito esterno con un generatore ideale di tensione E con in serie la sua resistenza interna R_i** come già detto in precedenza.



$$V_{AB} = E - R_i \times I ; V = R \times I = V_{AB} \quad V \neq V_{AB} ; V_{AB} = R_1 \times I + R_2 \times I = V_1 + V_2$$

Per gli elementi passivi, se si prescinde dall'effetto termico della corrente, si ha sempre una relazione di proporzionalità (e quindi di linearità) fra tensione e corrente dato che vale la legge di Ohm $V = R \times I$ che è un'equazione lineare.



Dove R è il *coefficiente angolare* della retta ($V = R \times I$).