

Esperienza di Elettromagnetismo

Verifica sperimentale della forza di Lorentz.

Componenti: Vittorio Strano, Arianna Genuardi, Florinda Tesi, Antonio Riolo,
Matteo Romano

Indice

1	Introduzione	1
2	Metodi sperimentali	1
2.1	Strumentazione	1
2.2	Taratura	1
2.3	Procedimento Parte I	2
2.4	Procedimento Parte II	3
2.5	Procedimento Parte III	3
3	Risultati	4
3.1	Risultati Parte I	4
3.2	Risultati Parte II	5
3.3	Risultati Parte III	6
3.4	Risultati Lunghezza filo Parte III	7
4	Conclusioni	7
Appendice		7
A	Referenze	7

1 Introduzione

Lo scopo dell'esperimento è quello di verificare la relazione tra la forza di Lorentz applicata ad un circuito immerso in un campo magnetico B al variare della corrente I , della lunghezza del circuito L e dell'angolo θ che esso forma con il campo magnetico.

La relazione che lega il modulo della forza di Lorentz a queste grandezze è:

$$F_L = L I B \sin(\theta) \quad (1)$$

2 Metodi sperimentali

2.1 Strumentazione

Gli strumenti utilizzati in questa esperienza sono:

1. **Generatore DC Cosmo 3000**
2. **Current Balance Main Unit**
3. **Accessory Unit** con un errore di mezza tacca sul goniometro, $\delta_\theta = 0.5^\circ$
4. **Magnete A** largo abbastanza da poter inserire al suo interno i circuiti stampati
5. **Magnete B** utilizzato insieme all'accessory unit.
6. **Sei differenti circuiti stampati** con valori tabulati. Alcuni di questi sono *single length* ed i restanti sono *double length*; da specificazione del manuale, i primi potrebbero risultare più corti fino a 0.2cm ed i secondi di 0.4cm, motivo per il quale le misure utilizzate sono state prese togliendo al valore nominale rispettivamente 0.1cm e 0.2cm e assegnando questi valori come errori assoluti.
 - a) SF40 $(1.1 \pm 0.1)\text{cm}$.
 - b) SF37 $(2.1 \pm 0.1)\text{cm}$.
 - c) SF39 $(3.1 \pm 0.1)\text{cm}$.
 - d) SF38 $(4.1 \pm 0.1)\text{cm}$.
 - e) SF41 $(6.2 \pm 0.2)\text{cm}$.
 - f) SF42 $(8.2 \pm 0.2)\text{cm}$.
7. **Multimetro analogico** con un f.s. in DC di 5A e con un errore del 2% sul f.s. quindi pari a $\delta_I = 0.1A$
8. **Bilancia OHAUS Model 311** con un errore di mezza tacca sulla misura dello 0 e di un'altra mezza tacca sulla massa pesata, per un errore totale di 1 tacca: $\delta_M = 0.01g$

2.2 Taratura

La taratura della bilancia è stata effettuata prendendo delle masse di cui è noto il valore nominale con più cifre significative della risoluzione della bilancia, per cui il loro errore è stato considerato trascurabile.

L'intervallo scelto per la taratura della bilancia è entro i 4 grammi, cioè la massima differenza di peso misurata al variare della corrente.

Sono quindi state messe le pesate nella Figura 1.

