

# La corrente elettrica

GABRIELE CODEGA, ELENA D'AMICO

Classe VC-LS, Liceo Scientifico Statale C. Donegani, Via C. Donegani 3 — 23100 Sondrio

Video: "Fluxus" • <https://youtu.be/otG2mBeNPnI>

## Sommario

*In questo articolo si definisce il concetto di corrente elettrica, si descrivono inoltre i fenomeni fisici che le danno origine e si spiega in che modo essa si comporti. Si affrontano resistività e potenza cercando di fare riferimento ad alcuni semplici circuiti di uso quotidiano.*

## I. INTRODUZIONE

La corrente elettrica è il fenomeno fisico che permette il funzionamento di moltissimi apparecchi di uso quotidiano e consiste semplicemente in un flusso di elettroni attraverso dei conduttori. I conduttori sono i fili che troviamo negli apparecchi elettrici oppure negli impianti, ma non tutti si comportano allo stesso modo: ciascuno ha una propria *resistenza*, che si oppone al passaggio della corrente elettrica. Una resistenza maggiore implica anche un maggiore riscaldamento del conduttore, che dissipa parte della potenza erogata dal generatore a cui è collegato il circuito. Se da un lato questo fenomeno, noto come *effetto Joule*, è un impedimento, dall'altro è la base del funzionamento di alcuni apparecchi, come le stufette. Nel collegare degli apparecchi ad una rete bisogna sempre assicurarsi che questi vengano sottoposti alla tensione corretta, in modo tale che non brucino causando, potenzialmente, un *corto circuito*. La tensione su una resistenza individuale può essere abbassata collegando le resistenze in serie, come le luci degli alberi di natale, attraverso cui passa però la stessa corrente. In alternativa, collegando le resistenze in parallelo, come tutti gli utilizzatori che colleghiamo contemporaneamente alla rete domestica, questi vengono attraversati da correnti diverse, mentre sono sottoposti alla stessa tensione. Nelle quattro sezioni abbiamo cercato di spiegare in modo semplice alcuni concetti e fenomeni di base, che, nonostante possano sembrare quasi astratti, hanno un riscontro immediato nella quotidianità.

## II. CORRENTE ELETTRICA

La corrente elettrica è un movimento ordinato di particelle dotate di carica elettrica [1]. Nei metalli, ad esempio, è dovuta allo spostamento degli *elettroni di conduzione*, ossia gli elettroni liberi di muoversi, che costituiscono il *gas di Fermi*, caratteristica del legame metallico. Nonostante anche in condizioni normali gli elettroni si muovano di un moto di agitazione termica, questo non è sufficiente per generare una corrente. Infatti il moto di agitazione termica è disordinato e muove ogni particella indipendentemente dalle altre. Perché si stabilisca un moto ordinato, è necessaria una *differenza di potenziale elettrico* tra gli estremi del conduttore. Per spiegare cosa sia il potenziale elettrico è necessario definire ancora alcuni concetti.

Posto che ogni particella dotata di carica elettrica, positiva o negativa, generi attorno a sé un *campo elettrico*, questa stessa carica è in grado di esercitare una forza elettrica su una qualsiasi carica di prova posta nel campo stesso. Essendo la carica di prova libera di muoversi, la forza elettrica può compiere su di essa un lavoro, definito come la differenza di *energia potenziale elettrica* della carica di prova dalla posizione iniziale a quella finale.

$$L_{AB} = U_A - U_B = -\Delta U$$

L'energia potenziale elettrica di una qualunque carica all'interno di un campo elettrico è direttamente proporzionale al prodotto delle due cariche e inversamente proporzionale alla loro distanza. La costante di proporzionalità dipende dal mezzo in cui si trovano le

cariche.

$$U = k \frac{q_1 q_2}{d}$$

Come visto, l'energia potenziale elettrica dipende dalla carica di prova. Dividendo, pertanto, l'energia potenziale per la carica di prova, si ottiene una nuova grandezza, indipendente appunto dalla carica, che caratterizza ogni punto dello spazio: il *potenziale elettrico*.

$$V = \frac{U}{q}$$

In natura, una carica positiva tende a muoversi da un potenziale maggiore a uno minore, mentre una carica negativa fa l'opposto.

La differenza di potenziale elettrico, detta anche *tensione*, è la causa di un altro moto degli elettroni, oltre a quello di agitazione termica, che chiamiamo *moto di deriva*, caratterizzato da una *velocità di deriva* che nei conduttori metallici è dell'ordine di  $10 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$ . Il segnale elettrico, tuttavia, si trasmette quasi istantaneamente, poiché non viene trasportato dagli elettroni, bensì dal campo elettrico.

Si consideri un filo metallico, ai cui estremi venga mantenuta una tensione costante. Dalle considerazioni precedenti, si deduce che il filo viene percorso da un flusso di elettroni, che risalgono il potenziale, ovvero si spostano dal potenziale minore verso il maggiore. Ciononostante, quando nel XIX secolo venne scoperta la corrente elettrica, non si conosceva ancora l'elettrone, pertanto si stabilì che la corrente scorresse dal potenziale maggiore a quello minore e la convenzione è rimasta la stessa. Pertanto a un moto di elettroni in una direzione e un verso corrisponde una corrente elettrica nella stessa direzione, ma nel verso opposto.

