



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, UNIVERSITA' E RICERCA  
ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE "L. DA Vinci"

Via G. Rosato , 5 - 66034 Lanciano (Ch)  
Tel. 087242556 Fax 0872702934 E-mail: chtf02001@istruzione.it

*LICEO SCIENTIFICO TECNOLOGICO*

## LABORATORIO DI FISICA

ESPERIENZA N° 5

Elettromagnetismo

ALUNNO: *Lia Di Florio*

CLASSE: *5° LTA*

DATA: *28/03/2006*

---

*Insegnante: prof. Quintino d'Annibale*

*I.T.P.: prof. Enrico Remigio*

*Anno scolastico: 2005/2006*

**Obiettivi:**

- analisi sperimentale e qualitativa dei fenomeni che mettono in relazione elettricità e magnetismo.
- analisi sperimentale e qualitativa del fenomeno delle correnti indotte e più in generale dell'induzione.

**Materiale utilizzato:**

- bobine mobili di diverso tipo
- bobine con diverso numero di spire
- magneti a C
- magneti lineari
- fili di collegamento

**Strumenti utilizzati:**

- alimentatore o generatore
- milliamperometro (con indice centrale)

**Premessa:**

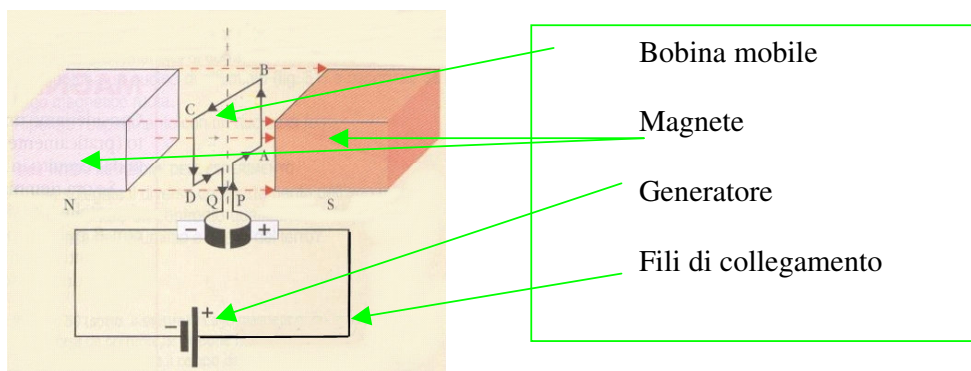
Sviluppiamo la nostra analisi su alcuni importanti fenomeni dell'elettromagnetismo dividendo la nostra esperienza in due parti: la prima inerente al momento torcente di una spira percorsa da corrente e le sue applicazioni, la seconda sul fenomeno dell'induzione con le due esperienze di Faraday.

*1<sup>a</sup> esperienza – **Momento torcente su una spira percorsa da corrente, il motore elettrico***

Analizziamo il fenomeno del momento torcente di una spira percorsa da corrente e le sue applicazioni come motore elettrico a corrente alternata e continua partendo dall'analisi del caso più elementare fino ad arrivare al funzionamento del motore elettrico.

**Schema dell'apparato:**

Riportiamo qui di seguito lo schema dell'apparato semplificato in quanto è riportata un'unica spira:



Ricordiamo che nel circuito da noi realizzato, il generatore produrrà corrente continua, nella quale cioè i poli elettrici non verranno alternati.

La bobina mobile è costituita da un blocco cilindrico, in genere di ferro, sul quale è effettivamente avvolta una bobina di  $n$  spire rettangolari, inoltre essa è dotata di contatti strisciati i quali permettono il costante afflusso di intensità di corrente elettrica attraverso la bobina nonostante la sua rotazione.

### **Descrizione dell'esperienza:**

- Disponiamo il nostro materiale ed i nostri strumenti come indicato nello schema dell'apparato facendo attenzione a rispettare scrupolosamente l'ordine dato.
- Mettiamo in funzione il generatore e chiudiamo il circuito attraverso l'interruttore.
- Analizziamo quanto accade traendo le dovute considerazioni.
- Cambiamo tipo di bobina mobile e ripetendo i passaggi precedenti analizziamo quanto accade in queste situazioni.
- Riportiamo le nostre considerazioni nelle conclusioni.

