

Le correnti elettriche

In questo capitolo ci occuperemo di aspetti più “pratici” riguardanti l'elettricità.

Parleremo di corrente elettrica, circuiti, potenza elettrica, tensione, ..., insomma di tutto quello che serve per comprendere che cosa succede quando colleghiamo la spina della lampada del nostro comodino, di una stufetta elettrica e in generale di un consumatore qualsiasi alla presa di corrente.

Circuiti a corrente continua

In linea di principio, collegando tramite un conduttore due corpi che si trovano in una differenza di potenziale elettrico, ad esempio due corpi metallici uno carico positivamente e l'altro carico negativamente, si assiste alla migrazione di cariche elettriche da un corpo all'altro fino a che la differenza di potenziale si annulla.

La quantità di carica elettrica che scorre nel conduttore nell'unità del tempo viene chiamata **corrente elettrica** e viene definita da:

$$I = \frac{Q}{\Delta t}.$$

L'unità di misura della corrente elettrica è pertanto:

$$[I] = \frac{[Q]}{[\Delta t]} = \frac{C}{s} = A, \text{ dove } A \text{ sta per ampère.}$$

Generalmente, nella situazione descritta all'inizio, il tempo necessario per portare i due corpi allo stesso potenziale elettrico è relativamente piccolo e una volta terminato il processo non succede più niente.

Nelle situazioni di cui vogliamo occuparci la differenza di potenziale viene solitamente mantenuta costante e si assiste ad un flusso continuo di cariche (corrente).

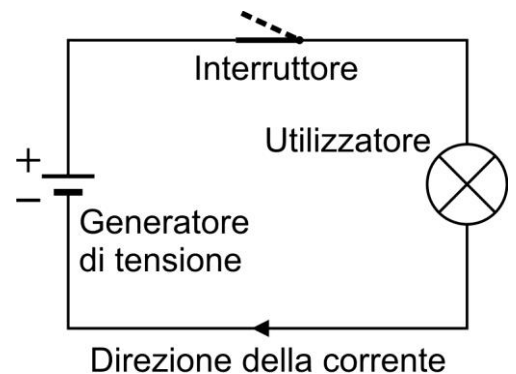
Per realizzare questo tipo di situazione occorre costruire un **circuito elettrico** composto da:

- un **generatore di tensione**, cioè un apparato in grado di mantenere costante la differenza di potenziale (ad esempio una pila (batteria)),
- un **utilizzatore** attraverso il quale far passare la corrente (ad esempio una lampadina),
- eventuali cavi di collegamento per unire i vari elementi del nostro circuito,
- un **interruttore** per aprire e chiudere il circuito.

Nel disegno a lato la schematizzazione del circuito elettrico.

Per convenzione il verso della corrente elettrica coincide con quello in cui si muovono le cariche positive, la corrente elettrica scorre cioè dal polo positivo del generatore di tensione a quello negativo. Nei conduttori allo stato solido (sarà praticamente sempre con questo tipo di conduttori che avremo a che fare) le cariche positive non si muovono. Gli unici portatori di carica a muoversi sono gli elettroni. Essi si muoveranno in senso opposto a quello convenzionale della corrente.

Quando una corrente elettrica passa attraverso un consumatore, le cariche elettriche passano da un potenziale elettrico alto verso un potenziale elettrico basso (se il consumatore è collegato direttamente al generatore di tensione, la **caduta di tensione** ai capi del consumatore (indicata solitamente con U) è pari alla differenza di potenziale dovuta al generatore). La differenza di energia potenziale di tutte le cariche che passano attraverso il consumatore nell'unità



del tempo corrisponde all'energia che il consumatore trasforma nell'unità del tempo da elettrica in energia di tipo diverso che dipende dal tipo di consumatore (ad esempio una lampadina trasforma l'energia elettrica in energia termica che riscalda il filamento della lampadina fino a farlo diventare incandescente, un motore trasforma energia elettrica in energia meccanica).

