

La forza magnetica su un filo percorso da corrente elettrica

Scopo dell'esperimento

Lo scopo dell'esperimento è quello di misurare la forza magnetica su un filo percorso da corrente elettrica.

Materiali e strumenti

- Generatore di tensione elettrica (0-20 V , 0-5 A)
- Cavi di collegamento
- Circuiti elettrici di diversa lunghezza
- Circuito elettrico con goniometro
- Bilancia elettrodinamica da collegare al generatore e ai circuiti elettrici
- Due magneti permanenti
- Bilancia di precisione (portata 400 g, sensibilità 0,01 g)
- Sensore di campo magnetico a 2 assi con interfaccia Xplorer GLX Pasco
- Righello millimetrato
- PC con il software Excel per l'analisi dei dati sperimentali

Breve richiamo teorico

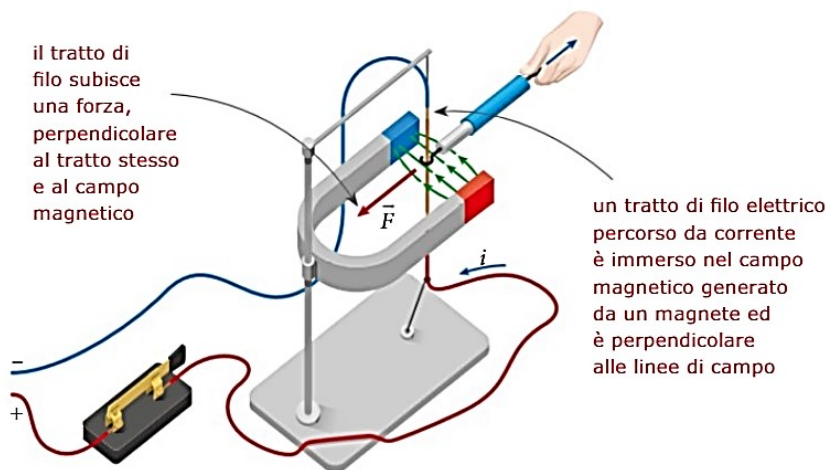
La forza (F) esercitata da un campo magnetico B su filo di lunghezza l percorso da una corrente elettrica i è espressa dalla formula:

$$\vec{F} = i \vec{l} \times \vec{B}$$

La direzione e il verso della forza si determinano con la regola della mano destra, mentre il modulo della forza è:

$$F = i L B \sin(\alpha)$$

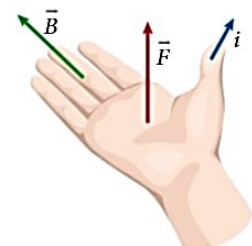
dove α è l'angolo formato dal campo magnetico con il filo.



Il verso della forza magnetica che agisce sul filo è dato dalla **regola della mano destra**.

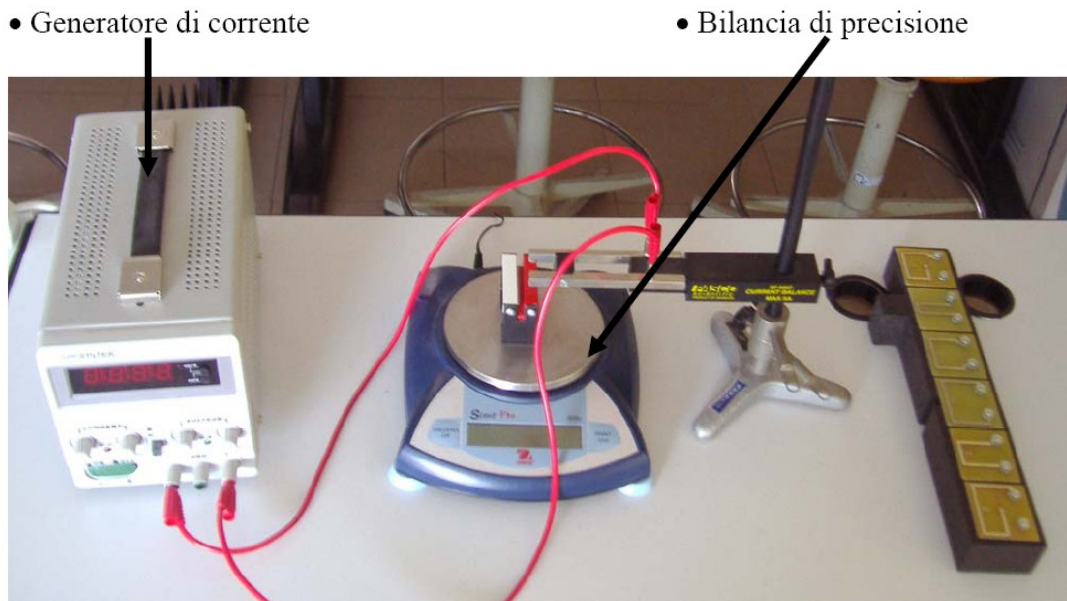
Se poniamo:

- il pollice della mano destra nel verso della corrente
 - e le altre dita nel verso del campo magnetico,
- allora il verso della forza è quello che esce dal palmo della mano.