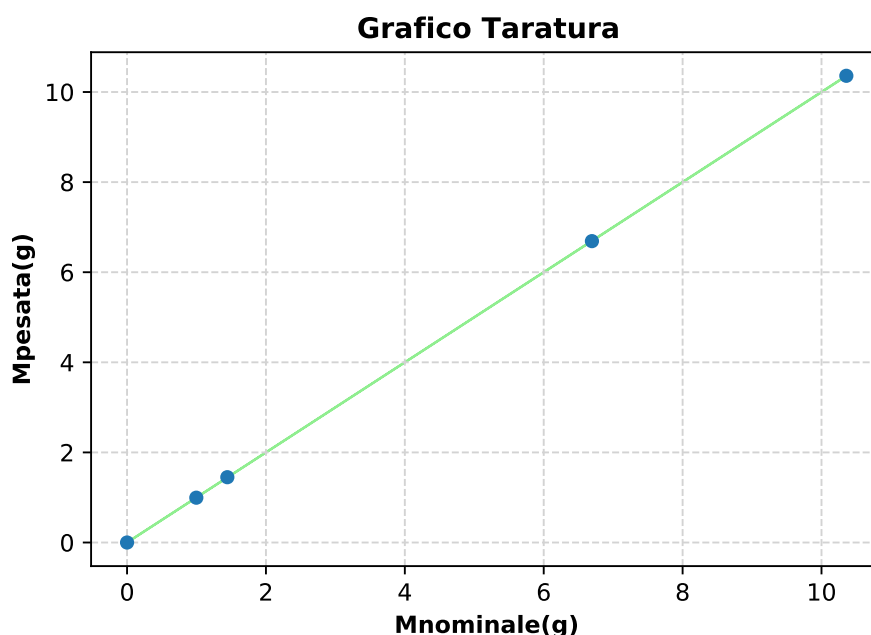


Figura 1: Grafico della massa pesata sulla massa nominale (entrambe in grammi). L'errore sulla massa nominale è stato considerato trascurabile, mentre l'errore sulla massa pesata è 0.01g. L'andamento è lineare e con pendenza 1 come ci si aspetta da una bilancia tarata.

Da questo grafico è stato possibile ricavare la pendenza attraverso un fit con la seguente formula

$$M_{pesata} = pendenza \cdot M_{nominale}$$

la quale è risultata essere $pendenza = 1.0000 \pm 0.0003$, compatibile con il valore 1.

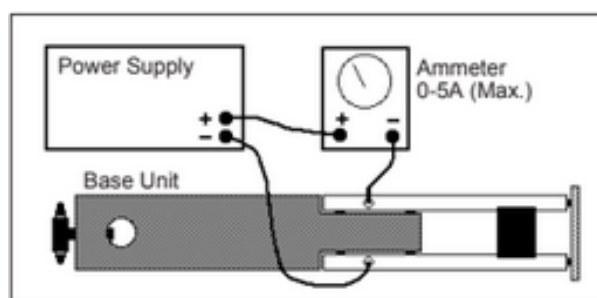
In conclusione, la bilancia era tarata opportunamente.

2.3 Procedimento Parte I

La parte I dell'esperienza consiste nel misurare la forza di Lorentz al variare della corrente.

Si è prima pesato il magnete A sulla bilancia, ottenendo una misura di $M_{0A} = (158.30 \pm 0.01)g$, poi è stata montata la Current Balance Main Unit con il circuito SF42 in quanto è il più lungo dei circuiti stampati, nonché quello con il minore errore relativo sulla lunghezza. Il circuito è stato inserito nel magnete in modo tale da formare un angolo di 90° rispetto al campo magnetico, avendo cura di non metterli a contatto.

Dopo aver acceso il generatore in modalità corrente ed averlo impostato a 0A è stato montato il circuito nel modo seguente:



Quindi è stato misurato il peso del magnete al variare della corrente a passi di 0.5A fino ad arrivare a 4.5A per non superare la portata di 5A dell'amperometro.

Per verificare la ripetibilità delle misure, il circuito è stato completamente smontato e ricostruito prima di prendere un secondo set.

Ogni misura è stata sottratta al peso M_{0A} per ricavare la variazione di peso dovuta alla forza di Lorentz ed è poi stata plottata in funzione della corrente.

2.4 Procedimento Parte II

La parte II dell'esperienza consiste nel misurare la forza di Lorentz in funzione della lunghezza del circuito: dopo aver montato la strumentazione come nella parte I, è stata fissata la corrente a $(3 \pm 0.1)A$ misurando il peso del magnete al variare del circuito stampato. La differenza della massa pesata con M_{0A} è stata poi plottata in funzione della lunghezza del circuito nel grafico [4]

2.5 Procedimento Parte III

La parte III dell'esperienza consiste nel misurare la forza di Lorentz in funzione dell'angolo θ . L'apparato è stato montato come negli esperimenti precedenti, aggiungendo l'*accessory unit* e rimuovendo il circuito stampato. È stato inoltre utilizzato il magnete B.

Scelto come valore della corrente $(1 \pm 0.1)A$, come in precedenza è stata misurata la massa del magnete mentre l'amperometro segnava 0A ottenendo $M'_{0B} = (70.76 \pm 0.01)g$. Il generatore tuttavia riportava una corrente di 0.02A, quindi la misura è stata replicata a circuito aperto ottenendo $M_{0B} = (70.735 \pm 0.01)g$.

Le misure sono state fatte ogni 20° in tutto il range di 200° dell'*accessory unit*. Terminato il primo set è stato ruotato il magnete di circa 180° , prendendo nuove misure con lo stesso passo. Questo ha fatto sì che i punti dei due set si sovrapponevano in un breve tratto, così da facilitare l'unione in un unico set che contenesse 2 picchi.

Plottando le differenze di peso in funzione dell'angolo è stato fatto un fit per ognuno dei due set; la funzione fittata è stata $M = A \cdot \sin(\theta + \phi)$.