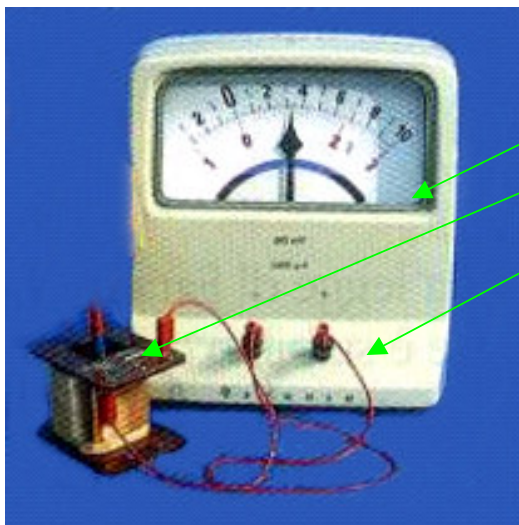
### **2<sup>a</sup> esperienza – Le due esperienze di Faraday, le correnti indotte**

Riportiamo qui di seguito le due esperienze che l'inglese Michael Faraday operò per la prima volta scoprendo così il fenomeno delle correnti indotte.

### **Schema dell'apparato:**

#### **Prima esperienza di Faraday: conduttore fermo, magnete in movimento**

Disponiamo il materiale necessario secondo lo schema dell'apparato riportato di seguito:



Milliamperometro

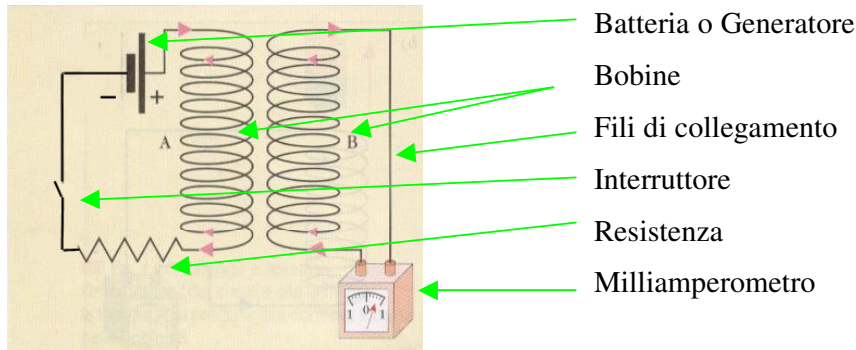
Bobina

Fili di collegamento

Il nostro apparato è composto, oltre che da una bobina ad  $n$  spire e dai fili di collegamento, da un milliamperometro ad indice centrale il quale svolge il compito di rivelatore qualitativo di intensità di corrente.

### **Seconda esperienza di Faraday: conduttore fermo, campo magnetico variabile**

Per riprodurre questa seconda esperienza di Faraday disponiamo il materiale occorrente nel seguente modo:



Abbiamo quindi due circuiti paralleli lungo le due bobine, la prima (A) alimentata da una batteria o un generatore, la seconda (B) collegata ad un milliamperometro che anche in questo caso fungerà da rilevatore di intensità di corrente.

#### **Descrizione dell'esperienza**

##### **Prima esperienza di Faraday**

- Disponiamo il materiale e gli strumenti occorrenti secondo lo schema dell'apparato.
- Produciamo un campo magnetico variabile all'interno della bobina allontanando e avvicinando alternativamente il magnete lineare.
- Osserviamo il fenomeno che si produce traendo le opportune considerazioni.
- Modifichiamo la polarità entrante del magnete ripetendo l'esperienza ed osservando quanto accade.
- Cambiamo la bobina del nostro apparato e ripetiamo i passaggi precedenti registrando anche in questo caso come si ripete il fenomeno.
- Riportiamo nelle conclusioni le nostre considerazioni.