La corrente elettrica è il rapporto tra la quantità di carica che attraversa una sezione di un conduttore e il tempo impiegato ad attraversarla.

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Nel Sistema Internazionale di Unità (SI), la corrente elettrica è una grandezza fondamentale e si misura in *ampere* (A). In particolare,  $1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$ .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> C è il simbolo utilizzato per indicare il Coulomb, unità di misura della quantità di carica. 1 C equivale alla carica contenuta in circa  $6.25 \cdot 10^{18}$  elettroni.

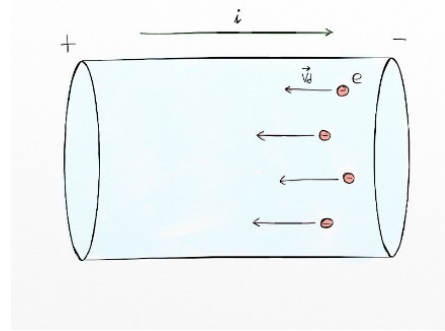


Figura 1: Schema del flusso di elettroni e della corrente in un conduttore.

Una corrente che scorre nello stesso verso con intensità costante nel tempo si definisce *corrente continua*, ma non sempre la corrente è continua. Negli impianti domestici, ad esempio, la corrente è alternata: la sua intensità varia da zero a un massimo, poi di nuovo a zero e il suo verso si inverte in continuazione.

Inoltre la corrente elettrica non scorre attraverso tutti i materiali, ma soltanto attraverso i *conduttori*, come i metalli. Altri materiali, invece, come il legno o la plastica, non consentono il passaggio di corrente, pertanto vengono detti *isolanti*. Oltre a conduttori e isolanti esistono dei materiali dalle proprietà intermedie: i *semiconduttori*, che trovano molte applicazioni in elettronica. Ciò che differenzia a livello microscopico conduttori e isolanti è la forza con cui gli elettroni si legano agli atomi: nei conduttori il legame di alcuni elettroni, detti elettroni di conduzione, è molto debole, quindi ne permette il movimento, mentre negli isolanti il legame è forte e gli elettroni sono vincolati nel loro movimento.

Tuttavia nei conduttori la corrente non scorre sempre con la stessa intensità: essa diminuisce all'aumentare della *resistenza*.

### III. RESISTENZA

Si definisce *resistenza elettrica* di un conduttore il rapporto tra la differenza di potenziale elettrico fra due punti di un conduttore e l'intensità della corrente che lo percorre:

$$R = \frac{\Delta V}{i}$$

La resistenza elettrica è la grandezza che misura la tendenza di un corpo ad opporsi al

passaggio di una corrente elettrica, quando sottoposto ad una tensione. Nel SI l'unità di misura della resistenza è l'*ohm* ( $\Omega$ ).  $1 \Omega = 1 \text{ V A}^{-1}$ .

I conduttori possono essere *ohmici* o meno: un conduttore per essere definito ohmico deve ubbidire alla *prima legge di Ohm*, secondo cui, a una temperatura fissata, la differenza di potenziale tra gli estremi di un conduttore metallico è direttamente proporzionale all'intensità della corrente che lo percorre [1].

$$\Delta V = Ri$$

Si osserva che la resistenza  $R$  di un conduttore ohmico è costante al variare della differenza di potenziale.

Gli elementi di un circuito che soddisfano la prima legge di Ohm si dicono *resistori* [1]. I normali fili elettrici sono conduttori ohmici a bassissima resistenza. Se si collegano due poli di una pila solo con un filo elettrico, senza altri dispositivi, si ha, a causa della resistenza elettrica praticamente nulla, una corrente molto intensa che può bruciare il filo: in questo caso si parla di *corto circuito* [2]. La resistenza dipende dal materiale, dalle dimensioni del conduttore e dalla temperatura a cui è sottoposto.

La *seconda legge di Ohm* stabilisce la dipendenza della resistenza dal materiale e dalle dimensioni del conduttore: a una temperatura fissata, la resistenza  $R$  di un filo conduttore è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo e inversamente proporzionale all'area della sua sezione trasversale.

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

La costante  $\rho$  dipende dal materiale e viene detta *resistività*.

Il valore della resistività dei conduttori dipende dalla temperatura, infatti un aumento di temperatura "amplifica le vibrazioni degli ioni intorno alle loro posizioni di equilibrio e fa aumentare l'agitazione termica degli elettroni di conduzione. Gli urti fra elettroni e ioni diventano più frequenti e ostacolano maggiormente lo scorrere della corrente elettrica" [1]. Nei semiconduttori, invece, la resistività, e di conseguenza la resistenza, diminuiscono all'aumentare della temperatura.



Figura 2: Un termometro elettrico.

