

Badanie oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem

-

doświadczenie 204 (sala 217A)

Sebastian Maciejewski 132275 i Jan Techner 132332

22 grudnia 2017

1 Wstęp teoretyczny

Oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem jest zjawiskiem powszechnie wykorzystywanym w technice. W licznych doświadczeniach z cząsteczkami obdarzonymi ładunkiem elektrycznym poruszającymi się w polu magnetycznym zaobserwowano występowanie siły powodującej zakrzywienie ich toru. Siłę tę jako pierwszy opisał Holenderski fizyk Hendrik Lorentz, a konsekwencją występowania siły Lorentza jest siła działająca w polu magnetycznym na przewodnik z prądem. Siła ta bierze się z tego, że w odcinku o długości l w danej chwili przepływa n elektronów o ładunku e i średniej prędkości unoszenia v_u i na każdy elektron działa siła Lorentza.

Opis doświadczenia

Doświadczenie polega na zbadaniu siły elektrodynamicznej działającej na ramkę w polu magnetycznym. Chcąc wyznaczyć siłę elektrodynamiczną działającą na dolny bok ramki, musimy rozważyć momenty sił występujące po wychyleniu ramki z położenia równowagi. Momenty te będą związane z siłami: grawitacji oraz elektrodynamiczną.

Szukana przez nas siła będzie miała postać

$$F_{ED} = \frac{1}{2} \operatorname{tg}(\alpha) mg, \quad (1)$$

gdzie m to masa ramki i α to kąt odchylenia.

Ponieważ widać, że $\operatorname{tg}(\alpha)$ będzie równy stosunkowi długości odcinka x odczytanej ze skali do odległości osi obrotu od środka skali d , można powyższy wzór przedstawić jako

$$F_{ED} = \frac{mgx}{2d}, \quad (2)$$

a z racji tego, że wielkości m , g i d są stałe finalna postać wzoru (po podstawieniu $c = \frac{mg}{2d}$, gdzie stała $c = 2,65 \pm 0,05 \frac{N}{m}$), to :

$$F_{ED} = cx \quad (3)$$

2 Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów natężenia prądu $I[A]$ w zależności od wychylenia i liczby zwojów

Wychylenie $[m]$ Zwoje	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
5	0,128	0,281	0,421	0,566	0,706	0,859	1,008	1,118	1,281	1,426
10	0,065	0,141	0,208	0,277	0,351	0,432	0,501	0,592	0,652	0,732
15	0,046	0,091	0,143	0,195	0,242	0,282	0,337	0,39	0,444	0,495
20	0,037	0,075	0,102	0,143	0,186	0,213	0,261	0,298	0,341	0,381
25	0,02	0,049	0,088	0,118	0,144	0,175	0,202	0,241	0,275	0,308

Tablica 1: Wychylenie w prawo

Wychylenie $[m]$ Zwoje	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
5	0,145	0,289	0,426	0,596	0,738	0,882	1,057	1,213	1,381	1,557
10	0,075	0,141	0,218	0,301	0,374	0,454	0,529	0,616	0,694	0,781
15	0,047	0,098	0,139	0,198	0,245	0,307	0,354	0,417	0,478	0,525
20	0,036	0,071	0,112	0,152	0,187	0,227	0,278	0,315	0,369	0,419
25	0,027	0,055	0,085	0,122	0,147	0,186	0,218	0,248	0,293	0,323

Tablica 2: Wychylenie w lewo

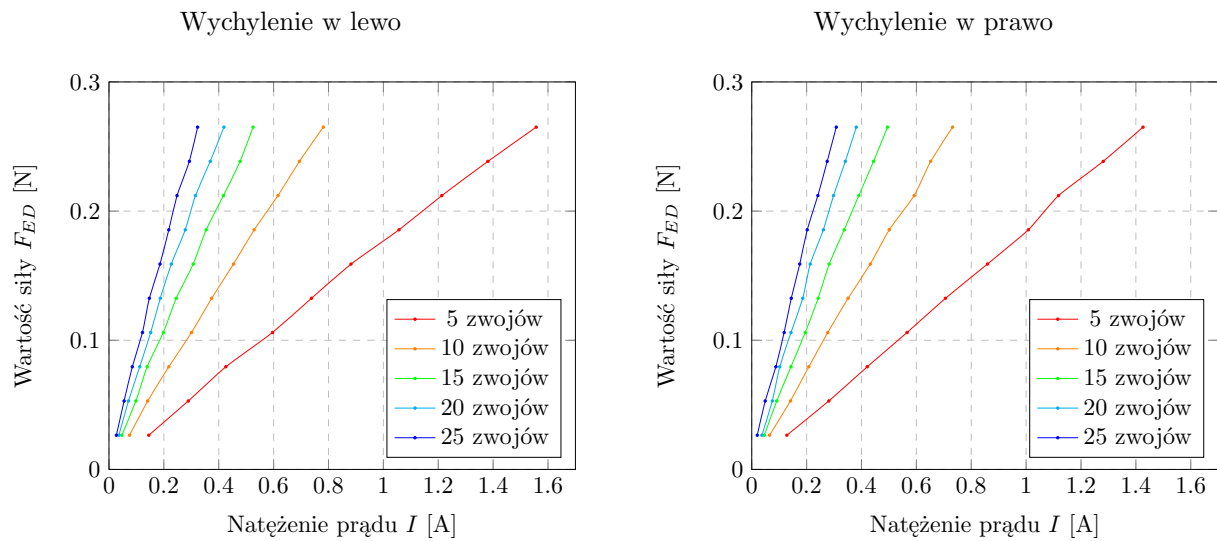
3 Opracowanie wyników

Korzystając ze wzoru (3) możemy obliczyć siłę elektrodynamiczną działającą na pręt w zależności od wielkości wychylenia z położenia równowagi.