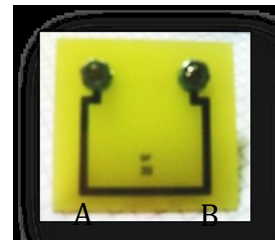
Esecuzione dell'esperimento e analisi dati (parte 1)

Dipendenza della forza magnetica dalla corrente del circuito



Configurazione sperimentale – Circuiti elettrici di diversa lunghezza

- Mettere sulla bilancia di precisione il magnete permanente (quello più lungo con meno spazio tra i due poli) e azzerare la bilancia.
- Collegare alla bilancia elettrodinamica il circuito elettrico di lunghezza $l = 4$ cm (misurarli col righello, è il tratto AB mostrato nella figura a fianco) e immergerlo dentro il magnete, regolando l'altezza della bilancia in modo che il circuito non tocchi il magnete e non modifichi la massa zero segnata dalla bilancia.
- Collegare la bilancia elettrodinamica al generatore, accenderlo, aumentare la tensione agendo sulla manopola fine e verificare che all'aumentare della corrente (non superare i 5 A) la massa misurata aumenti e sia positiva (se è negativa invertire le polarità del magnete).
- Per il 3° principio della dinamica, la forza-peso misurata dalla bilancia è uguale ed opposta alla forza che il magnete esercita sul filo percorso da corrente (verificarlo mediante la regola della mano destra tenendo presente il campo magnetico è diretto dal polo Nord (lato rosso) verso il polo Sud (lato bianco)).
- Regolando il generatore registrare i diversi valori di massa misurati dalla bilancia per valori della corrente elettrica uguali a circa 0 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 A.
- Costruire con Excel un grafico della forza in funzione della corrente elettrica, fare un fit lineare (del tipo $y = mx$) impostando l'intercetta a zero, e dal valore del coefficiente angolare della retta e dall'espressione della forza magnetica $F = i L B \sin(\alpha)$, con $\alpha = 90^\circ$, determinare il valore del campo magnetico B.



Dipendenza della forza magnetica dalla lunghezza del circuito

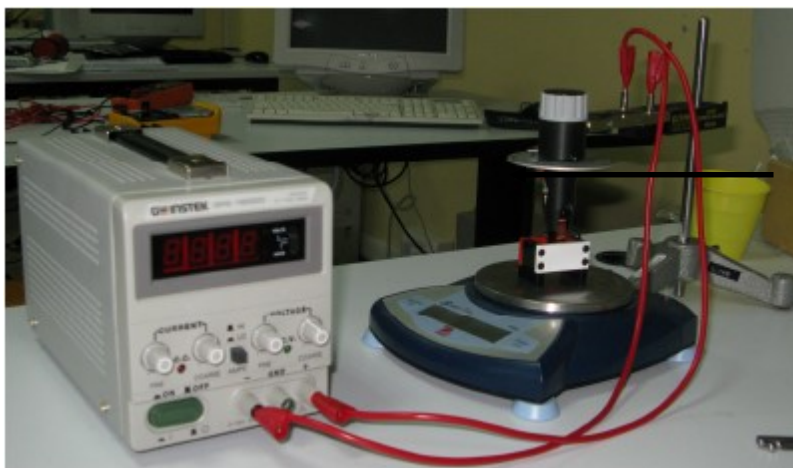
- Collegare alla bilancia il circuito di lunghezza $l = 1$ cm (misurarli col righello) e immergerlo dentro il magnete, regolando l'altezza della bilancia in modo che il circuito non tocchi il magnete e non modifichi la massa zero segnata dalla bilancia.

- Regolare la corrente erogata dal generatore al valore di 4 A e registrare la massa misurata dalla bilancia.
- Ripetere le operazioni di misura precedenti per i circuiti di lunghezza $l = 2, 3, 4$ cm.
- Costruire con Excel un grafico della forza in funzione della corrente elettrica, fare un fit lineare (del tipo $y = mx$) impostando l'intercetta a zero, e dal valore del coefficiente angolare della retta e dall'espressione della forza magnetica $F = i L B \sin(\alpha)$, con $\alpha = 90^\circ$, determinare il valore del campo magnetico B.

