

Come mai a un campo elettrico costante, in un conduttore, corrisponde una velocità media costante delle cariche e non un'accelerazione costante (come farebbe pensare il secondo principio della dinamica)?

Innanzitutto, trattandosi di un conduttore metallico, i portatori di carica risultano essere gli elettroni e pertanto a questi si farà riferimento.

In un conduttore metallico gli elettroni che occupano i livelli energetici più esterni risultano debolmente legati ai rispettivi nuclei dell'atomo e sono pertanto sostanzialmente liberi di muoversi.

Tali elettroni, in assenza di campo elettrico, possono pensarsi in moto all'interno del conduttore in modo casuale proprio come accade per le molecole di un gas e questo moto casuale (agitazione termica) è correlato alla temperatura del conduttore.

Tali elettroni sono sottoposti a frequenti collisioni con gli atomi del metallo ed il risultato è un moto complicato a zig-zag.

Un elettrone **libero** in presenza di un campo elettrico E risente di una forza $e \cdot E$ che produce un'accelerazione costante $a = \frac{e \cdot E}{m_e}$. Se questa fosse l'unica forza agente la

velocità media di migrazione, altrimenti detta velocità di deriva v_D , dovrebbe aumentare costantemente e linearmente con il tempo.

In realtà, nel modello microscopico, si assume che l'elettrone venga accelerato dal campo per un breve intervallo di tempo e che quindi urti con uno ione o un atomo del reticolo. La velocità dell'elettrone dopo l'urto è completamente scorrelata dal valore della velocità di deriva v_D .

In termini energetici nel sistema costituito dagli elettroni liberi, dagli atomi del metallo e dal campo elettrico (creato da una sorgente esterna) il lavoro svolto dal campo sugli elettroni si trasforma in energia cinetica degli elettroni i quali urtando gli atomi del metallo ne trasferiscono una parte agli atomi stessi aumentando l'energia interna del sistema.

In sintesi potremmo pensare che l'effetto complessivo di tali urti sia equivalente in media ad una forza resistente proporzionale alla velocità istantanea dell'elettrone, in grado di controbilanciare l'effetto del campo e di garantire una condizione di regime di tipo stazionario.

Costruiamo allora un modello strutturale che consenta di mettere in relazione la corrente macroscopica con l'origine microscopica della corrente.

Consideriamo, a livello microscopico, degli elettroni che si muovono in un conduttore cilindrico di sezione trasversale S . Il volume di un elemento di conduttore di lunghezza Δx è dato da $S \cdot \Delta x$. Se n_e è il numero degli elettroni mobili per unità di volume allora il numero di portatori nell'elemento di volume è $S \cdot \Delta x$ dato da $n_e \cdot S \cdot \Delta x$. Pertanto la carica mobile Δq in questo elemento di volume è data da: $\Delta q = n_e \cdot e \cdot S \cdot \Delta x$ dove e è la carica di un elettrone.

Se gli elettroni si muovono lungo la direzione del conduttore con velocità media costante v_D , la distanza che essi percorrono nell'intervallo di tempo Δt è data da $\Delta x = v_D \cdot \Delta t$.

La carica mobile Δq può essere allora scritta come $\Delta q = n_e \cdot e \cdot S \cdot v_D \cdot \Delta t$ e dividendo primo

e secondo termine per Δt si ottiene la corrente media: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = n_e \cdot e \cdot S \cdot v_D$

Ancora, a livello macroscopico, ricordando le leggi di Ohm $V = R \cdot I$ e $\rho = \frac{L}{S}$ ed osservando che $V = E \cdot L$ (dove L rappresenta la lunghezza del conduttore), l'intensità di corrente elettrica può essere espressa nel modo seguente:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{E \cdot L}{\rho \cdot \frac{L}{S}} = \frac{E \cdot S}{\rho}$$

Pertanto, confrontando le due espressioni, microscopica e macroscopica, ricavate per la corrente si ha:

$$n_e \cdot e \cdot S \cdot v_D = \frac{E \cdot S}{\rho} \Rightarrow \rho = \frac{E}{n_e \cdot e \cdot v_D}$$

Poiché ρ è indipendente dal campo elettrico, quest'ultima equazione richiede che:

la velocità di deriva degli elettroni v_D risulta costante e direttamente proporzionale all'intensità E del campo elettrico.