La dipendenza della resistività dei conduttori dalla temperatura è sfruttata nei termometri elettrici, poiché al variare della temperatura varia la resistività e, di conseguenza, la corrente che circola in un conduttore. Il termometro legge le variazioni di corrente e fornisce così la misura della temperatura [1].

#### IV. CIRCUITI E RESISTORI.

Un circuito elettrico è un insieme di conduttori attraverso il quale può scorrere una corrente elettrica. Ciò che genera la corrente, come detto in precedenza, è una differenza di potenziale elettrico, che può essere creata da un *generatore* oppure da una *pila*.

L'analisi dei circuiti, ossia la determinazione delle differenze di potenziale e delle correnti elettriche tra diversi punti dei circuiti stessi, avviene sulla base di due teoremi, formulati da Kirchhoff. Il primo, detto *teorema dei nodi*, afferma che la somma delle intensità delle correnti che giungono in un nodo è uguale alla somma delle intensità delle correnti che escono dal nodo. Un *nodo* è un punto di diramazione del circuito e, per convenzione, la corrente entrante ha segno positivo, mentre quella uscente ha segno negativo. Il secondo teorema, detto *teorema della maglia*, stabilisce che sommando algebricamente al potenziale in un punto del circuito tutte le variazioni di potenziale lungo un qualunque percorso, si ottiene di nuovo il primo potenziale. Una *maglia* è un percorso chiuso all'interno di un circuito.

Nei circuiti elettrici si riconoscono diversi elementi. Tra questi è fondamentale il generatore di tensione, come ad esempio la pila, perché permette alla corrente di attraversare il circuito. Altri importanti elementi sono i *resistori*, ossia elementi la cui resisten-

za non è trascurabile e, pertanto, provocano una diminuzione di potenziale elettrico nel circuito.

All'interno dei circuiti complessi, è possibile distinguere due tipi diversi di collegamenti tra resistori: in *serie* o in *parallelo*. Due resistori sono collegati in serie quando sono disposti uno dopo l'altro in modo che vengano attraversati dalla stessa corrente. In questo caso risulta, dalla prima legge di Ohm, che la differenza di potenziale tra due punti, fra i quali si trovino i resistori, è uguale al prodotto della somma delle resistenze dei conduttori per l'intensità della corrente che li attraversa.

$$V_A - V_C = (R_1 + R_2) i$$

È possibile calcolare quanto vale la *resistenza equivalente* di un eventuale resistore unico che generi la stessa diminuzione di tensione. In questo caso tale resistenza è la somma delle due resistenze, mentre per un numero  $n$  di resistori, la resistenza equivalente equivale alla somma di tutte le resistenze.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Alternativamente si può pensare di collegare i resistori in parallelo, ossia su due rami diversi compresi tra gli stessi nodi, in modo che la tensione sia la stessa per entrambi. In questo caso i due rami verranno attraversati da due correnti e, secondo il teorema dei nodi, la somma delle due intensità è uguale all'intensità della corrente entrante nel primo nodo. Ricavando le due intensità dalla prima legge di Ohm è possibile quindi determinare l'intensità della corrente entrante.

$$i = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) (V_A - V_B)$$

Analogamente alle resistenze in parallelo, è possibile individuare una resistenza equivalente, il cui reciproco è uguale alla somma dei reciproci delle  $n$  resistenze collegate.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

## V. POTENZA

La *potenza* di un generatore elettrico è il rapporto tra il lavoro compiuto per spostare una



**Figura 3:** La stufetta elettrica sfrutta l'effetto Joule per produrre calore.

carica da un punto a un altro di un circuito e il tempo impiegato dalla carica per compiere lo spostamento. Viene definita come il prodotto tra la tensione e l'intensità di corrente.

$$P = \Delta V i$$

La sua unità di misura è il Watt (W), in particolare  $1 \text{ W} = 1 \text{ V A}$ .

Immaginiamo di collegare un generatore a un circuito con un resistore. Gli elettroni del resistore tendono ad acquistare energia cinetica, perdendo energia potenziale. Questa si trasforma in energia interna del resistore, la cui temperatura aumenta e pertanto cede calore all'ambiente. Questa trasformazione di energia è nota come *effetto joule*. Un conduttore ohmico assorbe potenza, a causa dell'effetto Joule, in quantità pari al prodotto fra resistenza e quadrato dell'intensità di corrente.

$$P_j = R i^2$$

Dal momento che il calore assorbito dal conduttore viene dissipato nell'ambiente, la potenza assorbita si dice anche *potenza dissipata*. Questo effetto può compromettere il corretto funzionamento di alcuni dispositivi, dal momento che la resistività aumenta con la temperatura, mentre, al contrario, consente l'utilizzo di altri apparecchi, ad esempio le stufette.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Antonio Caforio and Aldo Ferilli. *Fisica! Pensare l'universo*, volume 4. Mondadori Education, Milano, 2015.
- [2] OpenFisica. [http://www.openfisica.com/fisica\\_ipertesto/openfisica4/ohm.php](http://www.openfisica.com/fisica_ipertesto/openfisica4/ohm.php).