

**(1) Corrente elettrica e velocità di conduzione degli elettroni liberi**

In un conduttore (cilindrico) di sezione A circola una corrente elettrica di intensità  $i$ .

$$[1] \quad i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{n \cdot e \cdot A \cdot \Delta x}{\Delta t} = n \cdot e \cdot A \cdot v_d$$

Essendo “ $n$ ” il numero degli elettroni di conduzione (elettroni Drift) per unità di volume, “ $e$ ” la carica (in modulo) dell’elettrone, “ $v_d$ ” la velocità drift, cioè di conduzione (da non confondere con la velocità di agitazione termica, velocità quadratica media che è, a temperatura ambiente, di gran lunga maggiore, dell’ordine di migliaia di m/s). In un filo di rame il numero  $n$  degli elettronici conduzione è all’incirca uguale al numero di atomi per unità di volume. Essendo il peso atomico  $A = 63,5$  e la densità  $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$ , il volume occupato da una mole è  $V = 6,5/8,9 = \sim 7 \text{ cm}^3$  e quindi  $n = \sim (1/7) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = \sim 10^{23} \text{ atomi/cm}^3 = 10^{29} \text{ atomi/m}^3$ . Perciò

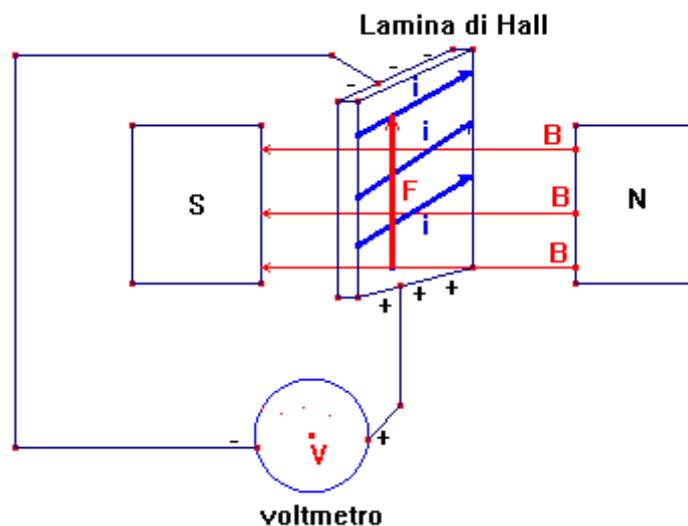
$$[2] \quad i = 10^{29} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot S \cdot v_d = 1,6 \cdot 10^{10} S \cdot v_d$$

Facendo un esempio tipico:  $A = 1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$  ed  $i = 1 \text{ A}$  (Ampère), otteniamo

$$v_d \approx \frac{1}{1,6 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-6}} = \sim 0,6 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}, \text{ circa } 6 \text{ centesimi di mm/s.}$$

Tale velocità, come pure il numero di portatori di carica per unità di volume e il loro segno, si possono determinare sperimentalmente sfruttando l’effetto Hall.

**(2) Effetto Hall**



L'effetto Hall è la formazione di una differenza di potenziale, detto **potenziale di Hall**, sulle facce opposte di un conduttore elettrico dovuta a un campo magnetico perpendicolare alla corrente elettrica che scorre in esso. L'effetto prende il nome dal fisico Edwin Hall che per primo lo scoprì nel 1879.

L'elemento di Hall è formato da una striscia di materiale che può condurre elettricità, di solito un metallo conduttore o un semiconduttore. Come forma fisica si usa una striscia (lamina) perché ha due dimensioni, lo spessore è trascurabile rispetto alle altre due. In questo materiale viene fatta scorrere una corrente applicando una batteria ai suoi capi. Nei conduttori gli elettroni si muovono dal polo negativo a quello positivo della batteria. Il magnete crea un campo magnetico  $B$  che va dal polo Nord al polo Sud dello stesso magnete. L'elemento di Hall è immerso in questo campo magnetico.

Gli elettroni di conduzione si muovono e risentono del campo magnetico: su di loro agisce la forza di Lorenz:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}, \text{ dove:}$$

- $q$  è la carica dell'elettrone pari a  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C.
- $v$  è la velocità dell'elettrone e  $B$  è il campo magnetico.

I vettori  $F$ ,  $v$  e  $B$  formano una terna destrorsa. Il pollice (ad angolo retto con le 4 dita della mano destra) rappresenta la direzione della corrente, le dita rappresentano la direzione del campo  $B$ , il palmo della mano rappresenta direzione e verso della forza  $F$ . Per come sono disposti la batteria ed il magnete, (vedi figura), le cariche di conduzione subiscono una forza di Lorenz diretta verso l'alto. Misurando con un voltmetro la tensione che c'è fra le zone in alto ed in basso dell'elemento di Hall, si nota che in alto c'è una carica negativa, dunque i portatori sono negativi (elettroni). La differenza di potenziale misurata fra la parte alta e quella bassa si chiama: tensione di Hall.

Se la corrente fosse trasportata da cariche positive, in alto ci sarebbe un accumulo di cariche positive.

Dopo un tempo transiente, a regime si ha un equilibrio delle forze fra il campo elettrico longitudinale, quello che crea la tensione di Hall, e la forza di Lorenz. Ovvero:

$$qE = qv_d B, \text{ dove:}$$

- $q$  è la carica dell'elettrone,
- $E$  è il modulo del campo elettrico,
- $B$  è il modulo del campo magnetico,
- $v_d$  è la velocità degli elettroni, detta velocità di drift. (trascinamento o conduzione).

Detta  $d$  la larghezza della lamina, la tensione di Hall è  $V = Ed$ . Troviamo  $E$ , si ricava la velocità di conduzione delle cariche elettriche. Infine, dalla [1] possiamo determinare anche il numero di cariche elettriche di conduzione per unità di volume. Infatti:

$$n = \frac{i}{qv_d A}$$

Si trova così che per un conduttore di rame ogni atomo contribuisce alla conducibilità in media con un elettrone, l'argento con 1,3 elettroni per atomo.

Sperimentalmente si osserva, misurando la tensione di Hall, che in un conduttore metallico le cariche in movimento sono gli elettroni, come anche in un semiconduttore drogato tipo  $n$  (negativo: per esempio silicio drogato con arsenico). In un semiconduttore drogato  $p$  (positivo: per esempio silicio drogato con gallio) le cariche in moto sono quelle positive, dette lacune. Nei semiconduttori puri sono coinvolti nella conduzione elettrica sia lacune che elettroni.

### Sensore per l'effetto Hall.

Fra la corrente che circola nell'elemento di Hall e la tensione di Hall misurata esiste un certo legame, questo permette di creare dei resistori di precisione.