

Piano Lauree Scientifiche 2017

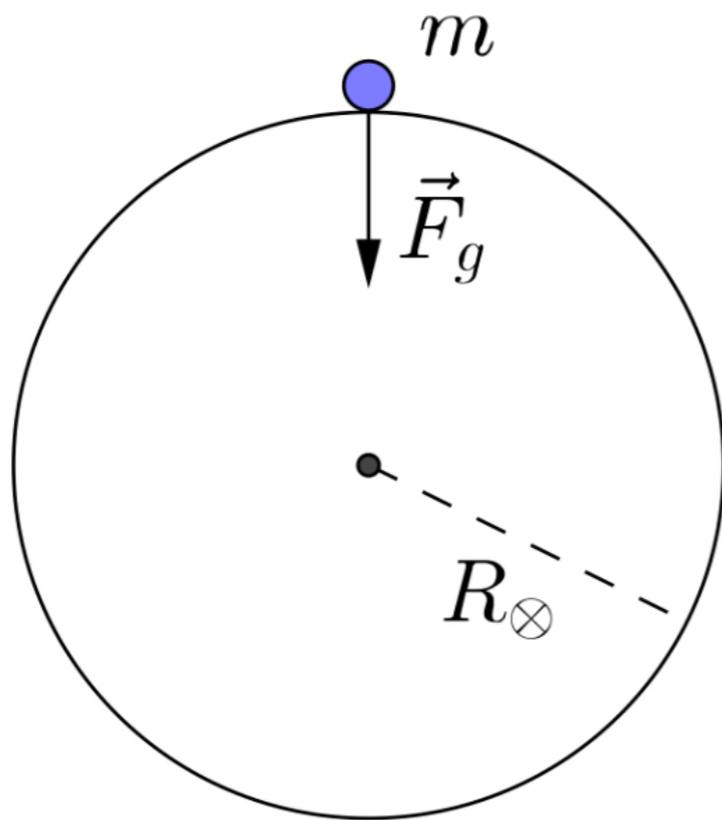
Pendolo elettromagnetico



Leonardo Capotosti 5D - Lorenzo Castiglia 5D - Cecilia Marchi 5F - Williams Nobout 5Bs

Legge di Newton:

Possiamo applicare la legge di Newton sulla gravità per calcolare la forza di attrazione che esercita la Terra (di massa M_{\otimes} e raggio R_{\otimes}) su un oggetto posto sulla sua superficie (ad un'altezza h).



Se $h \ll R_{\otimes}$ si ha

$$F_g = \frac{mM_{\otimes}G}{(R_{\otimes} + h)^2} \simeq m \cdot \frac{M_{\otimes}G}{R_{\otimes}^2}$$

da cui

$$F_g = mg$$

dove $g \simeq 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Forza di Lorentz:

La forza di Lorentz agisce su una carica elettrica in movimento con velocità v in un campo magnetico B . In particolare prendiamo in esame la componente magnetica della forza.