I due set sono stati traslati della loro fase in modo da unirli in un unico set. Tuttavia i punti non si sono sovrapposti come atteso, per cui è stato ulteriormente traslato ad occhio il secondo set di misure, fino ad ottenere una perfetta sovrapposizione dei dati. Come errore su questa procedura è stato considerato $2\delta_M$, ovvero la distanza massima entro la quale si potevano trovare i punti. Questo errore, sommato in quadratura all'errore iniziale di 0.02g, è diventato $\delta_M = 0.04g$.

3 Risultati

3.1 Risultati Parte I

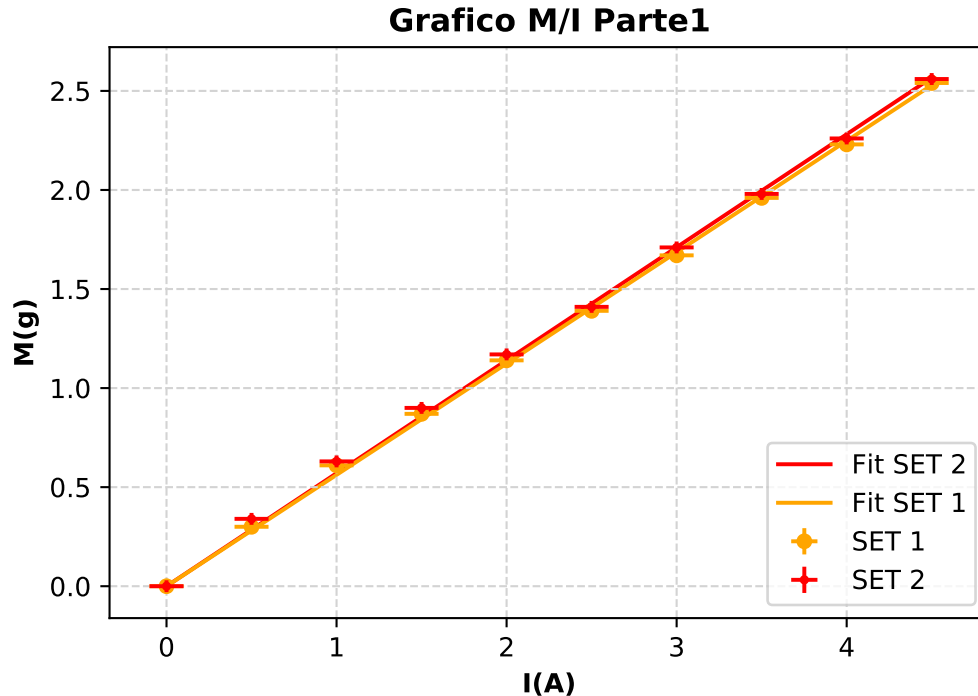


Figura 2: Grafico della differenza di massa (in grammi) in funzione della corrente (in Ampere) per due set differenti. La variazione di massa è stata ottenuta come differenza tra la massa pesata e quella a circuito aperto e gli è stato attribuito un errore di $0.02g$ ottenuto da una somma diretta degli errori sulle singole pesate. Per l'errore della corrente è stato considerato un errore del 2% sul f.s., quindi di $0.1A$. Si nota un andamento dei dati lineare compatibilmente con la formula [1] e con il fit usato, della forma $M = pendenza \cdot I$ quindi passante per lo 0. Inoltre dai due set si evidenzia la ripetibilità delle misure.

Dai set di dati ci è stato inoltre possibile ricavare il campo magnetico B del magnete A dalla formula [1], facendo quindi una media pesata e calcolando una sigma per entrambi i set si è ottenuto:

