

# CORRENTI , TENSIONI, MATERIALI

## **Carica elettrica elementare**

La carica elettrica è una proprietà naturale della materia.

Alla scala atomica o a quella nucleare la più piccola quantità di carica o **carica elettrica elementare** è posseduta dall'elettrone (si indica con  $e$ ) come fu dimostrato sperimentalmente da Millikan nel 1912 nel suo celebre esperimento.

Tutte le cariche esistenti in natura sono multiple di  $e$ , ovvero:

$$Q = n e$$

dove  $n$  è un numero intero positivo o negativo.

In altre parole la carica  $e$  non può assumere un qualsiasi valore arbitrario  $Q$  ma solo valori discreti, in questo modo si parla di quanto di carica.

Il valore della carica elementare è stato misurato, a partire da Millikan, varie volte nel corso degli anni sempre con maggiore precisione e vale attualmente:

$$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

come si vede si tratta di un valore molto piccolo; attraverso il filamento incandescente di una comune lampadina passa ogni secondo un numero di elettroni dell'ordine di  $10^{18}$  !

## **Corrente elettrica**

In un conduttore metallico la corrente è dovuta al moto degli elettroni. Se il conduttore è isolato gli elettroni si muovono in tutte le direzioni di moto caotico dovuto all'eccitazione termica. Se invece colleghiamo un generatore di corrente al filo conduttore gli elettroni si muoveranno in media tutti nella stessa direzione. In effetti il generatore di corrente è costituito da un polo negativo dove esiste un eccesso di elettroni e un polo positivo dove abbiamo una carenza di elettroni; questa condizione è dovuta a processi interni nel generatore, tuttavia se i poli del generatore sono collegati ad un filo conduttore gli elettroni tenderanno a muoversi all'esterno del generatore dalla zona con eccesso di elettroni verso la zona a mancanza di elettroni e cioè dal polo negativo a quello positivo. Associato al moto degli elettroni abbiamo un trasporto di carica.

La rapidità con cui fluisce la carica elettrica in un filo conduttore definisce l' **intensità di corrente**.

La corrente elettrica esercita diversi effetti :

- effetto termico
- effetto chimico
- effetto magnetico

Proprio su questo ultimo effetto si basa la definizione di **ampere (A)** che è l'unità di misura della corrente :

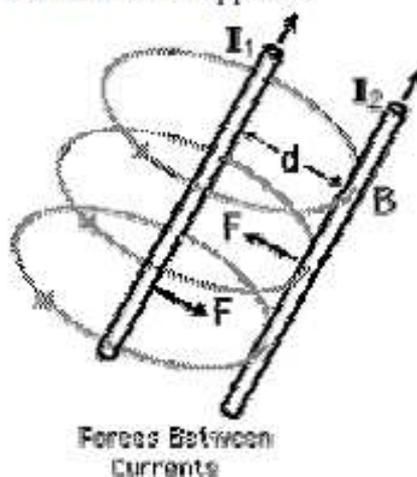
Un ampere è l'intensità di una corrente elettrica che, scorrendo su ciascuno dei due conduttori rettilinei paralleli posti ad una distanza di 1 m, provoca una forza di  $2 \cdot 10^{-7}$  N per metro di conduttore.

## Intensità di corrente

L'intensità di corrente  $I$  è definibile come la quantità di carica elettrica che attraversa una sezione di un conduttore nell'unità di tempo.

L'intensità di corrente è una grandezza scalare, l'unità di misura è l'ampere (A) e si misura con l'amperometro, uno strumento che sfrutta l'effetto magnetico delle correnti.

Nel 1820 Ampère osservò sperimentalmente che due circuiti percorsi da corrente elettrica esercitano tra loro forze attrattive o repulsive: attrattive quando le due correnti hanno lo stesso verso, repulsive quando le correnti hanno verso opposto.



Nel caso di due fili conduttori paralleli, percorsi dalla stessa corrente  $I$ , l'intensità della forza per unità di lunghezza di conduttore è:

- proporzionale al quadrato dell'intensità di corrente;
- inversamente proporzionale alla distanza tra i fili.