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Il modulo della forza è

$$F_L = qvB\sin\theta$$

Nel caso in cui la velocità della carica è perpendicolare al campo magnetico

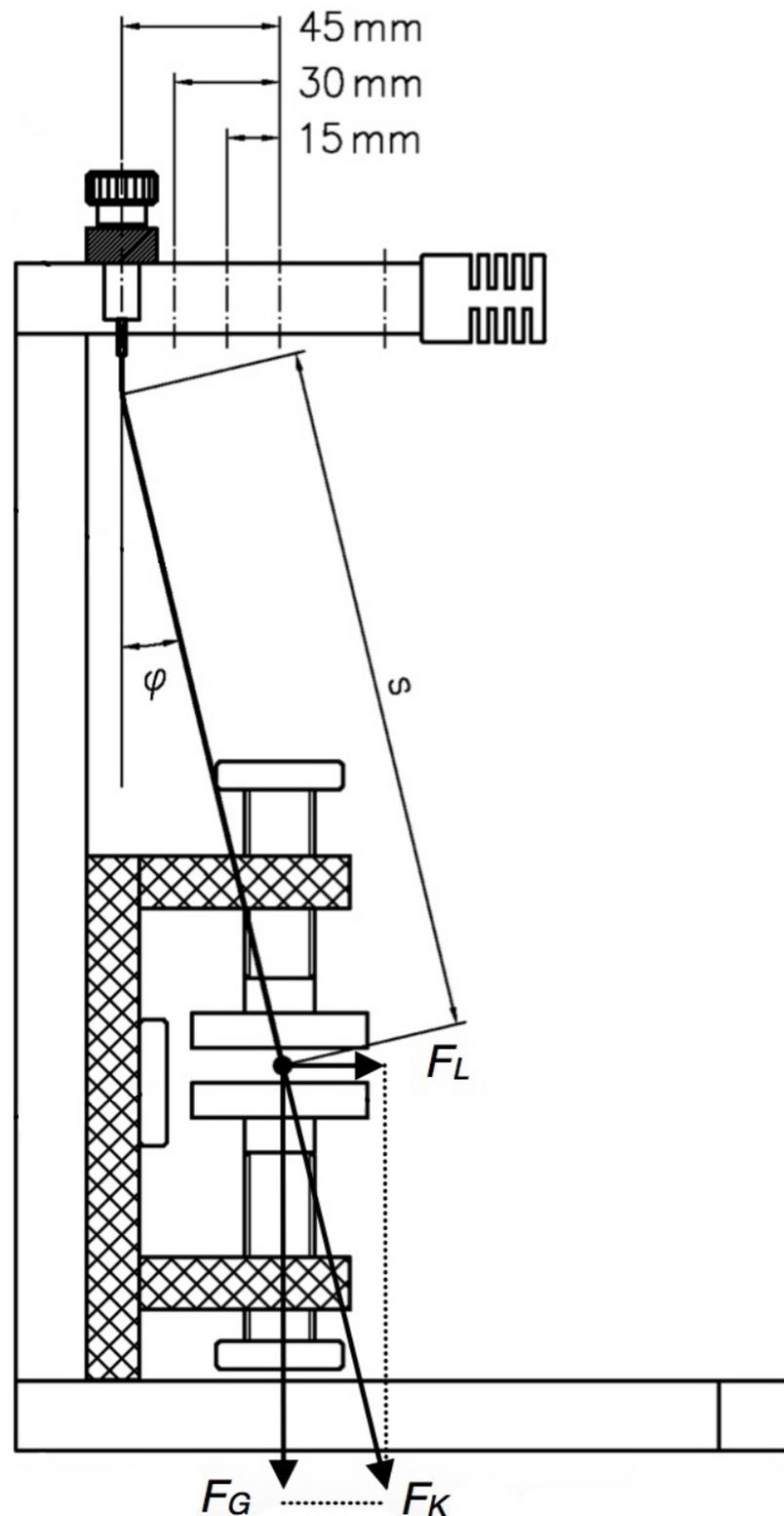
$$F_L = qvB$$

perché $\sin\theta = 1$

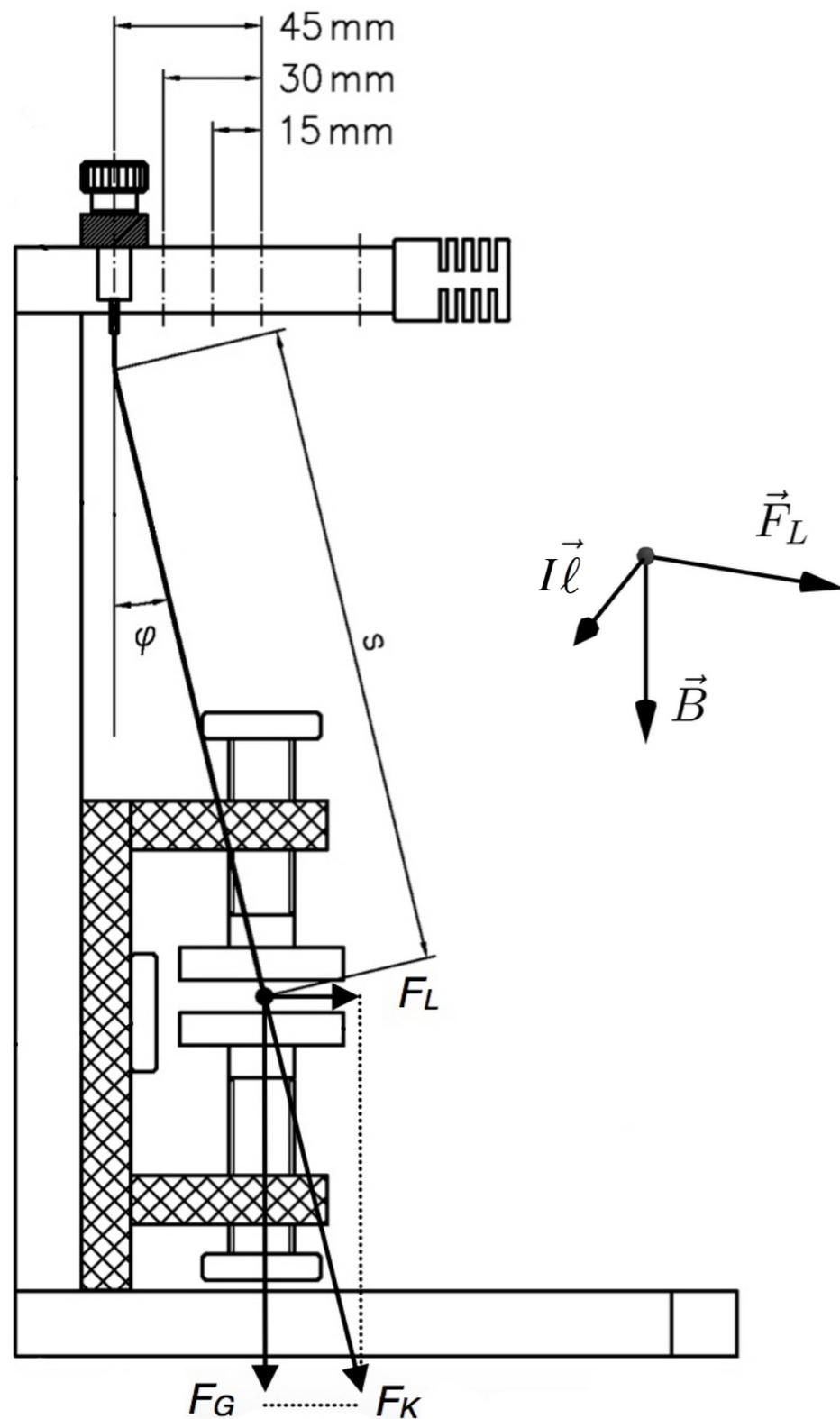
Corrente elettrica:

La forza di Lorentz ha effetto su ogni elettrone che compone una corrente elettrica. In un filo di lunghezza ℓ percorso da corrente I e immerso in un campo magnetico \mathbf{B} subisce una forza di Lorentz di modulo

$$F_L = BIl$$

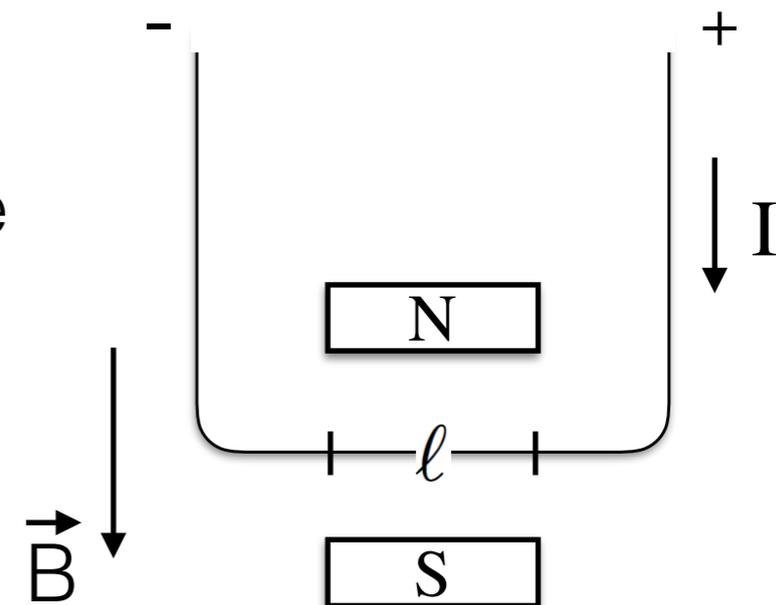


Il pendolo è costituito da un filo conduttore in cui è presente una corrente regolabile con la manopola di un amperometro. All'aumentare della corrente, aumenterà di conseguenza la forza di Lorentz. In corrispondenza del tragitto del pendolo è posizionata una coppia di magneti, i quali possono essere ruotati così da variare la porzione di filo immersa nel campo magnetico. Inoltre il pendolo può essere posto a tre diverse distanze dal centro dei magneti: 15, 30 o 45 millimetri.