$$B_{SET1} = (7.0 \pm 0.3) \cdot 10^{-2}T$$

$$B_{SET2} = (7.4 \pm 0.6) \cdot 10^{-2}T$$

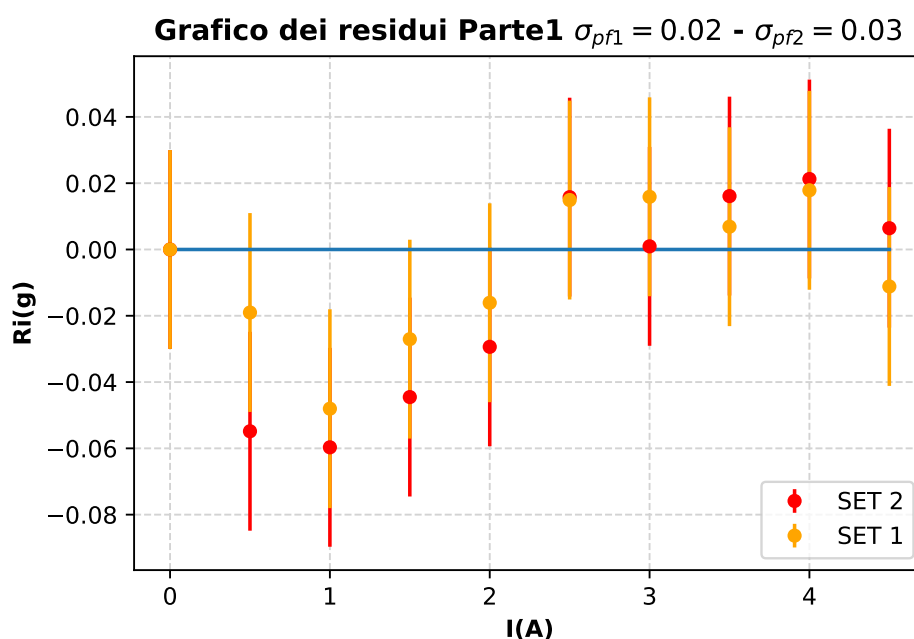


Figura 3: Grafico dei residui corrispondente al set di dati del grafico [2], come si nota i residui dei due set sembrano avere un andamento comune, questo potrebbe essere casuale oppure dovuto al fatto che le misure sono state prese nello stesso ordine in entrambi i set.

3.2 Risultati Parte II

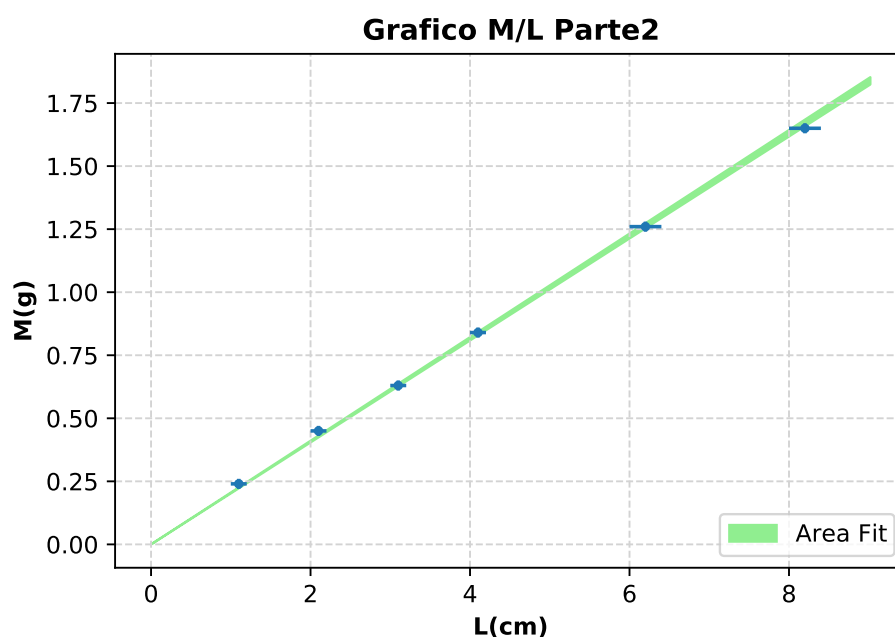


Figura 4: Grafico della differenza di massa (in grammi) in funzione della lunghezza del circuito stampato L (in centimetri). La variazione di massa è stata ottenuta come differenza tra la massa pesata e quella a circuito aperto e gli è stato attribuito un errore di $0.02g$ ottenuto da una somma diretta degli errori sulle singole pesate. I circuiti stampati erano percorsi da una corrente fissata di $3A$. Per l'errore sulla lunghezza dei circuiti si è fatto riferimento al manuale come illustrato nella strumentazione. Si nota un andamento dei dati lineare compatibilmente con la formula [1] e con il fit usato, della forma $M = pendenza \cdot L$ quindi passante per lo 0. L'area di fit è quella compresa tra le rette di massima e di minima pendenza.

