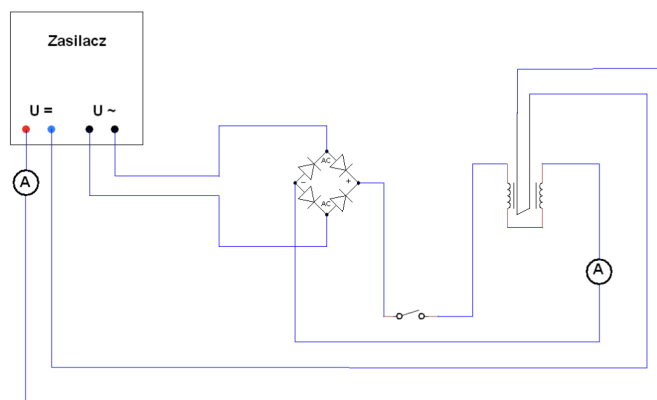


1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar siły elektrodynamicznej (przy pomocy wagi) działającej na odcinek przewodnika z prądem, który został umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym. Zbadana została zależność tej siły od natężenia prądu płynącego w przewodniku oraz od natężenia prądu płynącego w uzwojeniu. Pomiary przeprowadzone zostały przy użyciu następującego układu ¹:



2 Użyte wzory

2.1 Zmiana prądu w ramce

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

$$F = (m - m_0)g$$

$$F(I) = LB \cdot I$$

gdzie

m_0 - masa samej ramki,

m - masa pozorną 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 wartość współ. kierunkowego prostej

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

¹<https://pg.edu.pl/files/ftims/2021-03/cwiczenieE5.pdf>

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

2.2 Zmiana prądu w uzwojeniu

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 elektromagnes natomiast $I = 4A$ - stałe natężenie prądu w przewodniku.

3 Wzory do wyliczenia niepewności

Przyjmujemy $\Delta m = 0,01$ dla każdego pomiaru masy.

3.1 Zmiana prądu w ramce

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 $\Delta m_0 = \Delta m = 0,01$ g.

Niepewność indukcji pola magnetycznego wyznaczonego metodą najmniejszych kwadratów obliczamy z odpowiednich wzorów ³

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

skąd

$$u_B = \left| \frac{\partial B}{\partial a} \right| u_a = \frac{1}{L} u_a$$

3.2 Zmiana prądu w uzwojeniu

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

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

gdzie I - natężenie prądu w ramce (!) oraz $\Delta I = 0,02$ A.

³<https://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

4 Pomierzone dane

4.1 Zmiana prądu w ramce dla stałego $U = 6 \text{ V}$ w uzwojeniu

$I \text{ [A]}$	$m \text{ [g]}$	$F \text{ [mN]}$
0,5	37,61	$3,24 \pm 0,01$
1,0	38,01	$7,16 \pm 0,01$
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

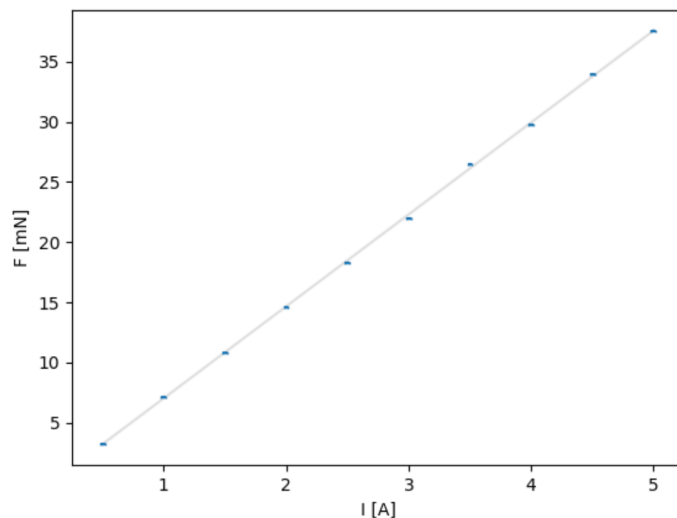
m - masa pozorna ramki przy płynącym przez nią prądzie I

F - siła elektrodynamiczna działająca na przewodnik obliczona przy użyciu wyżej wymienionego wzoru