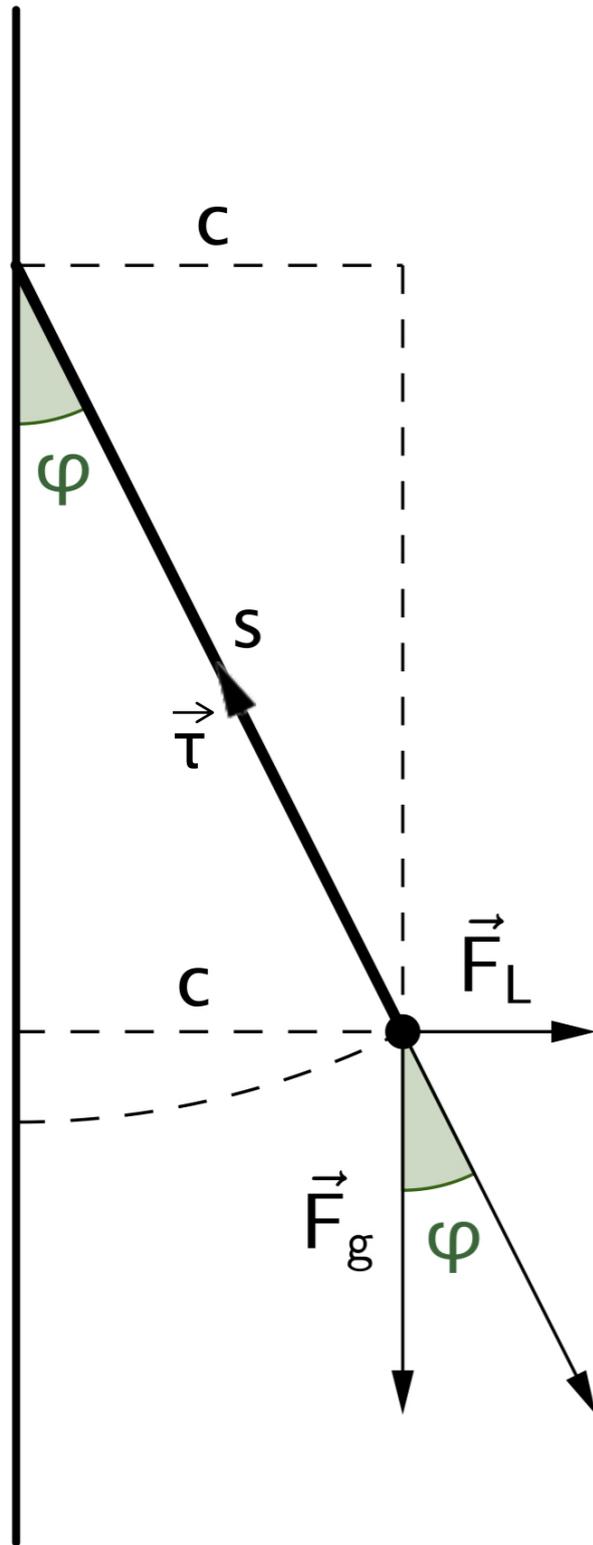
Il campo magnetico va dall'alto verso il basso, mentre la corrente (e quindi la velocità delle cariche in moto) scorre in direzione uscente quando attraversa i magneti. La forza di Lorentz è perpendicolare al piano formato dal campo magnetico e dalla direzione della corrente.

Vista frontale



L'obiettivo dell'esperimento è quello di regolare l'intensità della corrente passante per il filo, e quindi della forza di Lorentz, per raggiungere una situazione di equilibrio in cui il pendolo è fermo al centro dei magneti. Essendoci l'equilibrio, la risultante delle forze nel sistema è nulla.

$$\vec{F}_L + m\vec{g} + \vec{\tau} = \vec{0}$$



Dalla figura osserviamo che valgono le seguenti relazioni:

$$\sin \varphi = c/s, \quad \cos \varphi = \sqrt{1 - \frac{c^2}{s^2}}$$

$$F_L = F_g \tan \varphi = mg \tan \varphi$$

Da cui la forza di Lorentz

$$F_L = mg \frac{c/s}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{s^2}}} = \frac{mgc}{\sqrt{s^2 - c^2}}$$

La lunghezza del filo immerso nel campo magnetico vale l , mentre la lunghezza del pendolo è $s=20\text{cm}$.