Nel Sistema Internazionale (SI) delle unità di misura si ha:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{d} \ell$$

$F$  = modulo del vettore forza in  $N$

$\ell$  = lunghezza del conduttore in  $m$

$I_1 = I_2$  = intensità di corrente (la stessa per i due fili) in  $A$

$d$  = distanza tra i due fili in  $m$

Fissate la distanza  $r$  tra i due conduttori e la lunghezza del conduttore  $\ell$ , l'unico modo di modificare  $F$  è variare la sola grandezza elettrica  $I$ . Questa è la legge usata per definire quantitativamente l'intensità di corrente  $I$ :

**Un ampere è l'intensità di una corrente elettrica, che, scorrendo in due conduttori rettilinei paralleli posti ad una distanza di 1 m, provoca una forza di  $2 \cdot 10^{-7}$  N per metro di conduttore.**

## Carica elettrica

La definizione quantitativa di unità di carica elettrica segue immediatamente da quella di Ampère.

Con carica elettrica si intende il prodotto dell'intensità di corrente  $I$  per l'intervallo di tempo  $\Delta t$  di osservazione. Essa si chiama anche quantità di elettricità o quantità di carica. L'unità di carica elettrica,  $Q$ , nel SI è il Coulomb (C).

$$1 [C] = 1 [A] * 1 [s]$$

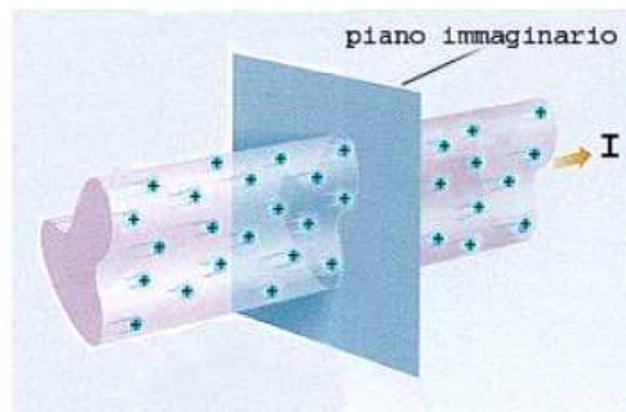
## ***Le correnti continue o stazionarie***

Se  $I$  è la corrente costante nel tempo che scorre in un conduttore, la quantità di carica che scorre attraverso la sezione trasversa di tale conduttore nel tempo  $\Delta t$  è:

$$Q = I \cdot \Delta t$$

Se immaginiamo di osservare il moto delle cariche in un punto qualsiasi del conduttore, la quantità di carica che transita, in ogni secondo, attraverso una sezione trasversale del conduttore, è sempre la stessa. In questo modo l'intensità  $I$  di corrente nel conduttore è costante, pertanto:

si definisce **corrente continua** (o stazionaria) una corrente che fluisce in un'unica direzione del conduttore, con intensità  $I$  costante.



**Conversione :**

$$1 [\text{Amperora}] = 1 [\text{A}] * 1 [\text{h}] = 3.600 [\text{C}] \text{ (unità di misura della carica)}$$

## Tensione o potenziale

Perché ci sia corrente elettrica, deve esistere un campo di forze, ovvero una differenza di potenziale agli estremi del conduttore.

### Sorgente di tensione $V_q$ (origine del potenziale)

Essa è l'origine di ogni corrente elettrica e regna fra i poli di un generatore di tensione. Questa è indicata anche come forza elettromotrice (f.e.m.).

Esempi di generatori di tensione sono una pila, una dinamo di una bicicletta, ecc.

Ogni generatore ha due morsetti: il polo positivo, con potenziale elettrico più elevato, ed il polo negativo con potenziale elettrico minore.

Al polo negativo esiste un eccesso di elettroni, al polo positivo una mancanza di elettroni. Se si connettono i poli del generatore con un filo metallico, sono gli elettroni che scorrono *all'esterno* del generatore di tensione dalla zona con eccesso a quella con mancanza di elettroni, ossia dal polo negativo al positivo. Il passaggio di elettroni tende a livellare il potenziale tra i due poli. La differenza di potenziale iniziale è prodotta e mantenuta attraverso processi interni nel generatore di tensione. Nelle pile e nelle batterie sono processi legati a forze di natura chimica, mentre nelle dinamo sono forze di natura magnetica.

