

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

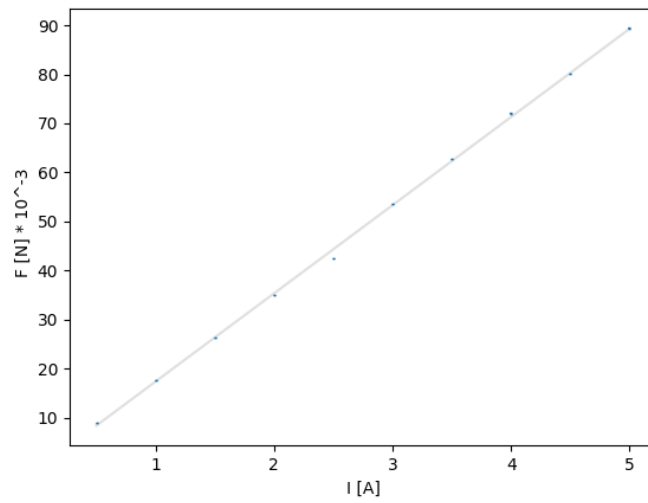
m_0 - masa ramki = 37,28 g

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

2.2 wykres zależności $F = f(I)$

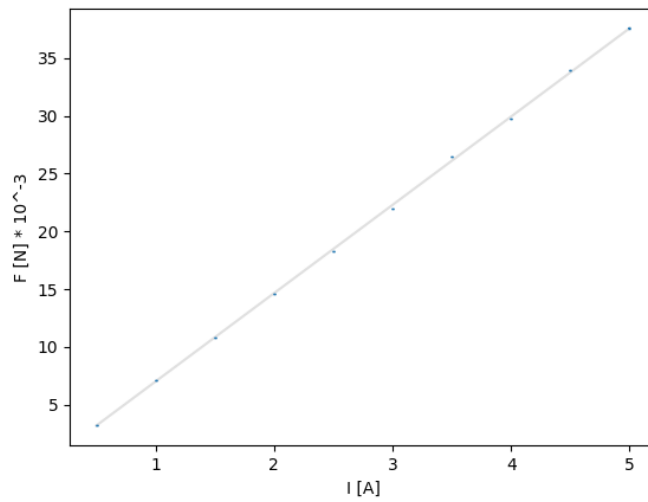
$U = 12 \text{ V}$

współczynnik kierunkowy prostej = 17.99



$U = 6 \text{ V}$

współczynnik kierunkowy prostej = 7.64



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 wyznaczmy 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>