Da questo set di dati ci è stato possibile ricavare nuovamente il campo magnetico B del magnete A , facendo quindi una media pesata e calcolando la deviazione standard si è ottenuto il risultato:

$$B_{SET3} = (6.9 \pm 0.3) \cdot 10^{-2} T$$

Questo valore di B e quelli calcolati nella sottosezione 3.1 risultano compatibili tra di loro, è dunque possibile ottenere un valore finale del campo magnetico pari a:

$$B = (7.05 \pm 0.15) \cdot 10^{-2} T$$

3.3 Risultati Parte III

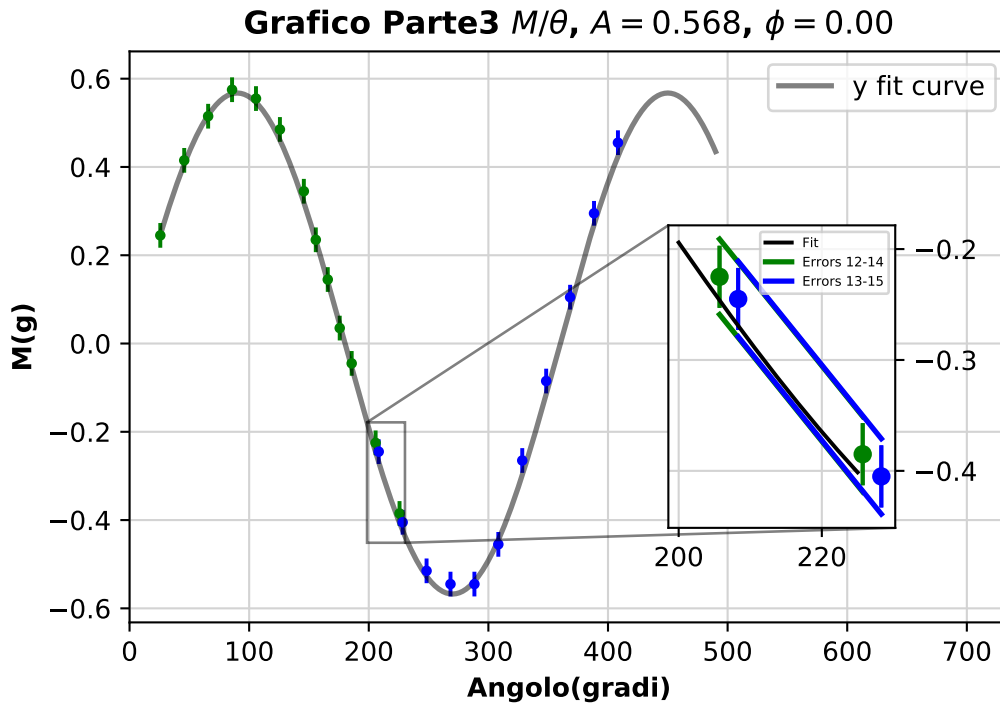


Figura 5: Grafico della differenza di massa (in grammi) in funzione dell'angolo θ (in gradi). La variazione di massa è stata ottenuta come differenza tra la massa pesata e quella a circuito aperto e gli è stato attribuito un errore di $0.02g$ ottenuto da una somma diretta degli errori sulle singole pesate. Le misure sono state prese facendo ruotare il circuito dell'*accessory unit* a corrente fissata di $1A$. Per l'errore sull'angolo è stata presa mezza tacca sul goniometro, ovvero 0.5° . Si nota un andamento sinusoidale compatibilmente con la formula [1].

I valori di ampiezza, fase e frequenza sono stati ricavati dal fit $M = A \cdot \sin(\theta + \phi)$; l'errore di ciascun parametro è stato stimato variando manualmente il suo valore in modo che la curva rientrasse nelle barre di errore dei dati.

$$A = (0.568 \pm 0.006)g \quad \phi = (0.00 \pm 0.01)rad$$

3.4 Risultati Lunghezza filo Parte III

Per calcolare la lunghezza del circuito dell'*accessory unit* immerso nel campo magnetico, questo è stato misurato con il calibro il lato di una spira, ottenendo $(1.16 \pm 0.01)cm$. Questo valore è stato poi moltiplicato per il numero di spire ($n=11$), ottenendo $(12.76 \pm 0.11)cm$.

4 Conclusioni

Grazie a questo esperimento è stato verificato con successo che la forza di Lorentz dipende linearmente dalla lunghezza del filo L , dalla corrente che attraversa il circuito I e dal seno dell'angolo θ tra il circuito ed il campo magnetico.

Ripetendo l'esperimento sarebbe opportuno prendere le misure di ogni set in ordine aleatorio, in modo da evitare andamenti periodici negli errori dovuti a variazioni, nel tempo, della risposta degli strumenti

Inoltre nella parte III sarebbe stato opportuno sovrapporre più dati tra i due set, ruotando di qualche grado in meno il magnete prima di passare al set successivo, così da avere una ricucitura più efficace.

Appendice

A Referenze

- Manuale Pasco
- Repository GitHub dell'esperimento
- Tabelle dei dati
- Grafici