Esecuzione dell'esperimento e analisi dati (parte 2)

Dipendenza della forza dall'angolo tra il campo e il filo

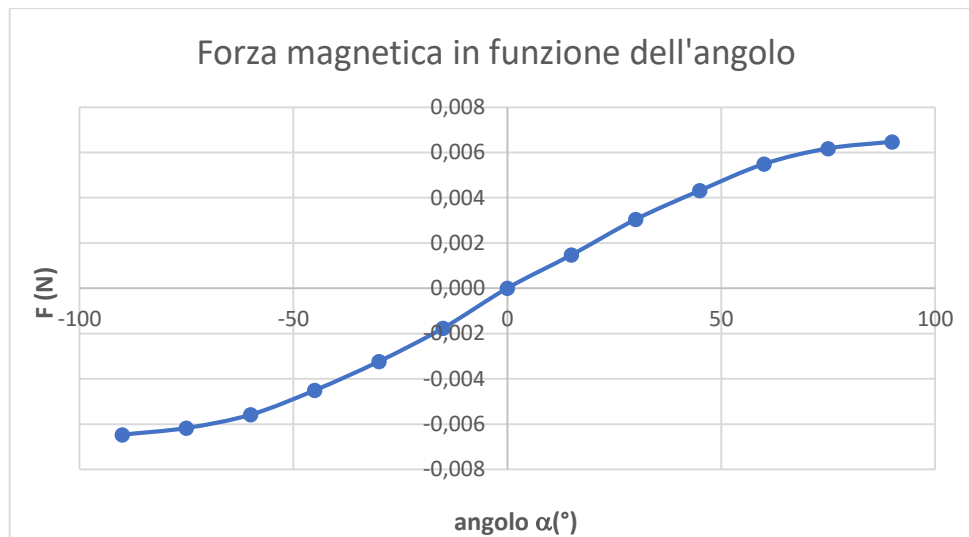
- Mettere sulla bilancia di precisione il magnete permanente (quello che ha più spazio tra i due poli) e azzerare la bilancia.
- Collegare alla bilancia elettrodinamica il circuito elettrico col goniometro e immergerlo dentro il magnete, regolando l'altezza della bilancia in modo che il circuito non tocchi il magnete e non modifichi la massa zero segnata dalla bilancia.



Circuito elettrico con goniometro

Configurazione sperimentale - Circuito elettrico con goniometro

- Collegare la bilancia elettrodinamica al generatore, accenderlo, regolare la tensione agendo sulla manopola fine in modo che la corrente abbia un valore di circa 0,5 A e verificare che la massa misurata sia positiva (se è negativa invertire le polarità del magnete; se è nulla ruotare il magnete).
- Regolare la corrente a circa 2 A, posizionare il goniometro a zero gradi, ruotare il magnete fino a disporlo parallelamente al circuito controllando che la bilancia misuri una massa nulla.
- Verificare che la massa misurata dalla bilancia vari ruotando il goniometro, e quindi l'angolo compreso tra il circuito e il campo magnetico generato dal magnete, che va dal polo Nord (lato rosso) al polo Sud (lato bianco).
- Registrare i diversi valori di massa misurati dalla bilancia, per diversi angoli (da leggere sul goniometro) compresi tra -90° e $+90^\circ$, facendo attenzione che la corrente abbia sempre lo stesso valore (altrimenti regolarla sul generatore) e che il circuito non tocchi il magnete.
- Costruire con Excel un grafico della forza in funzione dell'angolo, verificando che si ottiene un andamento sinusoidale come espresso dalla legge $F = i L B \sin(\alpha)$, tipo quello mostrato nella figura seguente.



- Costruire poi un grafico con Excel della forza in funzione del seno dell'angolo e fare un fit lineare (del tipo $y = mx$) impostando l'intercetta a zero, e dal valore del coefficiente angolare della retta e dall'espressione della forza magnetica $F = i L B \sin(\alpha)$, determinare il valore del campo magnetico B. Per la lunghezza del circuito usare il valore $l = 10 \text{ cm}$, perché il circuito immerso nel magnete è lungo 1 cm (verificarlo col righello) ed è formato da 10 spire
- Misurare quindi il valore del campo generato dal magnete mediante il sensore magnetico a 2 assi della Pasco collegato all'interfaccia Xplorer GLX (vedi figura seguente).



Conclusioni (parte 1)

- Verificare la relazione di proporzionalità diretta forza magnetica-corrente e forza magnetica-lunghezza.
- Determinare il valore sperimentale B_{sp} del campo magnetico ottenuto dalla media aritmetica dei due valori ottenuti nella prima parte dell'esperimento (usare 2 cifre significative).

Tabella dei punteggi assegnati in base all'errore percentuale rispetto al valore di riferimento B_{rif}

$$e\% = 100 \cdot (B_{sp} - B_{rif}) / B_{rif}$$

Errore percentuale ($e\%$)	Punteggio
$e\% < 4 \%$	400
$4\% \leq e\% < 5\%$	380
$5\% \leq e\% < 6\%$	360
$6\% \leq e\% < 7\%$	340
$7\% \leq e\% < 8\%$	320
$8\% \leq e\% \leq 10\%$	300
$e\% > 10\%$	150

Conclusioni (parte 2)

- Verificare l'andamento sinusoidale della forza magnetica in funzione dell'angolo.
- Confrontare il valore sperimentale del campo magnetico ottenuto dal fit del grafico forza magnetica- $\sin(\alpha)$ con quello misurato dal sensore magnetico della Pasco.