Wychylenie ramki (m)	Wartość siły F_{ED} [N]
0,01	0,0265
0,02	0,053
0,03	0,0795
0,04	0,106
0,05	0,1325
0,06	0,159
0,07	0,1855
0,08	0,212
0,09	0,2385
0,1	0,265

Tablica 3: Wartość siły F_{ED} w zależności od wychylenia

Na poniższych wykresach przedstawiono zależności siły elektrodynamicznej F_{ED} od natężenia prądu przepływającego przez uzwojenia ramki dla wszystkich wartości liczby uzwojeń n :



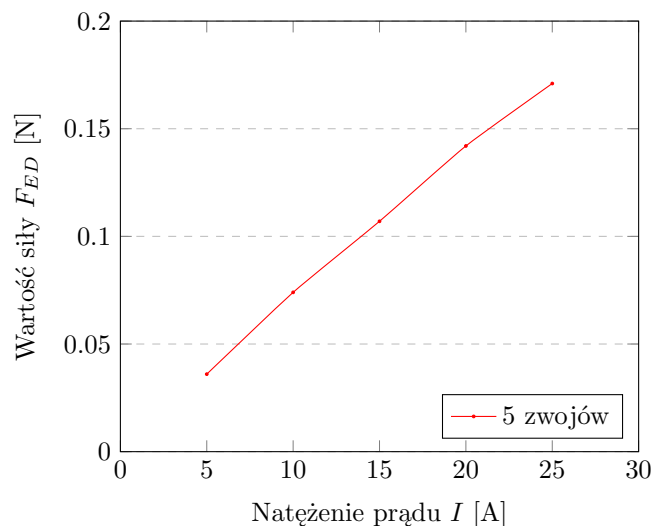
Rysunek 1: Zależność wartości siły F_{ed} od natężenia prądu I dla wychylenia w lewo i prawo

Korzystając z wykresu po lewej stronie, odczytamy przybliżone wartości F_{ED} dla natężenia prądu o wartości 0,2 A. Odczytane wartości znajdują się w tabeli poniżej:

Liczba zwojów	Wartość siły F_{ED} [N]
5	0,036
10	0,074
15	0,107
20	0,142
25	0,171

Tablica 4: Wartość siły F_{ED} w zależności od wychylenia

Wartości z tabeli przedstawione na wykresie :



Rysunek 2: Zależność wartości siły F_{ed} od liczby uzwojeń dla natężenia 0,2A i wychylenia w lewo

Wyliczymy teraz, korzystając z metody regresji liniowej, współczynnik nachylenia prostej odpowiadającej zależności siły elektrodynamicznej od natężenia prądu przepływającego przez uzwojenia ramki (dla 10 zwojów) wychylonej w prawo.

Przyjmujemy, że $F_{ED} = y$, $I = x$ i wzorami:

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2},$$

$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2},$$

wyznaczamy współczynnik a oraz punkt b przecięcia prostej z osią OY:

$$a = 0,356601115$$

$$b = 0,0048569$$

Błąd wyznaczenia wielkości a :

$$\Delta a = \sqrt{\frac{n(\sum y_i^2 - a \sum x_i y_i - b \sum y_i)}{(n-2)(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)}} = 0,003340024$$

Następnie korzystając z równania:

$$B = \frac{a_R}{n \cdot a} \quad (4)$$

gdzie a_R jest obliczonym przez nas wyżej współczynnikiem a , n jest ilością zwojów zaś a jest długością dolnego boku ramki i wynosi $a = (13,0 \pm 0,2) \text{ cm}$, obliczamy wartość indukcji pola magnetycznego B , która wynosi:

$$B = \frac{0,356601115}{10 \cdot 0,13} = 0,27430855 T$$

Błąd wyznaczenia B wyznaczamy za pomocą różniczki logarytmicznej:

$$\Delta B = \left(\frac{\Delta a_R}{a_R} + \frac{\Delta a}{a} \right) B$$

co po podstawieniu odpowiednich wartości Δa_R , a_R , Δa , a i B daje nam:

$$\Delta B = 0,006789381 T$$

Zatem ostateczne wartości a_R i B wyglądają następująco:

	a_R	B
wynik obliczeń	0,356601115	0,27430855
dokładność	0,003340024	0,006789381
po zaokrągleniu	$0,357 \pm 0,003$	$(0,274 \pm 0,007) T$

Tablica 5: Współczynnik nachylenia prostej a_R i wartość indukcji pola magnetycznego B wraz z dokładnościami Δa_R i ΔE_A

Wnioski

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia istotnie potwierdzają tezę, że siła elektrodynamiczna działająca na ramkę w polu magnetycznym, przez którą płynie prąd, jest wprost proporcjonalna do natężenia prądu płynącego przez tą ramkę i ilości zwojów, z której się składa.

Natomiast obliczona wartość indukcji pola magnetycznego, w którym znajdowała się ramka jest tak naprawdę wartością średnią, ponieważ pole między biegunami magnesu nie jest w pełni jednorodne.

Wszelkie błędy wynikają w dużej mierze z niedokładności pomiarów.