

La corrente elettrica nei metalli. Aspetti essenziali

Il moto di un elettrone soggetto alla sola forza elettrica è uniformemente accelerato; la sua accelerazione è

$$a = \frac{eE}{m_e}$$

dove e è la carica elettrica dell'elettrone ed m_e la sua massa come si può ricavare dalla seconda legge della Dinamica.

Se gli elettroni dentro un metallo fossero sottoposti alla sola forza¹ costante derivante dalla presenza di un campo elettrico uniforme, dovremmo rilevare una quantità di carica via via crescente che attraversa una determinata sezione di conduttore in uno stesso intervallo di tempo Δt . Dovremmo rilevare una corrente elettrica la cui intensità cresce linearmente nel tempo. I fatti sperimentali ci mostrano che ciò non avviene e che se immergiamo un solido cilindrico conduttore in un campo elettrico mantenuto uniforme nel corso del tempo, si misura una corrente elettrica di intensità costante.

Un modello proposto per spiegare i fatti sperimentali è quello di Drude (1900). In questo modello si ipotizza che ogni elettrone dentro il metallo si muova con moto uniformemente accelerato limitatamente ad un intervallo di tempo caratteristico τ che separa un urto dell'elettrone dall'urto successivo con gli ioni positivi del reticolo cristallino del metallo. Gli urti sono completamente anelastici, l'elettrone cede tutta la sua energia cinetica accumulata nell'intervallo di tempo τ allo ione del reticolo cristallino e dopo un urto la sua velocità torna ad essere nulla.

Lo sviluppo di questo modello, costruito attraverso una velocità di deriva \bar{v} costante nel tempo ottenuta attraverso la media temporale della velocità dell'elettrone, periodica di periodo τ e avente valor massimo $v_{\max} = a \tau$, conduce ad una relazione locale tra la densità di corrente elettrica \vec{j} e il campo elettrico \vec{E} :

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

dove \vec{j} , la densità di corrente elettrica, è la carica che attraversa una sezione di area unitaria di conduttore nell'unità di tempo e σ è una costante propria del metallo chiamata conducibilità; la conducibilità indica l'attitudine del metallo a farsi attraversare da una corrente elettrica una volta che viene immerso in un campo uniforme; un metallo ha un valore di conducibilità più alto rispetto ad un altro se, a parità di campo applicato, viene attraversato da una densità di corrente elettrica di valore più grande. La relazione, essendo locale, è del tutto generale e ha validità anche per campi non uniformi. La relazione ci dice che il campo elettrico presente

¹ In presenza di urti, come nel modello di seguito descritto, l'altra forza che agisce sull'elettrone è quella esercitata dallo ione urtato negli istanti di tempo in cui avviene l'urto anelastico; l'intervallo di tempo in cui si ha l'urto è molto più piccolo di τ .

dentro un metallo, se costante nel tempo, produce una densità di corrente anch'essa costante nel tempo e non crescente in modo lineare con il tempo.

Si può mostrare che la costante σ è data da:

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{e^2 \tau n}{m_e}$$

dove n è il numero di elettroni per unità di volume (unità di misura nel S.I.: m^{-3}) ricavabile dalla densità di massa del metallo e dalla valenza chimica che ci fornisce il numero di elettroni di conduzione per ogni atomo:

$$n = \frac{1}{2} \frac{\text{densità} \cdot 10^3}{\text{massa atomica}} N_A$$

Si indica con $\rho = \frac{1}{\sigma}$, reciproco della conducibilità, la resistività del metallo. la resistività indica l'attitudine ad opporsi al passaggio di corrente elettrica. Dalla misura macroscopica della grandezza fisica ρ ottenuta in modo indiretto tramite misure di d.d.p., intensità di corrente elettrica e conoscendo la geometria del solido cilindrico in esame nonché la sua densità e la sua valenza chimica, si può ricavare una stima del parametro microscopico τ .

Si può calcolare l'energia cinetica ceduta al reticolo durante gli urti per unità di tempo e calcolare quindi la potenza dissipata in calore per gli urti con gli ioni del reticolo (effetto Joule).

Si trova che la potenza erogata dal generatore di tensione, che mantiene costante il campo elettrico all'interno del metallo, è convertita in calore. Il modello fornisce la relazione

$$P = \sigma E^2$$

Le leggi di Ohm si ricavano a partire dalla relazione $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ scritta nella forma equivalente $\vec{E} = \rho \vec{j}$.

Si considera un cilindro conduttore di area di base A , altezza L , e resistività ρ immerso in un campo elettrico mantenuto costante collegando un generatore di tensione (ad es. una pila) alle due basi del cilindro; in questo modo la d.d.p. ha un andamento lineare rispetto alla coordinata lungo l'altezza L del conduttore e si ha la relazione

$$\Delta V = E L$$

Considerando che

$$j = \frac{I}{A}$$

dove I è la corrente elettrica che scorre nel conduttore, si ha la relazione:

$$\Delta V = \rho \frac{L}{A} I$$

Da cui la 1 legge di Ohm:

$$\Delta V = R I$$

e la 2nda Legge di Ohm:

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

dove R è la resistenza elettrica del conduttore.