

D: Un filo percorso da corrente elettrica genera un campo magnetico (Ørsted, 1820). Viceversa, un campo magnetico può generare una corrente (Faraday, 1831). Chiarisci in quali modi è possibile generare una corrente indotta e a quali conclusioni è giunto Faraday. Motiva infine perché il fenomeno dell'induzione è stata scoperta più di dieci anni dopo la scoperta di Ørsted.

R: I modi con i quali è possibile generare una corrente indotta sono molteplici e si possono classificare in tre casi:

- Muovendo una spira a velocità costante in modo da farla entrare o uscire in una zona in cui è presente un campo magnetico costante e uniforme non perpendicolare alla normale alla superficie della spira.
- Facendo ruotare una spira immersa in un campo magnetico costante e uniforme in modo che l'asse di rotazione non sia parallelo al campo magnetico.
- Immergendo una spira in una zona dove il campo magnetico è variabile nel tempo.

Nei primi due casi è possibile spiegare la presenza di una corrente indotta utilizzando la forza di Lorentz e tenendo conto del moto relativo della spira. Nel terzo caso questo non è possibile e ciò ha portato Faraday a esplicitare la legge che porta il suo nome: $fem = \Delta\phi_B / \Delta t$, ovvero la corrente indotta è dovuta alla variazione del flusso del campo magnetico ($\phi_B = B \cdot S \cdot \cos\vartheta$; S varia nel primo caso, ϑ nel secondo e B nel terzo) in un certo intervallo di tempo Δt .

Le correnti indotte solitamente sono di bassa intensità e di piccola durata; la loro presenza era già nota prima degli esperimenti di Faraday ma veniva considerata come una conseguenza della bassa tecnologia disponibile nei primi anni venti dell'800.

D: La Legge di Faraday non è completa, nel senso che non tiene conto di tutti i fattori correlati con il fenomeno che descrive. Altri due fisici, Neumann e Lenz, hanno contribuito in modo decisivo a completare tale legge. Una volta chiarito i contributi dei due scienziati e le conclusioni che sono giunti in merito, illustra le conseguenze del loro lavoro, semmai riportando degli esempi o delle applicazioni.

R: La Legge di Faraday afferma che la variazione del flusso magnetico $\Delta\phi_B$ in un intervallo di tempo Δt genera una forza elettromotrice indotta. In formula: $fem = \Delta\phi_B / \Delta t$. Da tale legge,

utilizzando la I Legge di Ohm, si può ottenere l'espressione della corrente indotta: $i = \frac{1}{R} \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$.

Tale legge non tiene però conto del verso della corrente indotta, il quale è stato determinato dal fisico russo Lenz: il verso della corrente indotta è tale da generare un campo magnetico che si

oppone alla variazione di flusso che l'ha generata. In formule: $i = -\frac{1}{R} \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$. Se così non fosse infatti

ci sarebbe la violazione del Principio di conservazione dell'energia. Per esempio considero un circuito di forma rettangolare con un lato mobile e immerso in un campo magnetico trasversale \vec{B} . Se la corrente indotta avesse un verso tale da generare un campo magnetico solidale a \vec{B} , il lato mobile aumenterebbe "gratuitamente" la propria energia cinetica, ovvero si creerebbe energia dal nulla.

La Legge di Faraday-Lenz trova molte applicazioni, tra le quali il freno elettromagnetico, che sfrutta le correnti parassite per il suo funzionamento, eliminando il problema dell'attrito meccanico. Un altro esempio è la cyclette, per variare la pendenza virtuale sfrutta la presenza delle correnti parassite.

La Legge di Faraday non tiene neanche conto del fatto che se c'è una fem indotta, necessariamente dev'essere presente un campo elettrico indotto \vec{E}_i , visto che è proprio la presenza di un campo elettrico che motiva un movimento di cariche. Neumann dedusse che questa fem indotta rappresenta la circuitazione del campo elettrico indotto; in formule: $\Delta\phi_B / \Delta t = \sum \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{s}$. Per esempio considero due spire circolari parallele di raggio r e nella prima faccio variare l'intensità di corrente che l'attraversa. Si genera un campo magnetico variabile che si concatena con la seconda spira, nella quale quindi circolerà una corrente indotta. Poiché $L = F \cdot s = eE \cdot 2\pi r$ e $L = e \cdot fem$, uguagliando le due espressioni si ottiene quanto cercato.

Le conseguenze della Legge di Faraday-Neumann sono perlopiù teoriche: poiché il campo elettrico indotto non è, in generale, nullo, esso non è conservativo e quindi non è possibile definire la funzione potenziale indotto.