

## LA TERMOCOPPIA

Due o più metalli diversi filiformi o a forma di barrette costituiscono una catena aperta di conduttori quando un estremo del primo è saldato ad un estremo del secondo, il secondo estremo del secondo è saldato al primo estremo del terzo e così via.

Agli estremi di una catena di conduttori aperta e isoterma si stabilisce una differenza di potenziale che non dipende dalla forma, dalla estensione delle superfici a contatto ma esclusivamente dai due metalli che si trovano all'inizio e alla fine della catena.

In una catena isoterma e chiusa, invece, non si ha una forza elettromotrice risultante perché essa è equivalente ad una catena aperta con gli estremi costituiti dallo stesso metallo.

Gli studi sui potenziali di contatto hanno avuto origine dalle osservazioni di Galvani ma, come è noto, è Volta che enunciò le leggi e costruì la pila; il fenomeno, infatti, è chiamato **effetto Volta**.

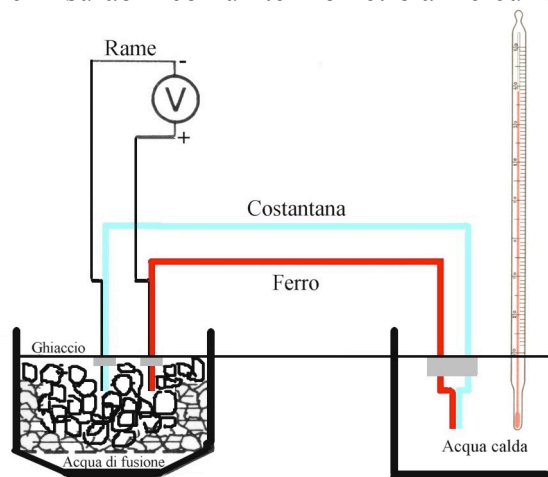
Altri studiosi hanno effettuato le ricerche sui potenziali di contatto e sono stati scoperti i fenomeni noti come effetto Seebeck (1823), effetto Peltier (1834) ed effetto Thomson.



T.J. Seebeck

Con le termocoppie bismuto/antimonio è stata costruita da Nobili la famosa **pila termoelettrica** utilizzata soprattutto per la misura dell'energia radiante e per la misura delle alte temperature. Essa è costruita con un numero sufficiente di termocoppie antimonio/bismuto, la metà delle saldature sono annerite, per es. quelle dispari, e sono esposte verso la sorgente di radiazione mentre le altre no: una minima differenza di temperatura è in grado di generare una f.e.m. termoelettrica misurabile.

La taratura di una termocoppia può essere effettuata mantenendo una saldatura immersa nel ghiaccio fondente e l'altra a temperature misurabili con un termometro a mercurio o equivalente.



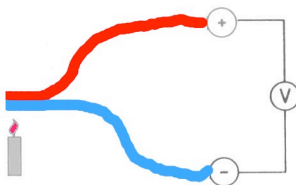
Taratura di una termocoppia

L'effetto Volta si spiega con la teoria elettronica: un metallo può essere rappresentato come uno spazio limitato dove esistono elettroni liberi e ioni "fissi". Gli elettroni devono essere estratti dagli atomi e il lavoro di estrazione varia con la natura dei metalli.

Il contatto di metalli diversi favorisce lo scambio di elettroni, ma questi tendono a passare dal metallo che ha lavoro di estrazione minore a quello che ha lavoro di estrazione maggiore fino a quando non si raggiunge l'equilibrio favorito dal campo elettrico che si è generato; questo, infatti, impedisce via via che il numero di elettroni in eccesso in un metallo aumenti ulteriormente. Un metallo ha elettroni in eccesso e l'altro in difetto, il primo è carico negativamente e il secondo positivamente.

### Effetto Seebeck

L'esperienza dimostra che in una catena chiusa non isoterma si genera una forza elettromotrice termoelettrica e quindi una corrente termoelettrica. Un apparecchio che permette di effettuare l'esperienza è presente in molti laboratori di fisica; esso è costituito da due metalli diversi saldati alle due estremità in modo da formare un rettangolo e internamente ad esso è sospeso un aghetto magnetico; una delle due saldature è scaldata mentre l'altra rimane a temperatura ambiente.



Termocoppia



Termocoppia con ago magnetico

L'aghetto magnetico e il piano individuato dai due metalli sono disposti nel piano del meridiano magnetico. Quando si scalda una saldatura si genera una corrente che viene rivelata dalla deviazione dell'ago magnetico.