Prima di conoscere il reale moto delle cariche in un conduttore, era stata già stabilita una [direzione convenzionale della corrente elettrica](#): per convenzione la corrente scorre dal polo positivo a quello negativo ed è dovuta ad una migrazione di cariche positive.

| <i>Esempio di Tensioni d'impiego</i>              | <b>V (volt)</b> |
|---|-----------------|
| Accumulatore in acciaio (NiFe) per ciascuna cella | 1.2             |
| Accumulatore al piombo per ciascuna cella         | 2               |
| Illuminazione dell'automobile                     | 12              |
| Rete  | 220, 380        |
| Tram  | 550             |
| Locomotore elettrico                              | fino a 15000    |
| Linee di alta tensione                            | fino a 380000   |

### Analogia con un circuito idraulico

Per comprendere meglio il concetto di forza elettromotrice si può ricorrere ad una analogia con la pompa di un circuito idraulico.

Supponiamo di avere due depositi di acqua A e B, con B posto ad una quota superiore ad A.

Per portare acqua da A a B, bisogna fornire la necessaria energia (pressione).

Nel circuito idraulico è la pompa che apporta tale energia, mentre nel circuito elettrico è la forza elettromotrice.

Tanto maggiore è la differenza di quota fra i due serbatoi, tanto maggiore è l'energia che deve fornire la pompa; analogamente tanto maggiore è la differenza di potenziale fra i poli del generatore, tanto maggiore è la forza elettromotrice

## ***Caduta di tensione***

Con l'espressione "Caduta di tensione" o "Caduta di potenziale" si designa la differenza di potenziale fra due qualsiasi punti di un conduttore attraverso il quale scorre una corrente. Essa è sempre più piccola della tensione del generatore, che invece rappresenta la differenza di tensione massima che si può avere ai capi del conduttore. Ciò significa che al suo interno si trovano punti a potenziali diversi. Se così non fosse, il conduttore sarebbe in equilibrio e non vi sarebbe un flusso significativo di cariche. La somma di tutte le differenze di potenziale consecutive all'interno di un conduttore è uguale alla differenza di potenziale ai capi del conduttore.

Con il termine **tensione V** fra due punti di un conduttore si definisce il rapporto del lavoro compiuto per unità di tempo nel trasporto (in questo tratto di conduttore) della corrente che passa attraverso il conduttore stesso.

$$V = \frac{L}{Q} = \frac{L \Delta t}{Q} = \frac{P}{I} \quad P \text{ in watt} \quad I \text{ in ampere} \quad Q \text{ in coulomb}$$

Unità SI della tensione V

$$V \text{ in volt}, \quad 1 \text{ volt} = 1V = \frac{1W}{1A}$$

1 volt è la differenza di potenziale elettrico fra due punti di un conduttore metallico, nel quale, per far scorrere una corrente costante di 1 A fra i punti dati, si deve dissipare la potenza di 1 watt

## ***Prima Legge di Ohm: Resistenza elettrica***

Con il termine resistenza R si comprende il rapporto fra la tensione fra gli estremi di un conduttore e l'intensità della corrente nel conduttore.

$$R = V / I$$

Unità SI di resistenza: *ohm*     1 ohm ( $\Omega$ ) = 1 V / 1 A

l'*ohm* è la resistenza elettrica fra due punti di un conduttore, attraverso il quale, per una differenza di potenziale di 1 volt fra gli stessi due punti, passa una corrente di 1 ampere.

Se **R** è la resistenza del conduttore,

**V** la differenza di potenziale nel circuito agli estremi della resistenza,

**I** l'intensità di corrente,

si ha la legge di Ohm (a temperatura T costante):