##### **Seconda esperienza di Faraday**

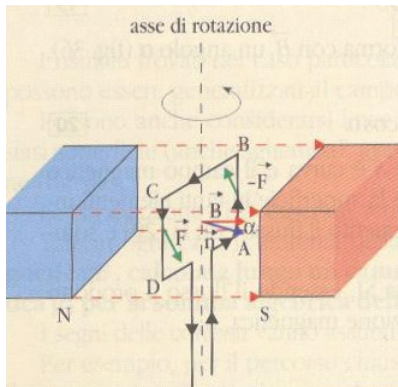
- Disponiamo il materiale e gli strumenti come illustrato nello schema dell'apparato.
- Mettiamo in funzione il generatore.
- Osserviamo quanto accade nell'istante in cui viene chiuso l'interruttore.
- Riportiamo nelle conclusioni le valutazioni inerenti questa esperienza.

#### **Conclusioni:**

- Abbiamo analizzato sperimentalmente e qualitativamente i fenomeni della spira (e quindi della bobina) percorsa da corrente, con le sue applicazioni, e delle correnti indotte, anch'esse con le loro applicazioni, attraverso un'esperienza che per comodità abbiamo preferito dividere in due parti.
- Per quello che riguarda la prima parte della nostra esperienza, siamo partiti con l'analizzare il fenomeno del caso più elementare per poi procedere con situazioni via via più complesse. Per questa ragione siamo partiti dall'analisi del momento torcente di un campo magnetico su spira (ed estendendo il concetto

su bobina) percorsa da corrente. Spieghiamo quanto registrato sperimentalmente commentando le immagini delle situazioni più significative:

Innanzitutto ricordiamo che la nostra bobina rettangolare è immersa in un campo magnetico uniforme generato dal magnete a C, è percorsa da corrente  $i$  ed è libera di ruotare intorno ad un'asse verticale.



Sui lati AB e CD il campo magnetico esercita due forze che formano una coppia, cioè due forze di uguale intensità e direzione ma con versi opposti. Anche sui lati BC e DA agiranno due forze, le quali però, giacendo sullo stesso piano, non producono alcun effetto.

Analizziamo ora la medesima situazione vista però dall'alto:

Il momento torcente è legato all'angolo  $\alpha$  formato dal vettore  $\mathbf{n}$  normale al piano della spira, ed il vettore del campo magnetico  $\mathbf{B}$ .

Il braccio della coppia di forze è:

$$d = BC \sin \alpha$$

Andando a sostituire il valore del braccio nella formula del

momento torcente otteniamo:

$$M = Fd \Rightarrow M = i \cdot AB \cdot BC \cdot B \sin \alpha$$

Ricordando che  $F=i AB B$ . Poiché il prodotto  $AB BC$  è pari all'area della spira  $S$  otteniamo, in definitiva, un momento torcente pari a:

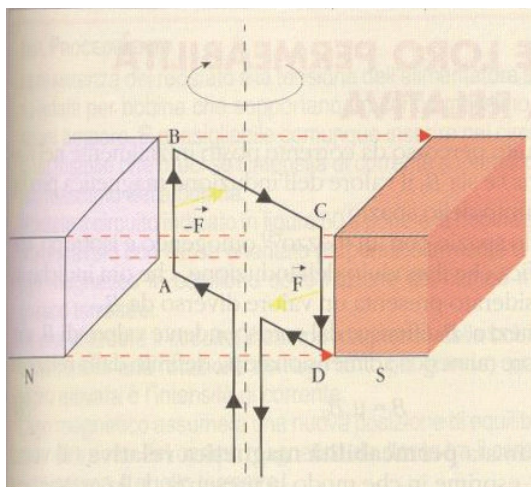
$$M = iSB \sin \alpha$$

Essendo l'equazione del momento torcente legata al  $\sin \alpha$  avremo che per:

- $\alpha = 90^\circ$  e  $\alpha = 270^\circ$       cioè quando il piano della bobina è parallelo al campo magnetico, avremo il massimo valore del braccio e quindi del momento;
- $\alpha = 0^\circ$  e  $\alpha = 180^\circ$       cioè quando il piano della spira è ortogonale al campo magnetico, avremo che il momento torcente è nullo e che la spira si trova in equilibrio.

• Una delle applicazioni più importanti del momento torcente è sicuramente il motore elettrico a corrente continua, che siamo riusciti a riprodurre in laboratorio.

