

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar siły elektrodynamicznej (przy pomocy wagi) działającej na odcinek przewodnika z prądem, który został umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym. Badana jest zależność tej siły od natężenia prądu płynącego w przewodniku i od indukcji pola magnetycznego. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wyznaczana jest wartość indukcji pola magnetycznego

2 Wyznaczanie siły działającej na fragment przewodnika

2.1 pomierzone dane

$U = 12 \text{ V}$

| I [A] | m [g] | F [N] * 10^{-3} |
|-------|-------|-------------------|
| 0,5 | 38,19 | $8,93 \pm 0,00$ |
| 1,0 | 39,08 | $17,67 \pm 0,01$ |
| 1,5 | 39,96 | $26,30 \pm 0,01$ |
| 2,0 | 40,85 | $35,04 \pm 0,02$ |
| 2,5 | 41,60 | $42,4 \pm 0,02$ |
| 3,0 | 42,74 | $53,59 \pm 0,03$ |
| 3,5 | 43,67 | $62,72 \pm 0,03$ |
| 4,0 | 44,62 | $72,04 \pm 0,04$ |
| 4,5 | 45,44 | $80,09 \pm 0,04$ |
| 5,0 | 46,39 | $89,41 \pm 0,04$ |

$U = 6 \text{ V}$

| I [A] | m [g] | F [N]* 10^{-3} |
|-------|-------|------------------|
| 0,5 | 37,61 | $3,24 \pm 0,00$ |
| 1,0 | 38,01 | $7,16 \pm 0,00$ |
| 1,5 | 38,38 | $10,80 \pm 0,01$ |
| 2,0 | 38,77 | $14,62 \pm 0,01$ |
| 2,5 | 39,14 | $18,26 \pm 0,01$ |
| 3,0 | 39,52 | $21,99 \pm 0,01$ |
| 3,5 | 39,98 | $26,50 \pm 0,01$ |
| 4,0 | 40,31 | $29,74 \pm 0,02$ |
| 4,5 | 40,74 | $33,96 \pm 0,02$ |
| 5,0 | 41,11 | $37,59 \pm 0,02$ |

I - prąd płynący przez ramkę

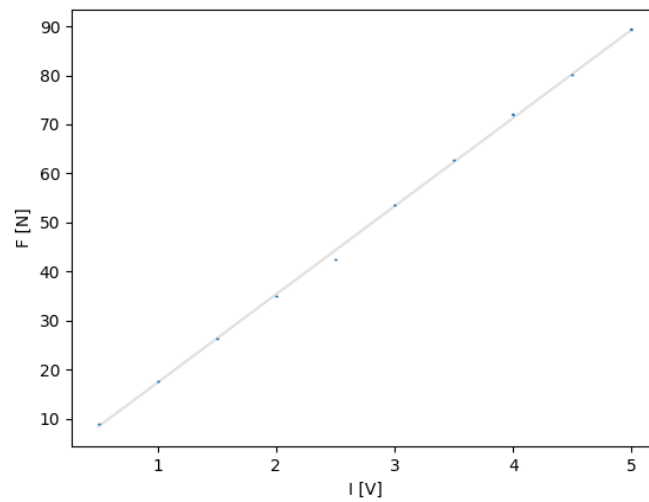
m - masa pozorną ramki przy płynącym przez nią prądzie I

m_0 - masa ramki = 37,28 g

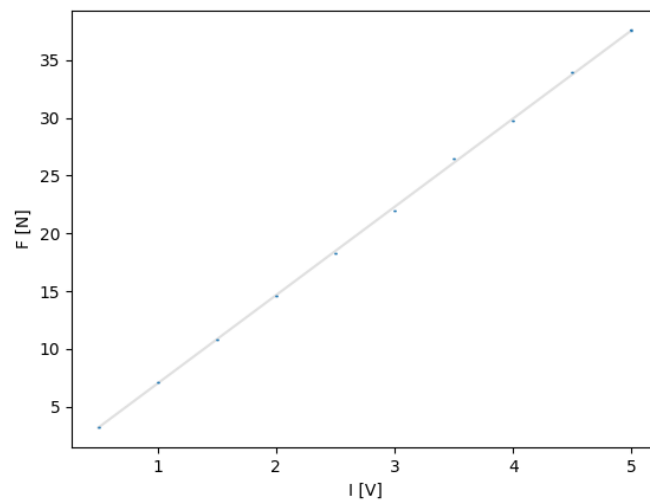
g - przyspieszenie ziemskie przyjęte dla Gdańska $\approx 9,815 \left[\frac{m}{s^2}\right]$