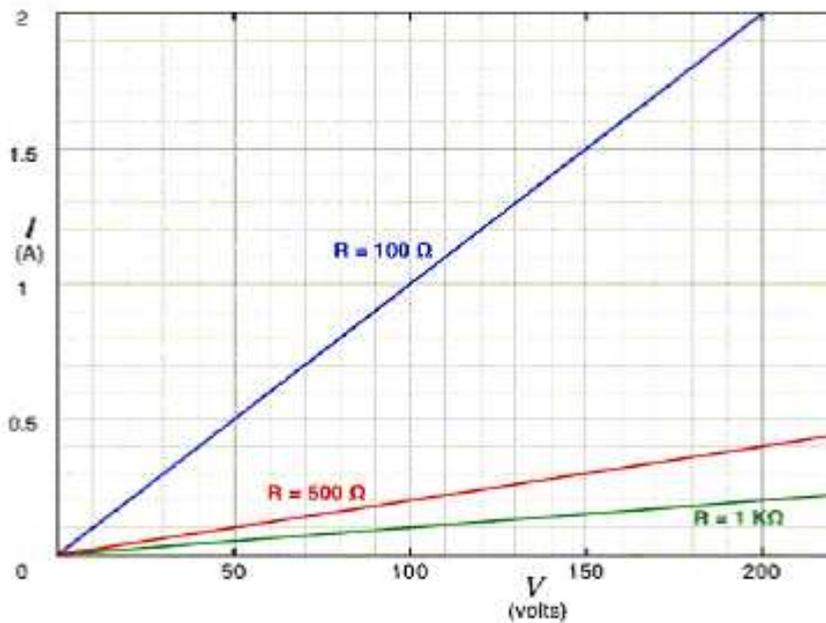
$$R = V / I \quad V = R \cdot I \quad I = V / R$$

### Prima Legge di Ohm

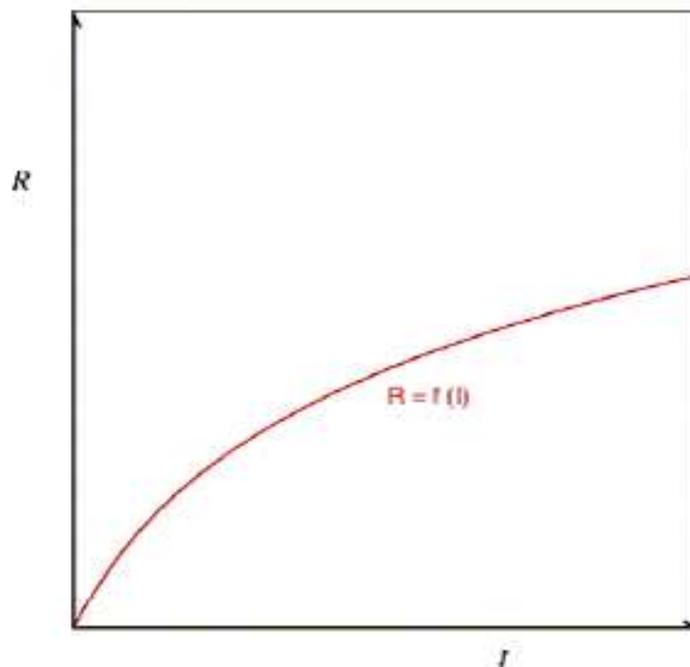
In un conduttore metallico (che segue la legge di Ohm) l'intensità di corrente è direttamente proporzionale alla tensione applicata ai suoi capi (a temperatura  $T$  costante) e inversamente proporzionale alla resistenza del conduttore.

Possiamo costruire un grafico mettendo in relazione la differenza di potenziale  $V$  con la corrente  $I$ :

- Per i materiali che seguono la legge di Ohm (conduttori ohmici) esiste una relazione lineare fra  $V$  ed  $I$ , la Resistenza non dipende dalla corrente  $I$



- Per i materiali non-ohmici  $R=V/I$  non è costante ma dipende dalla corrente  $I$ ; infatti il grafico  $R = f(I)$  non ha un andamento lineare.



## Seconda legge di Ohm: Resistività

A parità di ogni altra condizione, la resistenza  $R$  di un conduttore è direttamente proporzionale alla sua lunghezza e inversamente proporzionale alla sua sezione

Detti

$R$  – resistenza elettrica del conduttore

$\rho$  – resistenza specifica o resistività del materiale

$l$  – lunghezza del conduttore

$A$  – area della sezione del conduttore

Si definisce:

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

$R$  in  $\Omega$

$l$  in  $m$

$A$  in  $m^2$

quindi  $\rho$  in  $\Omega \cdot m$

Frequentemente si preferisce:  $\rho$  in  $\Omega \cdot cm = 10^{-2} \Omega \cdot m$

La resistività di un conduttore è la resistenza che un suo campione di lunghezza e sezione unitaria offre al passaggio della corrente.

