

L'Induzione Elettromagnetica

Fabio Bevilacqua

Dipartimento di Fisica "A. Volta"

Università di Pavia



Il fenomeno

- *Uno straordinario fenomeno avviene quando un filo conduttore è mosso in vicinanza di un magnete: una corrente si produce nel filo. E' ancora più straordinario il fatto che si produce la stessa corrente se è mosso il magnete in vicinanza del filo con velocità uguale ed opposta.*



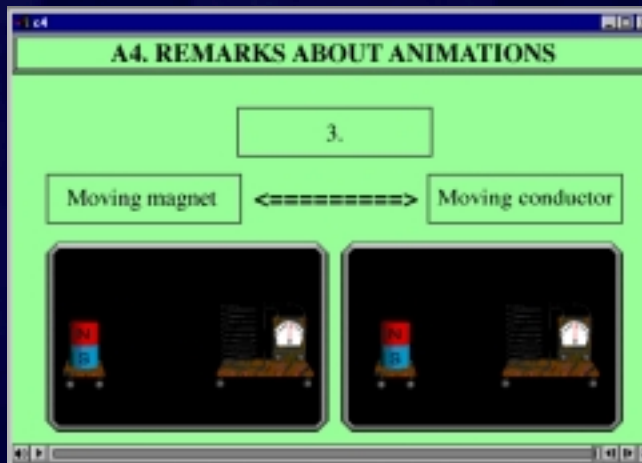
Il moto relativo

- *L'intensità della corrente dipende dalla velocità ed il fenomeno non può essere spiegato dalla legge di Coulomb per l'elettrostatica, dove le forze istantanee a distanza dipendono solo dalle posizioni: sembra dipendere solo dal moto relativo tra filo conduttore e magnete.*



Induzione

- *Conduttori e conduttori percorsi da corrente in moto relativo:*
- *Variazioni di corrente:*
- *Commenti:*

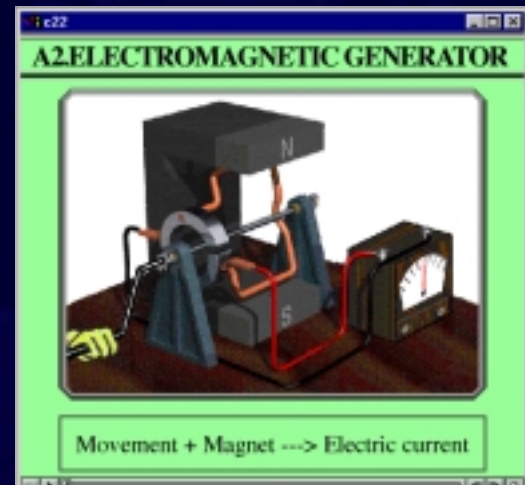
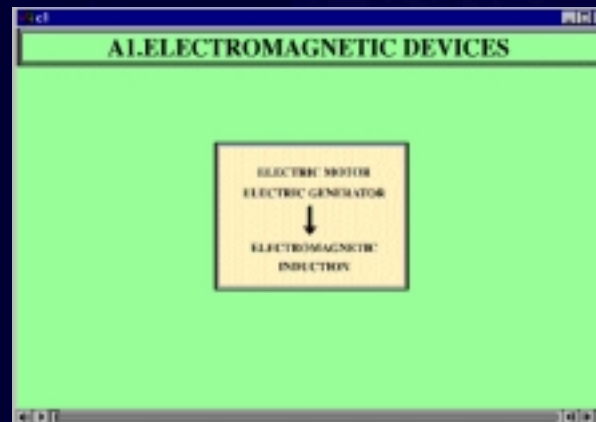


Applicazioni

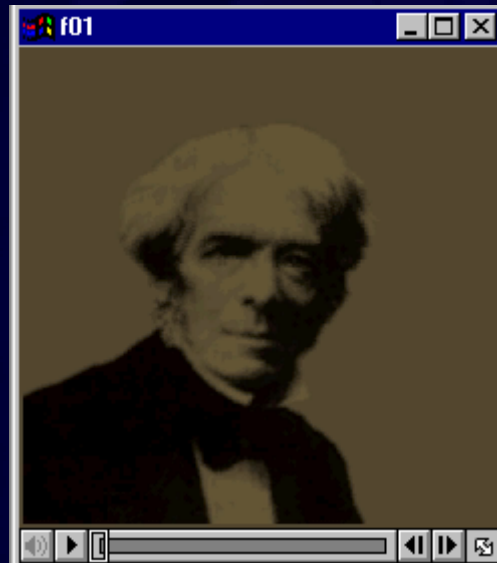
- *A Faraday, che lo scoprì nel 1831, fu chiesto: “A cosa servirà?” “ Non lo so” fu la risposta “ma sicuramente qualcuno ci metterà una tassa!”. Fu buon profeta: i fenomeni d’induzione sono alla base della produzione (generatori), distribuzione (trasformatori) e utilizzo (motori) della corrente elettrica e quindi alla base di molti dispositivi che sono utilizzati nella vita quotidiana.*



Prodotti



Come spiegarli?