A partire dal caso precedente, nel quale abbiamo visto la bobina ed il suo momento torcente, proprio per effetto di quest'ultimo, sappiamo che la bobina ruota verso la posizione di equilibrio, che sorpassa per la velocità acquistata, come rappresentato in figura.



In questa situazione si genera un nuovo momento della coppia di forze agenti sui lati verticali il quale produce una rotazione in verso opposto. Generalizzando, ciò significa che il momento torcente agente sulla bobina cambia verso tutte le volte che la spira passa attraverso la posizione di equilibrio; si creeranno così delle oscillazioni che però, a causa degli attriti, si smorzano e dopo un certo tempo la spira si ferma in una delle posizioni di equilibrio.

Per ottenere una rotazione continua della spira è necessario evitare l'inversione del momento torcente ogni mezzo giro; per questo è necessario che la corrente nei lati verticali della bobina cambi verso (in quanto abbiamo un generatore di corrente continua), quando essa sorpassa la posizione di equilibrio.

Per questa ragione gli estremi della bobina sono a contatto con un collettore, formato da due semianelli cilindrici che ruotano insieme alla spira. La corrente è

portata nella bobina per mezzo di due contatti, realizzati con due spazzole di carbone che strisciano sui semianelli del collettore e che sono a contatto una con il polo positivo e l'altra con il polo negativo di un generatore, come è riportato nell'immagine dello schema dell'apparato. Il collegamento cambia nell'istante in cui la bobina supera la posizione di equilibrio; nello stesso istante cambia anche il verso

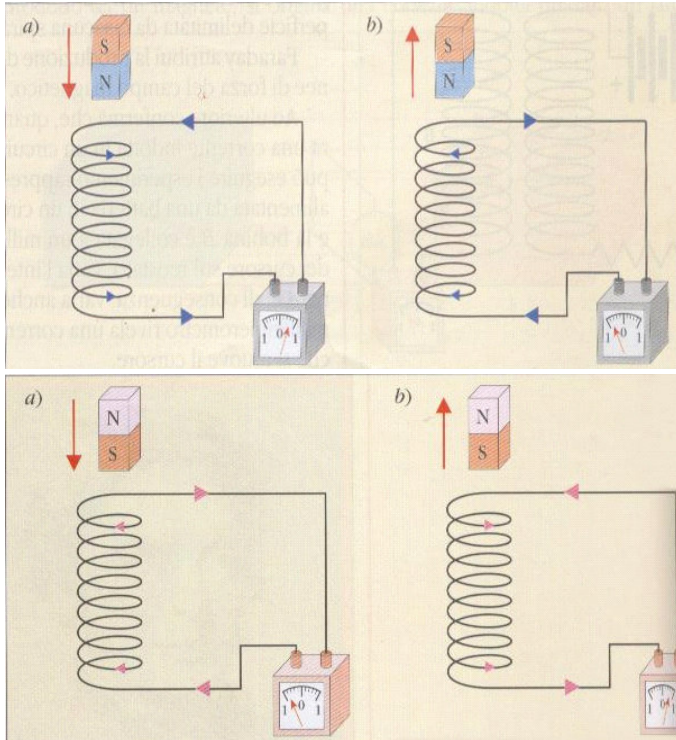
della corrente che attraversa i lati verticali della bobina. Di conseguenza il momento torcente ha sempre lo stesso verso e la bobina ruota continuamente nello stesso verso.

Per avere rotazioni più continue, oltre che per incrementare la potenza del motore, è possibile utilizzare un sistema rotante formato da un insieme di bobine avvolte su un nucleo di ferro dolce e aventi più collettori, avendo così una sovrapposizione degli effetti. In questo modo è anche possibile evitare una fortuita condizione di equilibrio nell'istante in cui viene azionato il motore elettrico a corrente continua.

### Prima esperienza di Faraday

• Analizziamo ora le due esperienze di Faraday le quali ci permetteranno di verificare l'effetto della corrente indotta nota come il fenomeno di induzione magnetica.