L'inverso della resistività si chiama **conducibilità**.

Attenzione: come la resistenza anche la resistività dipende dalla temperatura.

**Tabella:** Resistività elettrica a temperatura ambiente (20 °C).

| Sostanza       | $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ ) | Sostanza              | $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )   |
|----------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Metalli</b> |                             | <b>Semiconduttori</b> |                               |
| Rame           | $1.72 \cdot 10^{-8}$        | Carbonio              | $3.57 \cdot 10^{-5}$          |
| Argento        | $1.63 \cdot 10^{-8}$        | Germanio              | 45.04.00                      |
| Alluminio      | $2.82 \cdot 10^{-8}$        | Silicio               | $6.25 \cdot 10^4$             |
| Ferro          | $6.54 \cdot 10^{-8}$        |                       |                               |
| Tungsteno      | $5.50 \cdot 10^{-8}$        |                       |                               |
|                |                             | <b>Isolanti</b>       |                               |
| <b>Leghe</b>   |                             | Vetro                 | $10^{10} \rightarrow 10^{14}$ |
| Manganina      | $4.40 \cdot 10^{-7}$        | Mica                  | $10^{11} \rightarrow 10^{15}$ |
| Costantina     | $4.90 \cdot 10^{-7}$        | Paraffina             | $2.97 \cdot 10^{16}$          |
| Nichel-cromo   | $1 \cdot 10^{-6}$           | Quarzo                | $7.52 \cdot 10^{17}$          |

Come si vede la resistività dei materiali copre uno spettro di circa 25 ordini di grandezza.

Se  $A$  in  $[mm^2]$   $\rightarrow$   $[\rho] = [\Omega \cdot mm^2 / m] = [\Omega \cdot (10^{-3} \cdot 10^{-3}) \cdot m]$

## **Resistenza e temperatura**

La resistività di conduttori, isolanti e semiconduttori dipende dalla temperatura.

- La resistività di un *conduttore metallico* è piccola e generalmente cresce linearmente con la temperatura. La resistività, che spesso nelle tabelle è riportata a 20 °C , e di conseguenza la resistenza, può essere quindi convertita ad altre temperature nel caso dei metalli con una semplice espressione.
- La grande resistività dei *semiconduttori* decresce per riscaldamento.
- Anche negli *isolanti* la fortissima resistività decresce con l'aumentare della temperatura.
- In alcuni metalli (per esempio il mercurio) la resistività decresce fortemente in vicinanza dello zero assoluto, saltando ad un valore approssimativamente nullo → *superconduttività* (Kamerlingh Onnès, 1911). Più recentemente (1985) questo fenomeno è stato osservato anche con alcune ceramiche a temperature più elevate, fino a 170 K → superconduttività ad alta temperatura.

La costantana (60% Cu, 40% Ni) e la manganina (86% Cu, 2% Ni, 12% Mg) sono leghe resistenti, la cui resistività dipende poco dalla temperatura.

## **Classificazione dei conduttori**

Si dice che un conduttore è attraversato da una corrente elettrica, quando al suo interno vi è una migrazione di particelle cariche. La dinamica delle particelle elettriche necessita di un campo di forze di natura elettrica.

### **Tipi di conduttori**

I materiali sono catalogati a seconda della maggiore o minore capacità di far passare "facilmente" elettroni al loro interno. Queste le principali categorie:

conduttori metallici

conduttori elettrolitici

conduttori gassosi

isolanti

semiconduttori

superconduttori

## Conduttori metallici

Appartengono a questa categoria tutti i metalli, come, ad esempio, rame (Cu), argento (Ag), Alluminio (Al).

Sono ottimi conduttori sia di corrente che di calore e possiedono una struttura cristallina.

Durante la formazione del cristallo, è fornita l'energia necessaria per liberare elettroni di valenza, uno o due per atomo. Tutti gli altri elettroni rimangono ancorati ai rispettivi nuclei, per formare complessivamente degli ioni, che oscillano attorno alla loro posizione di equilibrio con ampiezza crescente al crescere della temperatura.

Il modello elaborato per i conduttori metallici è detto ad "elettroni liberi".