Faraday: le linee di forza

- *Un primo geniale tentativo fu fatto dallo stesso Faraday che, opponendosi alle forze istantanee a distanza, e dipendenti solo dalla distanza, di tipo newtoniano-coulombiano, introdusse il concetto di linee di forza che si stabiliscono nello spazio intorno ai magneti. Il taglio di queste linee da parte del conduttore produce la corrente: maggiore la velocità, maggiore il numero di linee tagliate, maggiore la corrente.*



Faraday: spiegazione relativistica

- *La spiegazione è relativistica come il fenomeno: se si muove il magnete con velocità uguale ed opposta rispetto al conduttore il numero di linee tagliate è lo stesso.*



Maxwell: la variazione di flusso

- *Un secondo importante tentativo di spiegazione fu fatto da Maxwell. Mentre alcuni sostenitori del programma newtoniano-coulombiano introducevano forze dipendenti dalla velocità (Weber), Maxwell ricondusse tutti i fenomeni d'induzione ad una regola: la variazione nel tempo del flusso magnetico produce una forza elettromotrice nel circuito, che a sua volta genera una corrente.*



Maxwell: l'etere

- *Quindi sia la variazione del numero delle linee d'induzione, che della forma del circuito, che della posizione relativa del circuito e del conduttore erano ricondotte ad una regola aurea unitaria. Questa regola è ancora oggi valida.*



Maxwell: modifica le idee di Faraday

Maxwell spesso è considerato il matematizzatore delle idee di Faraday. Ma a guardare bene Maxwell introdusse delle idee molto diverse da quelle di Faraday. Egli, infatti, a differenza di Faraday, credeva in un riferimento privilegiato: l'etere, e quindi spiegava la legge del flusso in modo diverso a seconda che sia il magnete a muoversi (o a variare d'intensità) o il circuito.



Maxwell: le asimmetrie

- *Nel primo caso le famose equazioni di Maxwell affermano che la variazione del “campo” magnetico produce un campo elettrico che a sua volta produce la corrente nel circuito; nel secondo caso la velocità rispetto all’etere del circuito interagendo con il “campo” magnetico produce una forza che genera la corrente senza la produzione di un campo elettrico. Mentre resisteva la simmetria del fenomeno, la spiegazione diventava asimmetrica, non relativistica.*



Maxwell: la propagazione contigua

- *Le novità introdotte da Maxwell furono in ogni caso notevolissime: sia il concetto di “campo” che l’ipotesi di una propagazione nel tempo e nello spazio delle interazioni elettromagnetiche (“radiazione” dovuta alla cosiddetta “corrente di spostamento”) avrebbero modificato completamente la fisica.*



Maxwell: il meccanicismo

- *E' interessante pero' notare le origini meccaniche delle idee elettromagnetiche di Maxwell: "Campo" per lui è un'effettiva regione dello spazio (come nell'espressione "campo di grano"); "spostamento" è un effettivo spostamento di cariche nella struttura dell'etere ("polarizzazione").*



Lorentz: propagazione nel vuoto

- *Toccò ad uno scienziato olandese, Lorentz, modificare le idee di Maxwell: il riferimento privilegiato, l'etere, rimane, ma perde le sue caratteristiche meccanico-materiali: diventa uno spazio vuoto. I campi non sono più zone dell'etere ma effettive entità fisiche che si propagano con la velocità' della luce nello spazio vuoto. I campi sono prodotti dai movimenti delle loro sorgenti, le cariche, e producono a loro volta i loro effetti spostando queste cariche elementari, "gli elettroni".*



Lorentz: cariche e campi

- *La “Teoria degli elettroni” di Lorentz sintetizza le idee di Maxwell (campi) con quelle di Weber (forze che dipendono dalla velocità): il risultato più famoso è la formula di Lorentz che dà una spiegazione brillante, ma sempre asimmetrica come quella di Maxwell, del fenomeno dell’induzione.*



Lorentz: l'elettromagnetismo classico

- *La velocità che compare nella formula di Lorentz è sempre una velocità rispetto all'etere. La teoria di Lorentz sintetizza bene l'elettromagnetismo classico ed è quella che ancora oggi viene insegnata a scuola e nel primo biennio dell'università.*



Einstein: asimmetrie teoriche

- *Tutto sembra procedere bene all'inizio del secolo, ma Albert Einstein, un giovane scienziato d'origine tedesca che fa l'impiegato all'ufficio brevetti di Berna non è contento: perché un fenomeno relativistico come l'induzione deve avere una spiegazione non relativistica? Perché compaiono queste asimmetrie teoriche "non inerenti ai fenomeni"? si chiede nelle prime righe di un articolo del 1905 dal titolo rivelatore: "Sull'elettrodinamica dei corpi in moto".*



Einstein: campo elettromagnetico

- *Nasce con quest'articolo la teoria della relatività speciale che, attraverso una reinterpretazione dei concetti di spazio e tempo, consentirà delle nuove trasformazioni tra sistemi di riferimento. I campi elettrico e magnetico sono ora due punti di vista di un più completo campo elettromagnetico.*



Einstein: interpretazione relativistica

- *L'etere è abbandonato e la forza di Lorentz, pur formalmente valida, acquista una nuova interpretazione: la velocità v che vi appare non è più la velocità rispetto all'etere, ma la velocità tra sistemi di riferimento inerziali. L'induzione riacquista una spiegazione relativistica e questa riconquista ha delle conseguenze enormi non solo su tutta la fisica ma anche sulla cultura del nostro secolo.*



L'induzione: approfondimenti

- *Un fenomeno notevole quello dell'induzione elettromagnetica, che ha suscitato l'attenzione di quattro grandi scienziati (e di tantissimi altri), ha meritato quattro importanti interpretazioni ed ha fortemente stimolato l'evoluzione del pensiero e delle tecnologie della nostra società.*



Aggiungere

- *Feynman sull'asimmetria*
- *Modello campo particelle di Born*
- *Campo e polarizzazione in Maxwell (Ole)*
- *Memorie originali (rel)*