2.2 wykres zależności $F = f(I)$

$U = 12 \text{ V}$



$U = 6 \text{ V}$



2.3 Niepewności

Niepewność siły elektrodynamicznej wyznaczamy jako niepewność wielkości złożonej ze wzoru:

$$\Delta F = \left| \frac{\partial F}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial F}{\partial m_0} \right| \Delta m_0 = \left(\frac{(m - m_0)g}{m} + \frac{(m - m_0)g}{m_0} \right) \Delta m$$

gdzie $\Delta m_0 = \Delta m = 0,01 \text{ g}$

3 Określenie zależności indukcji magnetycznej elektromagnesu

| U [V] | I [A] | m [g] | B [T] * 10 ⁻³ |
|-------|-------|-------|--------------------------|
| 2 | 0,04 | 37,67 | 956,96 ± 0,22 |
| 4 | 0,2 | 38,96 | 824,46 ± 0,19 |
| 6 | 0,36 | 40,27 | 815,19 ± 0,19 |
| 8 | 0,53 | 41,68 | 814,83 ± 0,19 |
| 10 | 0,7 | 43,11 | 817,45 ± 0,19 |
| 12 | 0,86 | 44,52 | 826,29 ± 0,19 |

I - natężenie prądu w uzwojeniu elektromagnesu

m - masa pozorna ramki przy płynącym przez nią prądzie I

m_0 - masa ramki = 37,28 g

g - przyspieszenie ziemskie przyjęte dla Gdańska $\approx 9,815 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

3.1 Niepewności

Niepewność indukcji pola magnetycznego wyznaczonego metodą najmniejszych kwadratów wyznaczymy z odpowiednich wzorów ¹

$$u_a = \sqrt{\frac{n}{n-2} * \frac{\sum y_i^2 - a \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2}}$$

skąd

$$u_B = \left| \frac{\partial B}{\partial a} \right| u_a = \frac{g}{L} u_a$$

W przypadku zależności $B(I_m)$ niepewność B wyznaczamy jako niepewność funkcji złożonej zmiennych m, m_0, I :

$$\Delta B = \left| \frac{\partial B}{\partial m_0} \right| \Delta m_0 + \left| \frac{\partial B}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial B}{\partial I} \right| \Delta I = \frac{g}{IL} (\Delta m + \Delta m_0 + \frac{m - m_0}{I} \Delta I)$$

gdzie $\Delta m_0 = \Delta m = 0,01 \text{ g}$ oraz $\Delta I = 0,02 \text{ A}$.

¹<https://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

4 Wartość indukcji magnetycznej w szczelinie elektromagnesu

a, b = 1.83 37.21 (wyszło w 1 przykładzie a = 1.82 więc się zgadza)

5 Użyte wzory

5.1 Wyniki

Przy pierwszych pomiarach (zmienianie prądu płynącego w ramce) chcąc wyznaczyć wartość indukcji pola magnetycznego B posłużymy się wzorem:

$$\begin{aligned}F &= ILB \\(m - m_0)g &= ILB \\m(I) &= \frac{LB}{g}I + m_0\end{aligned}$$

gdzie m_0 - masa samej ramki,

m - masa pozorna ramki przy płynącym przez nią prądzie I

$L = 0,1 \text{ m}^2$ - długość odcinka przewodnika oddziałującego z polem magnetycznym.

Korzystając z metody najmniejszych kwadratów otrzymamy współ. kierunkowy prostej

$$a = \frac{LB}{g} \rightarrow B = \frac{ag}{L}$$

W następnym pomiarze (zmiana prądu płynącego przez uzwojenie elektromagnesu) skorzystamy z zależności

$$B = \frac{(m - m_0)g}{IL}$$

przy określeniu zależności $B(I_m)$, gdzie I_m - natężenie prądu w uzwojeniu elektromagnesu.

²<https://pg.edu.pl/files/ftims/2021-03/cwiczenieE5.pdf>