Ipotizza, appunto, elettroni di valenza non più legati ad un singolo atomo, ma condivisi in una nube elettronica. Il moto degli elettroni liberi può essere:

- disordinato, analogamente all'agitazione termica dei gas, quando il conduttore non è soggetto ad un campo elettrico.
- ordinato in direzione e verso, in sovrapposizione al moto disordinato, quando il conduttore è soggetto cioè all'azione dinamica di un campo di forze elettrico. Si ha così un passaggio di corrente elettrica da un capo all'altro del conduttore.

## Conduttori elettrolitici

Si identificano tipicamente nelle soluzioni acquose di sali inorganici. In una soluzione i legami elettrici che tengono uniti gli ioni sono indeboliti e parte delle molecole del soluto si separano in cationi (ioni positivi) ed anioni (ioni negativi), dotati di energia cinetica, per agitazione termica. Sotto l'azione dinamica di un campo elettrico, il moto delle cariche, sia positive che negative, è ordinato, in sovrapposizione al moto disordinato di agitazione termica, ed è, quindi, causa di passaggio di corrente elettrica.

## Conduttori gassosi

Gli aeriformi sono tendenzialmente isolanti, ma alcune molecole di gas, sotto particolari condizioni, possono perdere elettroni ed offrire conducibilità elettrica sia per moto di ioni negativi che positivi. Talvolta la conducibilità elettrica è notevole.

## Isolanti

Lo sono principalmente la maggior parte dei solidi ionici e covalenti.

In un isolante non esistono elettroni di valenza liberi di muoversi e tali da evidenziare un flusso di cariche ordinate, sotto l'azione di un campo elettrico.

Ovviamente, vale l'osservazione che qualunque sostanza può offrire elettroni di conduzione, se si dispone di sufficiente energia. In realtà non esistono isolanti perfetti, ma sostanze definite isolanti perché offrono una resistenza assai grande al passaggio di cariche elettriche.

## Semiconduttori

Le loro proprietà sono intermedie tra quelle dei conduttori e degli isolanti. Sono sostanze solide cristalline che offrono conducibilità crescente all'aumentare della temperatura. A temperatura ambiente manifestano proprietà di semiconduttori, ovvero, la conducibilità elettrica dipende da elettroni e "lacune" (con carica elettrica positiva). L'aggiunta di opportune impurità può esaltare la conduzione elettrica.

## SEZIONE DEI CONDUTTORI

Un elemento conduttore, per esempio un filo di rame, è composto da atomi. L'atomo è composto da un nucleo centrale, nel quale risiedono i neutroni di carica nulla e i protoni di carica positiva, e dagli elettroni di carica negativa che orbitano intorno al nucleo.

Normalmente l' **atomo** si trova in perfetto **equilibrio** di cariche in quanto possiede tanti elettroni quanti sono i protoni interni al suo nucleo, cioè è **neutro**.

Se poniamo ai capi di tale conduttore un generatore di **forza elettromotrice ( F.E.M. )**, cioè un apparato con due poli di carica opposta ( uno positivo e uno negativo ) ad esempio una **batteria**, tenendo presente che cariche uguali si respingono e cariche opposte si attraggono, avremo sulla superficie del conduttore un **flusso di elettroni che dal polo negativo del generatore si sposteranno verso il polo positivo**.

Gli elettroni, durante il loro percorso sul conduttore, trovano degli ostacoli che ne limitano i movimenti. Tali ostacoli sono rappresentati dagli atomi stessi del conduttore tenuti insieme dalla forza di coesione. Gli elettroni quindi trovano una **resistenza (R)** al loro passaggio. La resistenza (R) di un conduttore si misura in OHM [  $\Omega$  ].

Essa, in base alla legge di Ohm, è data dal rapporto tra la forza elettromotrice del generatore e la corrente che si stabilisce nel conduttore :

$$R = V / I$$

**La resistenza di un conduttore è tanto maggiore quanto più piccola è la sua sezione.**

Ogni elemento ha la sua resistenza specifica che viene detta **resistività** .

**Più precisamente la resistività è la resistenza in [  $\Omega$  ] di 1 metro di conduttore con sezione di 1 mm<sup>2</sup> .**

Per il rame la resistività è **0,017 [  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$  ]** . Il simbolo della resistività è  $\rho$  ( pronunciarsi : **ro** ).

