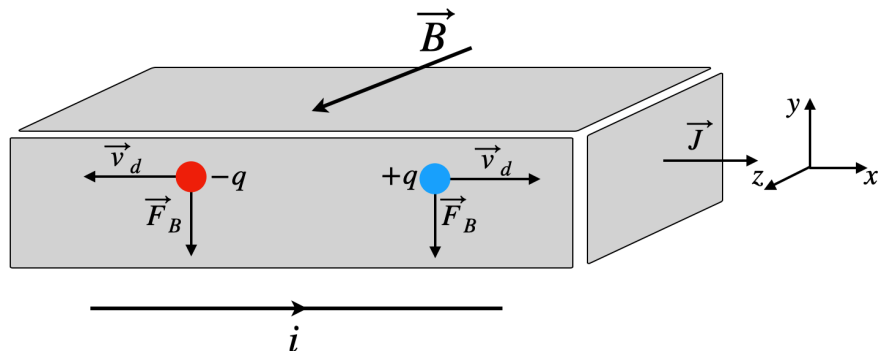


Effetto Hall

Consideriamo un conduttore a forma di nastro (sezione rettangolare, così che un tratto di conduttore è un parallelepipedo:

Scegliamo un asse x orientato come il conduttore, sul quale scorre una corrente i nella direzione positiva di tale asse. La densità di corrente \vec{J} all'interno del conduttore è quindi un vettore con stessa direzione e verso dell'asse x .



Supponiamo sia presente un campo magnetico \vec{B} uniforme e diretto ortogonalmente alla corrente, come l'asse z mostrato in figura.

La corrente i che scorre nel conduttore può essere dovuta a cariche positive che si muovono nella direzione positiva dell'asse x , o a cariche negative che si muovono nella direzione negativa dell'asse x , o a una combinazione delle due situazioni. In figura sono simbolicamente mostrate due cariche $+q$ e $-q$, ciascuna con la sua velocità \vec{v}_d orientata opportunamente.

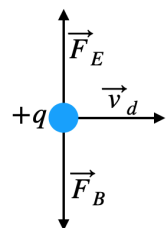
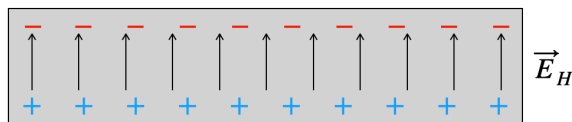
Ora vediamo la forza di Lorentz agente sulla carica positiva: verificando il risultato del prodotto vettoriale, si ottiene una forza diretta come $-y$ ("verso il basso" in figura, indicata con \vec{F}_B)

Quindi mantenendo una corrente nel conduttore, le cariche positive tendono ad accumularsi verso il lato inferiore in figura. Visto che qualunque tratto di conduttore è complessivamente neutro, ci sarà una corrispondente carica negativa che resta sul lato superiore. Questa separazione di cariche genera un campo elettrico all'interno del conduttore:

Dato che le cariche non possono spostarsi indefinitamente lungo y , si creerà una condizione di equilibrio tale che il campo elettrico prodotto dalla separazione di cariche produrrà sui portatori una forza uguale e opposta alla forza di Lorentz dovuta al campo magnetico.

Quanto varrà il campo elettrico in questa situazione di equilibrio? Di fatto si è realizzato un selettore di velocità, e il campo elettrico avrà il valore "giusto" per consentire il moto dei portatori lungo l'asse x con velocità di modulo v_d :

$$qv_d B = qE_H \implies v_d = \frac{E_H}{B}$$



Ora notiamo che se consideriamo i portatori di carica negativa che si muovono come $-x$, la forza di Lorentz è comunque rivolta verso il basso. Si crea quindi, dal punto della separazione di cariche e del campo elettrico risultante, una situazione opposta a quella appena descritta per portatori di carica positivi: la separazione di carica produce un accumulo di cariche negative sul lato "inferiore" del conduttore e di cariche positive sul lato "superiore", e il campo elettrico di Hall ha verso opposto al precedente, dall'alto verso il basso.

Realizzando sperimentalmente questa situazione, è possibile misurare la differenza di potenziale tra le facce superiore e inferiore del conduttore, e osservandone il segno, capire se i portatori di

carica nel conduttore siano di tipo positivo o negativo. Si ottiene sperimentalmente che i portatori di carica sono negativi: sono gli elettroni.

Ora, dato che

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d \quad \text{e} \quad E_H = v_d B$$

abbiamo che

$$E_H = \frac{JB}{nq}$$

Cioè il campo di Hall E_H è proporzionale a JB . Più esattamente, tenendo conto di possibili direzioni di \vec{J} e \vec{B} diverse da quelle utilizzate, è vero che, con gli assi scelti come in figura e con l'asse x determinato da direzione e verso della corrente,

$$E_H \propto J_x B_z$$

Si introduce quindi la costante di proporzionalità R_H , detta *coefficiente di Hall*, che risulta

$$R_H = \frac{E_H}{JB} = \frac{1}{nq}$$

Il coefficiente di Hall è sperimentalmente interessante. Essendo pari a $\frac{1}{nq}$, con n la densità dei portatori di carica e q il valore della loro carica, dipende intrinsecamente dal materiale considerato. Avremo un R_H per il rame, per l'alluminio, per l'argento e così via. Viceversa, essendo pari a $\frac{E_H}{JB}$, può essere determinato da quantità macroscopiche e sperimentalmente misurabili con una certa facilità. Sapendo che $q = e$ (i portatori sono elettroni), la misura di R_H per un materiale corrisponde ad una misura di n , la concentrazione dei portatori di carica.

Infine, una volta determinato il coefficiente di Hall R_H per un materiale, è possibile realizzare un dispositivo utile alla misura dell'intensità del campo magnetico, detto sonda di Hall: facendo scorrere una corrente nota in un campione di materiale e misurando la differenza di potenziale tra le facce del campione, si ottiene una misura del campo elettrico generato per effetto Hall all'interno del materiale e quindi una stima dell'intensità del campo magnetico.

Riassumendo, l'effetto Hall produce tre importanti conseguenze sperimentali:

- 1) Consente di determinare il segno dei portatori di carica in un conduttore;
- 2) Consente di determinare il prodotto nq per mezzo di misure di quantità microscopiche; in particolare, una volta noto che la carica dei portatori è $-e$, consente di determinare la densità dei portatori di carica n in un campione di materiale;
- 3) Consente di realizzare operativamente un dispositivo per la misura dell'intensità del campo magnetico (sonda di Hall).