Si definisce potenza elettrica di un consumatore il prodotto fra la caduta di tensione ai suoi capi e la corrente elettrica che lo attraversa infatti:

$$P = \frac{\Delta E_{p,e}}{\Delta t} = \frac{Q \cdot \Delta U_e}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta t} \cdot \Delta U_e = I \cdot U.$$

Verifichiamo le unità di misura della formula:

$$[I \cdot U] = A \cdot V = \frac{C}{s} \cdot \frac{J}{C} = \frac{J}{s} = W, \text{ che corrisponde all'unità di misura della potenza.}$$

Per esempio consideriamo una lampadina del faro di un'automobile di potenza $P = 48W$. Essa è collegata alla batteria dell'auto ai cui poli si misura una differenza di potenziale di $12V$. Nella lampadina scorre una corrente di:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{48W}{12V} = 4,0A.$$

La misura di corrente e di tensione

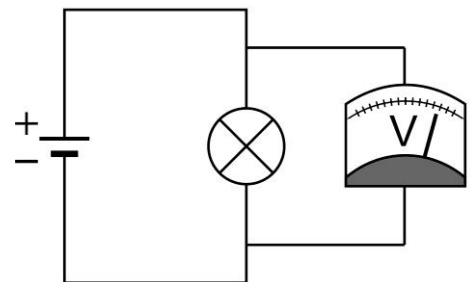
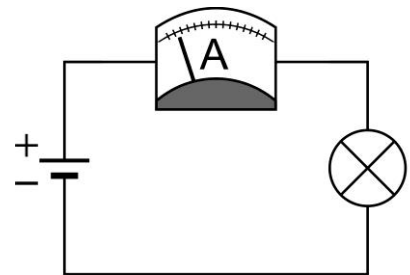
Per misurare le due grandezze fondamentali, vale a dire corrente e tensione, si utilizzano: l'**amperometro** per la corrente e il **voltmetro** (o voltmetro) per la tensione.

L'amperometro va sempre sistemato in serie con l'utilizzatore, vale a dire uno dopo l'altro, mentre il voltmetro deve essere sempre posto in parallelo all'utilizzatore.

Il disegno a lato mostra come disporre i due strumenti.

Generalmente si ha a disposizione uno strumento chiamato multimetro in grado di fungere sia da amperometro che da voltmetro. Occorre solo fare attenzione a come viene collegato al circuito.

Solitamente si assume che gli strumenti di misura non influenzino il circuito. Essi sono considerati con strumenti ideali. Analizzeremo in seguito situazioni in cui occorre tenere in considerazione la presenza dello strumento.



Le leggi di Kirchhoff

Le situazioni incontrate finora sono così semplici e così evidenti che è stato dato per scontato che la corrente elettrica che scorre nel filo è la stessa che passa nell'utilizzatore come pure è sempre la stessa che nel generatore di differenza di potenziale porta le cariche da un polo all'altro. È pure evidente che la differenza di potenziale del generatore è la stessa, a meno del segno, che si misura ai capi dell'utilizzatore (i fili sono al momento considerati ideali e servono solo a collegare i vari elementi del circuito senza che lunghezza o sezione influiscano sul circuito). Se si collega il voltmetro ai poli del generatore in modo che segni un valore positivo e poi si collegano i capi dell'utilizzatore seguendo il verso della corrente, cioè facendo in modo che il filo del voltmetro che prima era collegato al polo "−" della batteria sia collegato prima dell'utilizzatore e quello al polo "+" dopo, si leggerà una differenza di potenziale negativa, una caduta di potenziale. Spesso si preferisce invertire il collegamento in modo da leggere in positivo la caduta di potenziale.

In situazioni appena un po' più complesse, ad esempio con più utilizzatori (vedi disegno), occorre conoscere cosa capita alla corrente quando incontra un nodo (punto di biforcazione) e quanto vale la caduta di tensione su ciascun utilizzatore.

Nella situazione schematizzata a lato vogliamo conoscere come si ripartisce la corrente che, dal generatore di tensione, attraverso il primo utilizzatore, passa attraverso l'utilizzatore no 2 e no 3, che cosa capita cioè al nodo A .