La resistenza provoca nel conduttore una **generazione di calore** a causa dell'attrito degli elettroni con la struttura atomica del conduttore stesso.

Il calore generato è tanto maggiore quanto maggiore è il flusso di elettroni e quanto minore è la dimensione del conduttore e quindi la sua sezione.

Questo fenomeno è detto **effetto Joule** dal nome del suo scopritore.

Inoltre la resistenza del conduttore crea su di esso una caduta di tensione (C.D.T. ) . Ciò vuol dire che se si considera un circuito elettrico formato da un generatore, dai cavi di collegamento ed un utilizzatore, la tensione presente sull'utilizzatore **non** sarà uguale a quella presente sul generatore, ma si dovrà tenere presente quella che cade sui fili di collegamento.

Quindi sull'utilizzatore avremo la tensione del generatore **meno** la caduta di tensione sui conduttori. Maggiori saranno la resistenza e l'intensità di corrente più alta sarà la caduta di tensione. In base alla legge di Ohm la tensione è uguale a :  **$V = R \cdot I$**

In un circuito con generatore a 12 [ Volt ] con resistenza dei conduttori di 1 [ Ohm ] e intensità di corrente di 1 [ A ] , avremo una C.D.T. sulla linea di: 1[ $\Omega$ ] x 1[A] = 1[V].

Sull'utilizzatore quindi giungeranno: 12 - 1 = 11 [V]

# POTENZA

Consideriamo il concetto di **potenza elettrica**. In Fisica la potenza è il lavoro compiuto da una forza per produrre uno spostamento, in un certo tempo.

La **potenza elettrica è il lavoro svolto dal generatore per spostare gli elettroni** e quindi produrre la corrente elettrica, permettendo all'utilizzatore di svolgere la sua funzione.

La potenza in un circuito elettrico, in **CORRENTE CONTINUA**, è uguale a :  $P = V * I$ .  
Si misura in **Watt**, simbolo [ W ].

Tutto ciò che abbiamo analizzato nella pagina precedente sono nozioni molto basilari, ma efficaci a far capire i principi. Tuttavia bisogna distinguere tra **corrente continua** e **corrente alternata**, in quanto nella seconda ricorrono altri fattori importanti ai fini di formule e calcoli.

Vediamo le differenze tra corrente continua ed alternata:

**Una corrente è continua quando il suo senso di circolazione è sempre uguale.** Più precisamente è una corrente creata da un generatore con **polarità costante**, cioè un polo è sempre negativo mentre l'altro è sempre positivo. Un generatore di corrente continua è la classica **pila**.

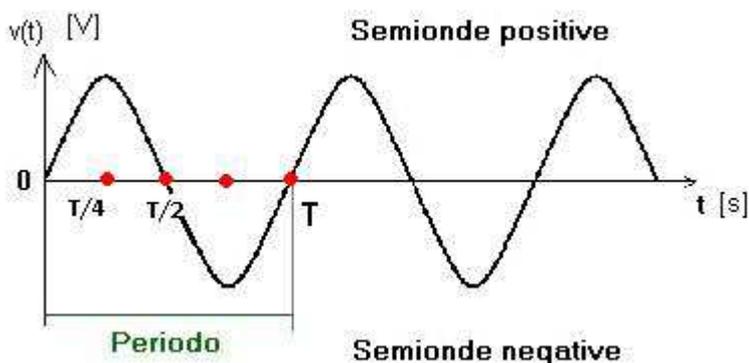
**Una corrente è alternata quando il suo senso di circolazione cambia periodicamente nel tempo.** Il generatore che crea tale corrente cambia periodicamente nel tempo la carica dei suoi poli da negativa a positiva e viceversa, raggiungendo sempre lo stesso valore di tensione, però con polarità invertite.

Il numero di variazioni di polarità che un generatore compie nel tempo di 1 [secondo] determina un fattore molto importante per le grandezze alternate, cioè la **frequenza ( f )** che si misura in **Hertz**, simbolo [ Hz ].

Un generatore di corrente alternata è l'**alternatore**. La tensione presente nelle nostre abitazioni è di tipo alternato: **220 [V], 50 [Hz]**.

In figura è rappresentata una tensione **v(t) alternata, di forma sinusoidale**, su assi cartesiani. La tensione sale fino a un valore positivo e scende fino a un uguale valore negativo ; 0 è il punto in cui il valore è nullo, t è il tempo.