Durante l'esperimento i magneti sono posti ad una distanza fissa a di 1cm. A causa degli effetti di bordo, la lunghezza di filo immersa nel campo magnetico non corrisponde all'effettiva lunghezza dei magneti. Si considera l'effetto di bordo come una semicirconferenza.

$$l_w = l + a$$

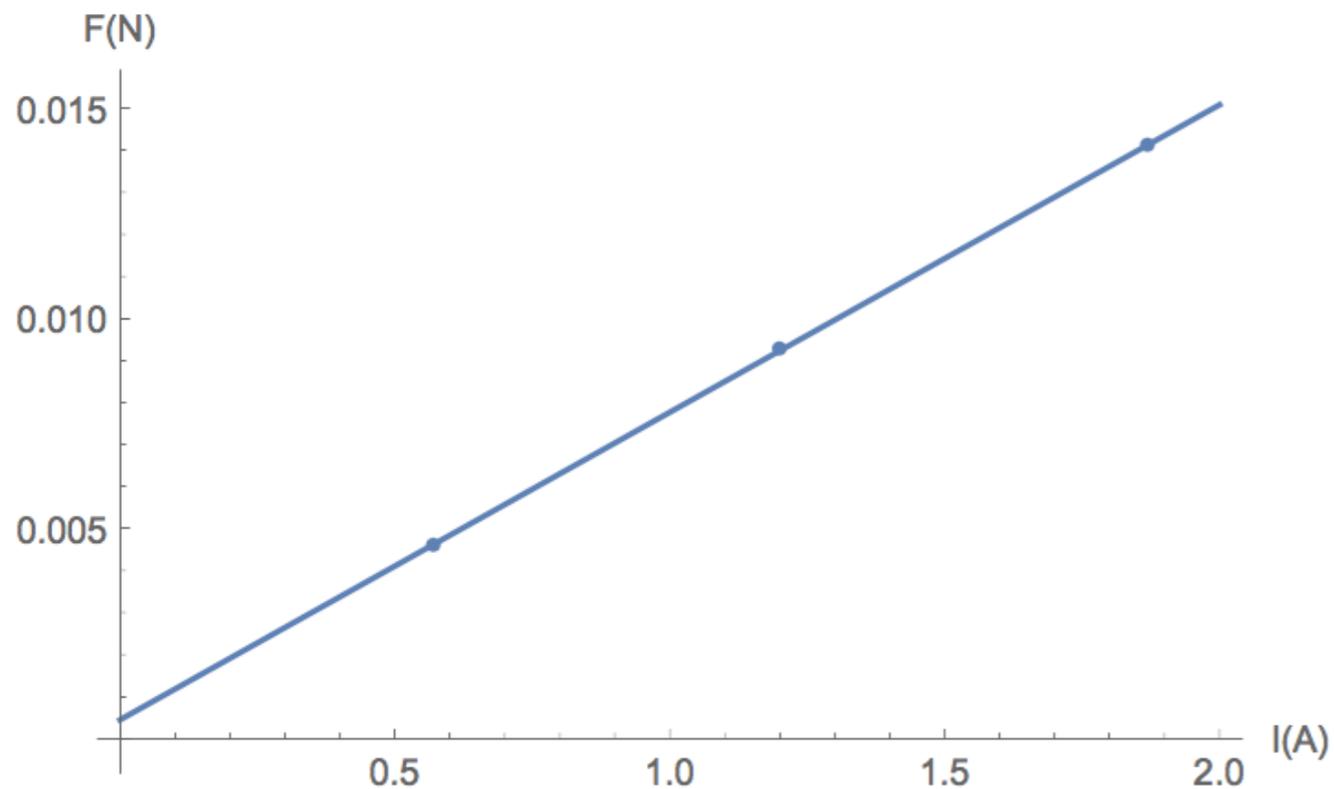
Si effettuano diverse misure delle grandezze I e c quando il filo si trova esattamente al centro dei magneti in una situazione di equilibrio. Nelle prime tre $\ell = 5\text{cm}$ e $c = 15\text{mm}$, 30mm , e 45mm , poi si ripete con $\ell = 2\text{cm}$.

Si ricava la forza di Lorentz tramite

$$F_L = \frac{mgc}{\sqrt{s^2 - c^2}}$$

Inserendo i dati sperimentali in un foglio elettronico si trova la curva migliore che li rappresenta (best fit).

Possiamo verificare la diretta proporzionalità tra I e F_L dal grafico dei punti sperimentali.