Sono state studiate molte coppie di metalli i quali sono stati ordinati in una serie o scala termoelettrica crescente rispetto alle f.e.m. che i metalli generano in coppia con il piombo: la coppia migliore è costituita dai metalli antimonio/bismuto. In particolare, l'antimonio e il bismuto danno f.e.m. rispettivamente positiva (+23) e negativa (-89) rispetto al piombo e costituiscono gli estremi della scala termoelettrica data da Becquerel. I valori riportati delle f.e.m. sono in  $\mu\text{V}$ , sono ottenuti per la differenza di temperatura di 1K, tra 292,64K e 293,64K, sono noti come **potere termoelettrico**  $\alpha_s$  del metallo rispetto al piombo alla temperatura media 293,14K.

Il verso della corrente termoelettrica, con riferimento alla coppia antimonio/bismuto, è quello di un punto che si muove dalla saldatura calda a quella fredda nel bismuto e viceversa nell'antimonio.

La f.e.m. termoelettrica cresce con la differenza di temperatura delle due saldature per alcune coppie di metalli ma nella maggior parte dei casi si raggiunge un massimo, poi decresce, si annulla e cambia segno. Questo risultato sperimentale è noto come fenomeno d'inversione della corrente termoelettrica ed è stato scoperto da Cumming.

$$(f.e.m.)_{\text{Seebeck}} = \alpha_s \cdot (T_c - T_f)$$

quest'ultima deve essere sostituita con la seguente per tener conto delle osservazioni di Cumming:

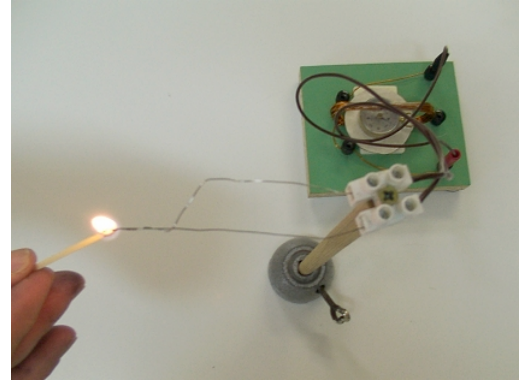
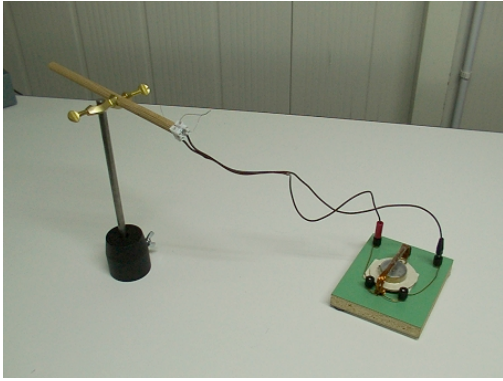
$$(f.e.m.)_{\text{Seebeck}} = \alpha_s \cdot (T_c - T_f)$$

Nel caso della coppia ferro /rame si ha il ferro positivo se  $T_c$  e  $T_f$  sono inferiori a  $275^\circ\text{C}$  e viceversa se le temperature superano entrambe  $275^\circ\text{C}$ .

L'effetto Seebeck si manifesta anche quando un filo conduttore con asimmetrie (per es. nodi), costituito da un unico metallo, è collegato ad un galvanometro e riscaldato in un punto. La f.e.m. in quest'ultimo caso deve essere amplificata.

## Esperimento

Si costruisce una termocoppia con due fili di metalli diversi facilmente reperibili, per es. rame e ferro, con due cavetti si collegano ad un multimetro digitale (il costo è qualche euro) e con un fiammifero si scalda il punto di contatto dei metalli, noto come saldatura ma in realtà è sufficiente avvolgerli. Si misura qualitativamente la differenza di potenziale e l'intensità della corrente.



Successivamente si costruiscono due termocoppie e si dispongono come nella figura “Taratura di una termocoppia”.

I metalli di una “saldatura” in realtà non sono a contatto ma si trovano alla stessa temperatura,  $0^{\circ}\text{C}$ , in un recipiente contenente ghiaccio triturato (ghiaccio fondente), l'altra in un recipiente contenente acqua calda e un termometro.

La differenza di potenziale agli estremi dei due metalli posti nel ghiaccio dipende dalla differenza di temperatura esistente tra le due saldature.

Si può costruire un grafico.