$m_0 = 37,28 \text{ g}$ - masa ramki

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

4.2 Wyznaczenie B dla $U = 6 \text{ V}$



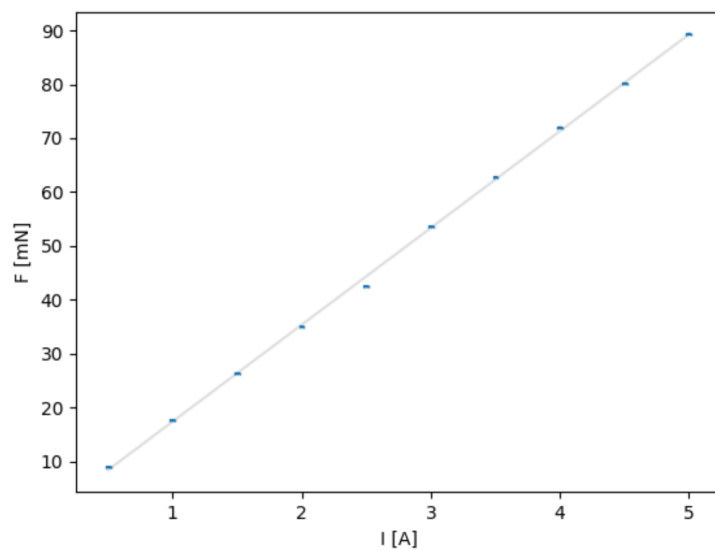
otrzymujemy $a = 7,65 \left[\frac{\text{mN}}{\text{A}} \right] \rightarrow B = 76,50 \pm 4,11 \text{ [mT]}$

4.3 Zmiana prądu w ramce dla stałego $U = 12 \text{ V}$ w uzwojeniu

I [A]	m [g]	F [mN]
0,5	38,19	$8,93 \pm 0,01$
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	$89,41 \pm 0,04$

oznaczenia jak powyżej

4.4 Wyznaczenie B dla $U = 12 \text{ V}$



otrzymujemy $a = 17,99 \left[\frac{\text{mN}}{\text{A}} \right] \rightarrow B = 179,90 \pm 6,38 \text{ [mT]}$

4.5 Zmiana prądu w uzwojeniu dla stałego $I = 4A$ w ramce

U [V]	I_m [A]	m [g]	B [mT]
2	0,04	37,67	$9,56 \pm 0,54$
4	0,2	38,96	$41,20 \pm 0,70$
6	0,36	40,27	$73,33 \pm 0,86$
8	0,53	41,68	$107,91 \pm 1,03$
10	0,7	43,11	$142,98 \pm 1,20$
12	0,86	44,52	$177,56 \pm 1,38$

I_m - natężenie prądu w uzwojeniu elektromagnesu

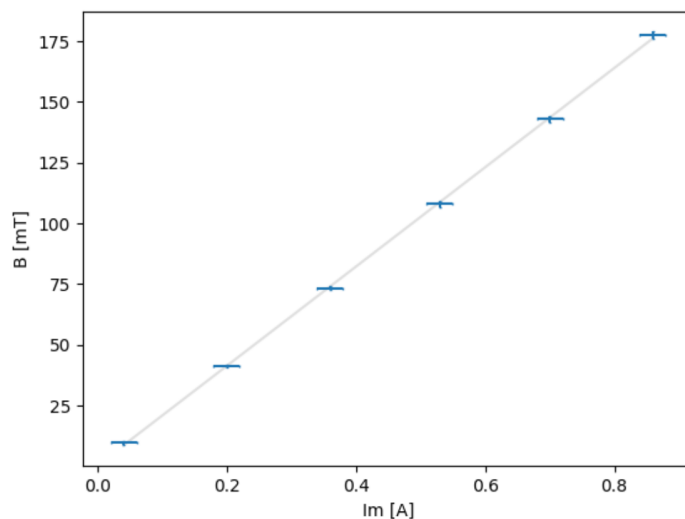
m - masa pozorna ramki przy płynącym przez nią prądzie I

m_0 - masa ramki = 37,28 g

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

B - indukcja pola magnetycznego policzona z wyżej wymienionego wzoru

4.6 Zależność $B(I_m)$



prosta o równaniu: $y = 204.50x + 0.40$

5 Wnioski

U[V]	B[mT]
6	$76,50 \pm 4,11$
12	$179,90 \pm 6,38$

Zgodnie z oczekiwaniami teoretycznymi, w pierwszych dwóch pomiarach zależność $F(I)$ jest liniowa, a współczynnik kierunkowy jest większy wraz ze

wzrostem napięcia (a co za tym idzie natężenia) na uzwojeniu elektromagnesu. Podobnie w trzecim pomiarze można zauważyć, że wraz ze wzrostem napięcia na uzwojeniu elektromagnesu wzrasta indukcja pola magnetycznego. Zależność $B(I_m)$ również wyszła liniowa.

We wszystkich pomiarach głównym czynnikiem wpływającym na niepewności był błąd związany z oscylacją wagi, przez co trudniej stwierdzić było, czy osiągnięto położenie równowagi. Istotny wpływ na odczyt mógł mieć również błąd paralaksy. Ponadto, amperomierz jest najdokładniejszy w środkowej części mierzonego zakresu, przez co pomiary wartości skrajnych mogły być obciążone dodatkowymi niedokładnościami.