La retta ha equazione

$$y = \tilde{A} \cdot x + \tilde{B}$$

dove $F_L = y$; $I = x$ e $B l_w = \tilde{A}$

Ci si aspetta che la retta intercetti l'origine, in questo esempio

$$\tilde{B} = (0.00045 \pm 0.00008) \text{ N}$$

Di seguito sono riportati i dati sperimentali raccolti durante l'esperienza

b(mm)	c(mm)	I(A)	F _L (mN)
50	15	0.57	4.60
50	30	1.2	9.27
50	45	1.87	14.11
20	15	1.16	4.60
20	30	2.36	9.27
20	45	3.57	14.11

b = larghezza estensioni polari

m asta(g) = 6.23

s(mm) = 200

g(m/s²) = 9.81

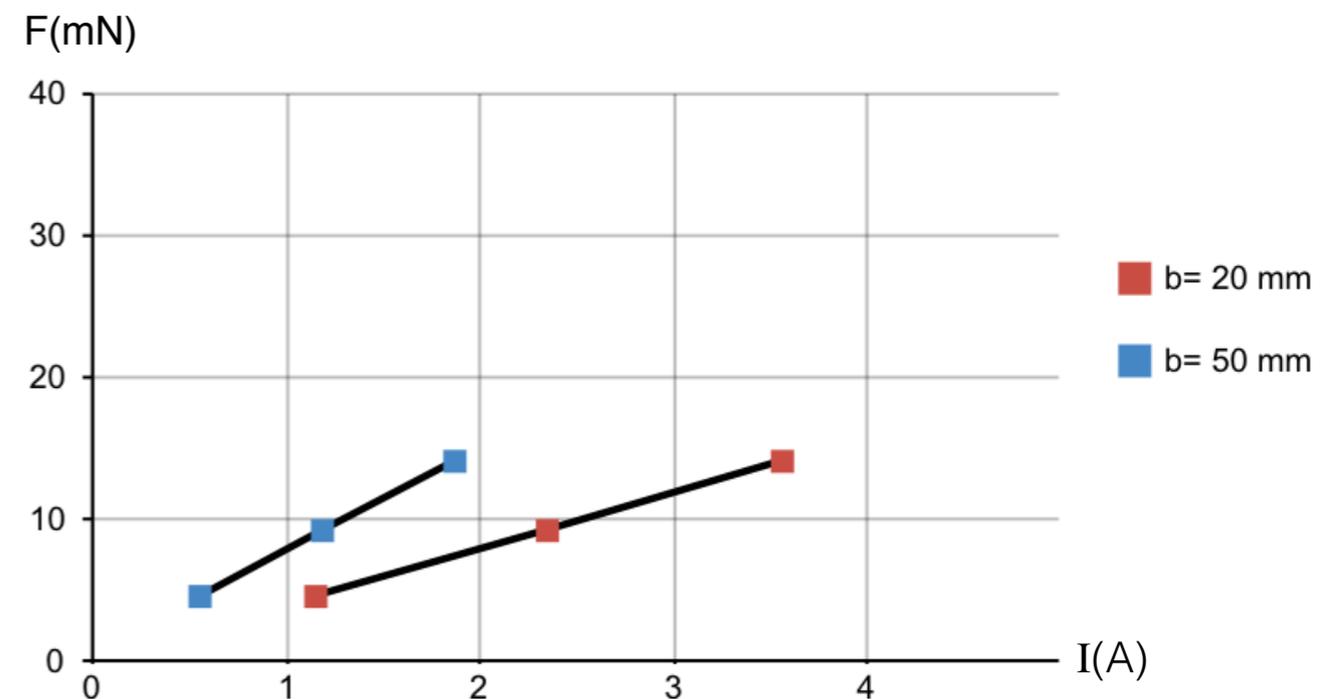
a(mm) = 10

c = distanza tra i magneti e la verticale

\tilde{A} = coefficiente della retta

$$\blacksquare B = \frac{\tilde{A}}{l_w} = \frac{0.0732 \text{ m}\cdot\text{T}}{0.06 \text{ m}} = (0.1220 \pm 0.0023) \text{ T}$$

$$\blacksquare B = \frac{\tilde{A}}{l_w} = \frac{0.0395 \text{ m}\cdot\text{T}}{0.03 \text{ m}} = (0.1317 \pm 0.0023) \text{ T}$$



La retta dovrebbe passare per l'origine, ma nei dati non si è tenuto conto dell'errore.

Ruotando i magneti di un angolo di 90° e tenendo conto del fatto che il tratto di filo immerso nel campo magnetico varia, si ottiene comunque lo stesso valore del campo magnetico. Infatti se viene interessato un tratto di filo maggiore, sarà necessaria un'intensità di corrente minore per raggiungere la situazione di equilibrio e viceversa. La proporzionalità inversa tra I e ℓ è confermata da

$$F_L = BI\ell$$