Analogamente dobbiamo conoscere la caduta di tensione ai capi dei tre utilizzatori.

Per la legge di conservazione della carica, la corrente elettrica che arriva dall'utilizzatore no 1, indicata con I_1 , deve essere pari alla somma delle correnti che vanno verso l'utilizzatore no 2 (I_2) e no 3 (I_3). Possiamo pertanto scrivere:

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

Questa relazione, nota come il **primo principio di Kirchhoff** o **legge dei nodi**, può essere generalizzata in:

$$I_{e1} + I_{e2} + \dots + I_{eN} = I_{u1} + I_{u2} + \dots + I_{uN},$$

dove l'indice "e" sta a indicare corrente entrante e l'indice "u" corrente uscente. In parole si può dire che la somma delle correnti entranti è uguale alla somma delle correnti uscenti.

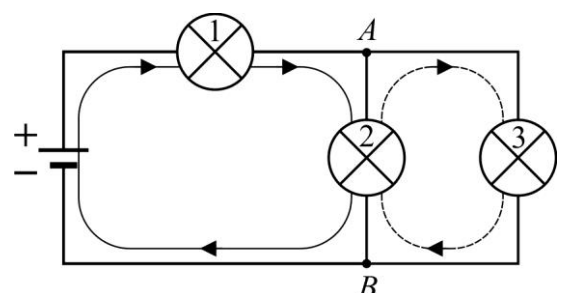
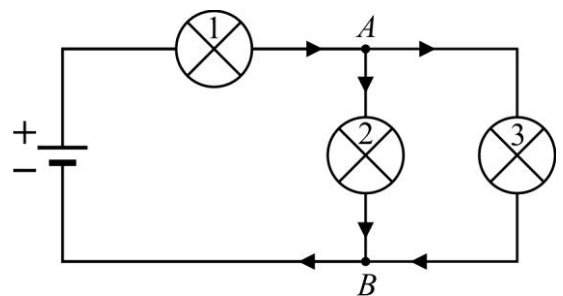
Scegliendo un senso di percorrenza e attribuendo un segno negativo alle correnti che si muovono in senso contrario, si può scrivere la legge dei nodi in questo modo:

$$I_1 + I_2 + \dots + I_N = 0.$$

Che cosa si può dire ora delle cadute di tensione?

Anche in questo caso prendiamo come esempio il circuito precedente. La forza elettrica, responsabile dei fenomeni che stiamo analizzando, è, come abbiamo già verificato, una forza conservativa. La variazione di energia potenziale seguendo un percorso che si richiude su sé stesso, vale a dire seguendo un percorso che da un punto ritorna al punto stesso, vale zero. Questo discorso vale evidentemente anche per il potenziale.

Se come percorso chiuso prendiamo ad esempio quello indicato con una linea piena possiamo dire che, dato che la somma di tutte



le differenze di potenziale deve dare zero, la differenza di potenziale del generatore (generalmente indicato con U_0) è pari alla somma delle cadute di tensione ai consumatori no 1 e no 2, cioè:

$$U_0 = U_1 + U_2.$$

Dato che le cadute di potenziale hanno lo stesso valore ma segno opposto rispetto alle differenze di potenziale la relazione appena scritta, che prende il nome di **secondo principio di Kirchhoff** o **legge delle maglie**, può essere generalizzata e scritta nella forma:

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots + \Delta U_N = 0.$$

Risulta chiaro che, prendendo in considerazione la seconda maglia del circuito, quella rappresentata dalla linea tratteggiata, la differenza di potenziale (ed evidentemente anche la caduta di potenziale) ai capi dell'utilizzatore no 2 e no 3 è la stessa se si va da A a B , ma risulta opposta ai capi dell'utilizzatore no 2 seguendo il percorso della maglia. Faremo degli esempi numerici appena saremo in grado di determinare come i singoli utilizzatori influenzano il circuito.