• La prima esperienza, con conduttore fermo e magnete in movimento, può essere efficacemente riassunta nelle immagini successive:



praticamente avvicinando un magnete ad una bobina collegato ad un milliamperometro, si produce una corrente indotta che attraversa la bobina nell'intervallo di tempo in cui il magnete è in movimento, e si interrompe quando la calamita è ferma.

Se la calamita è allontanata dalla bobina il verso della corrente indotta è l'opposto. Si osserva inoltre che l'avvicinamento del polo nord magnetico alla bobina equivale all'allontanamento del polo sud e viceversa. Notiamo come per la produzione di corrente indotta è necessario solo che ci sia un moto relativo del magnete rispetto alla bobina, quindi è del tutto indifferente che sia l'uno o l'altro a muoversi.

Sostituendo la bobina con una a maggior numero di spire il fenomeno si ripropone in maniera più accentuata. In questo caso abbiamo potuto inoltre osservare come un lavoro meccanico eseguito indifferentemente sul magnete e sulla bobina si trasformi in corrente elettrica.

• La seconda esperienza di Faraday da noi eseguita ci fornisce un'ulteriore conferma, quando un campo magnetico varia, si genera una corrente indotta in un circuito chiuso immerso nel campo stesso. Infatti in questo caso il milliamperometro rileverà un passaggio di corrente solo negli istanti in cui l'interruttore verrà chiuso o aperto, cioè quando nella spira verrà ad instaurarsi e ad annullarsi il campo magnetico, quindi quando si registrerà una sua variazione.

• Osserviamo che in entrambi gli esperimenti di Faraday il circuito indotto, cioè quello che subisce il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, è immerso in un campo magnetico, nel primo caso prodotto da un magnete, nel secondo prodotto dal secondo circuito con la sua intensità di corrente. Questa condizione è necessaria ma non sufficiente però per la produzione di corrente indotta, infatti abbiamo notato come sia necessario che il campo magnetico sia variabile. Quindi in entrambe le esperienze le correnti indotte si producono quando il campo magnetico sulla superficie delimitata del circuito indotto varia nel tempo. Faraday attribuì la produzione di correnti indotte alla variazione delle linee di forza del campo magnetico.

• Possiamo in definitiva affermare che, nei casi di produzione di correnti indotte, si genera nella spira una forza elettromotrice indotta, uguale alla forza elettromotrice della batteria che dovremmo inserire nella spira per produrre, in assenza del fenomeno dell'induzione elettromagnetica, una corrente d'intensità

uguale e quella della corrente indotta. È possibile trovare l'espressione generale della f.e.m. indotta a partire dal concetto di flusso dell'induzione magnetica.

Il flusso magnetico attraverso una qualsiasi superficie avente per contorno una spira si definisce flusso concatenato alla spira ed è espresso dall'integrale lineare del seguente prodotto scalare:

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Tenendo presente che la variazione nel tempo del flusso è data dalla derivata proprio rispetto al tempo del flusso e che la f.e.m. indotta, viste le nostre esperienze, è data proprio da questa variazione, possiamo definire:

$$\xi_{ind} = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Dove il segno meno sta ad indicare la direzione della f.e.m. indotta in opposizione alla variazione del flusso.

L'equazione nella forma da noi scritta rappresenta la legge di Faraday-Neumann, dal nome degli scienziati che ne scoprirono la validità scientifica. Questa equazione dice che la f.e.m. indotta è tanto più grande quanto più piccolo è l'intervallo di tempo in cui avviene una data variazione di flusso.

Inoltre, come già riscontrato, nell'esecuzione pratica di esperimenti sulle correnti indotte, per avere maggiore intensità di corrente, è opportuno utilizzare bobine; infatti la variazione di flusso attraverso una bobina è tanto maggiore quanto più elevato è il numero di avvolgimenti,.

- Notiamo come l'uso del milliamperometro a zero centrale sia utile anche per rilevare il verso delle correnti elettriche in gioco.

- Tra le più importanti applicazioni dell'interazione di entrambi i fenomeni analizzati nella nostra esperienza citiamo i generatori a corrente continua (dinamo) ed i generatori a corrente alternata (alternatori) i quali sfruttano il particolare fenomeno dell'autoinduzione.

*Lia Di Florio*