Un periodo è formato da una semionda positiva e una negativa. In una corrente a 50 [Hz] si compiono 50 periodi in 1 secondo.



In un circuito alimentato in corrente alternata oltre alla componente resistiva, determinata dai conduttori e dall'utilizzatore, entra in gioco anche un'altra componente : l' **induttanza**, simbolo **L**. Essa è causata dall' **induzione elettromagnetica**.

Un conduttore percorso da corrente elettrica genera intorno ad esso un campo elettromagnetico. In corrente alternata questo campo elettromagnetico, anch'esso alternato, provoca nel circuito una forza **controelettromotrice** che si oppone a quella del generatore.

L'induttanza , oltre che un aumento di resistenza , crea anche uno **sfasamento** tra tensione e corrente. **La tensione risulta in anticipo sulla corrente**, cioè nel circuito non vi è corrente nulla quando la tensione passa per lo zero nè corrente massima quando la tensione è massima, cioè le due grandezze **non sono in sincronia**.

Per esempio a tensione massima si potrebbe avere la metà della corrente totale, e avere la corrente massima quando la tensione si trova a metà del suo valore. Ovviamente questo avviene a livello di frazioni di secondo.

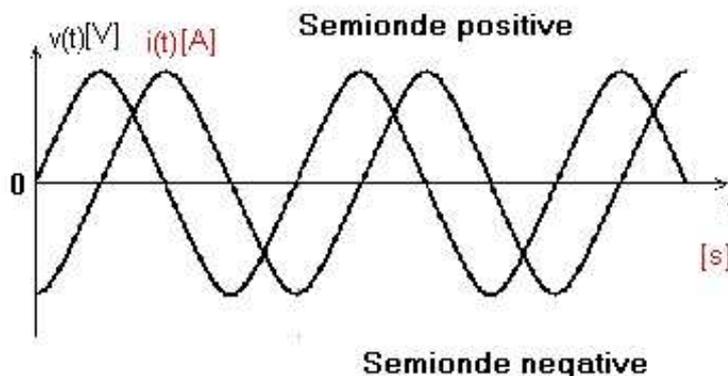
L'angolo di sfasamento tra tensione e corrente viene rappresentato con il simbolo  $\varphi$  (pronuncia : fi ). Ai fini dei calcoli che ci interessano, viene considerato, in presenza di uno sfasamento, il **fattore di potenza che si definisce  $\cos \varphi$**  . Esso definisce il grado maggiore o minore di sfasamento.

Un circuito in fase , cioè con  $\varphi = 0$  , possiede un  **$\cos \varphi$  pari a 1**.

Più si scende ( es. 0,8 - 0,7 ecc. ), maggiore è il grado di sfasamento.

In base alle direttive ENEL il  $\cos \varphi$  di un impianto non deve essere inferiore a 0,8.

In figura sono rappresentate in forma sinusoidale una tensione  $v(t)$  e la relativa corrente  $i(t)$ , sfasate di  $90^\circ$  ( **un quarto di periodo** ). Si noti che quando la tensione è al suo massimo valore, positivo o negativo, la corrente si trova allo zero. Allo stesso modo quando la corrente è al suo massimo valore la tensione è allo zero.



In un circuito la componente induttiva data dai conduttori di collegamento è bassissima, quindi, se non per linee davvero lunghe, essa è trascurabile. **La grossa componente induttiva è data principalmente da alcuni utilizzatori che il circuito può alimentare, e cioè quelli che sono costituiti da avvolgimenti di filo conduttore con molte spire.**

Tali carichi sono i motori elettrici, gli elettromagneti, i trasformatori ed altri.

In corrente alternata si definiscono 3 Potenze :

- POTENZA APPARENTE  $P_{app} = V_{eff} * I_{eff}$  dove  $V_{eff} = V_{max} / \sqrt{2}$  e analogamente per  $I_{eff}$
- POTENZA ATTIVA  $P_A = V_{eff} * I_{eff} * \cos \varphi$
- POTENZA REATTIVA  $P_R = V_{eff} * I_{eff} * \sin \varphi$

**POTENZA APPARENTE = POTENZA ATTIVA + POTENZA REATTIVA**