

Ćwiczenie E5

Pomiar indukcji pola magnetycznego w szczelinie elektromagnesu

E5.1. 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.

E5.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Pole magnetyczne: linie pola magnetycznego, wektor indukcji magnetycznej (definicja, jednostka),
- oddziaływanie pola magnetycznego na poruszający się ładunek elektryczny oraz na przewodnik z prądem,
- definicja jednostki natężenia prądu,
- urządzenia, wykorzystujące oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem,
- metoda najmniejszych kwadratów.

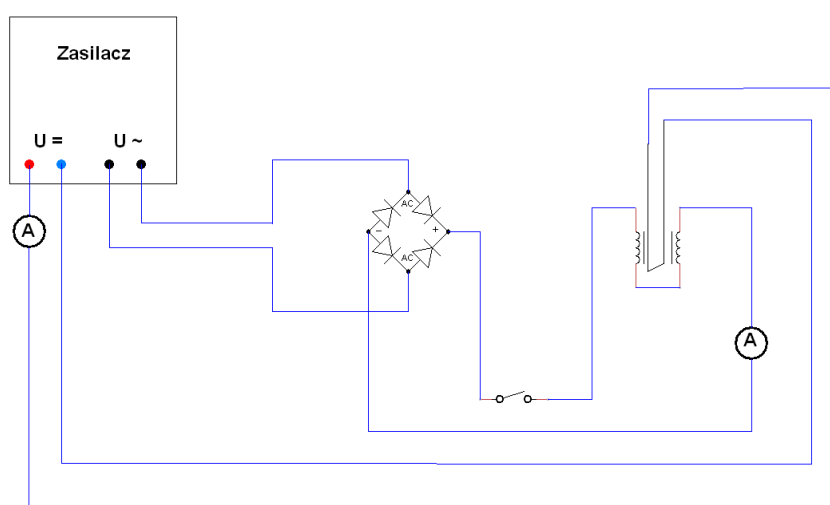
E5.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz.3*, PWN, Warszawa.
- [2] Bobrowski Cz.: *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

E5.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Układ doświadczalny

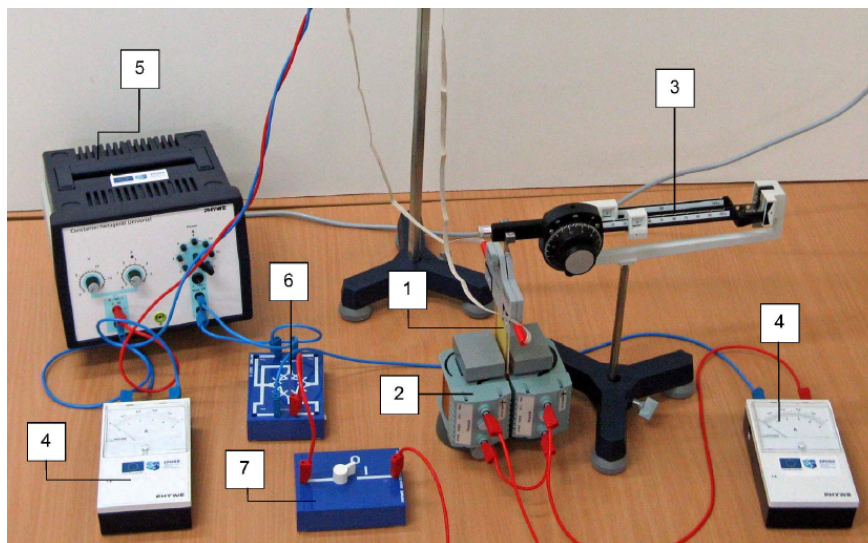
Rysunek E5.1 przedstawia schemat, zaś rysunek E5.2 zdjęcie układu, na którym zostały zaznaczone podstawowe jego elementy: **1** — przewodząca pętla, **2** — elektromagnes, **3** — waga, **4** — mierniki uniwersalne (jeden do pomiaru natężenia prądu płynącego przez pętlę, drugi do pomiaru natężenia prądu płynącego w uzwojeniu elektromagnesu), **5** — zasilacz, **6** — prostownik, **7** — wyłącznik.



Rysunek E5.1. Schemat układu pomiarowego

Przebieg doświadczenia

1. Ustawić nabiegunniki elektromagnesu (**2**) tak, aby ich końcowe krawędzie były do siebie równoległe, a przerwa powietrzna między nimi wynosiła około 1 cm;
2. Wagę (**3**) z zawieszoną pętlą przewodnika (**1**) ustawić tak, aby poziomy odcinek przewodnika był prostopadły do linii sił pola magnetycznego i znajdował się pośrodku obszaru, w którym pole magnetyczne jest jednorodne. Położenie pętli można precyzyjnie regulować za pomocą śruby na trójnogu wagi;
3. Zrównoważyć wagę (**3**), przesuwając ciężarki na jej ramieniu i obracając gałkę z podziałką. Przy gałce znajduje się podziałka noniusza, umożliwiającą pomiar masy z dokładnością do 0,01 g;



Rysunek E5.2. Zdjęcie układu pomiarowego

4. Odczytać masę pętli m_o ;
5. Ustawić napięcie pracy elektromagnesu przelączając zworę zasilacza (5). Napięcie zasilania elektromagnesu można zmieniać co 2 V do maksymalnej wartości 12 V;
6. Włączyć zasilanie elektromagnesu (właczka (7) powinien być w pozycji „1”) i odczytać na mierniku uniwersalnym wartość natężenia prądu płynącego w uzwojeniu elektromagnesu I_m ;
7. Włączyć zasilanie pętli przewodnika (na zasilaczu (5) pokrętłem z lewej strony ustawić wartość około 10 V);
8. Zwiększać stopniowo natężenie prądu w pętli (pokrętłem z lewej strony zasilacza (5)) do wyznaczonej wartości I jednocześnie stopniowo równoważąc wagę;
9. Przy zadanej I odczytać wskazania zrównoważonej wagi m ;
10. Wiedząc, że pozorny wzrost lub ubytek wartości wskazywanej masy spowodowany jest działającą w kierunku pionowym siłą elektrodynamiczną, należy wyznaczyć jej wartość ze wzoru: $F = |m - m_o|g$, gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim, które dla Gdańska można przyjąć, że wynosi $g = 9,815\text{m/s}^2$;
11. W zależności od zadania powtarzamy czynności z kroków 5-10 zmieniając odpowiednio albo natężenie prądu w pętli przewodnika (co 0,5 A do maksymalnej wartości 4 A) albo natężenie prądu płynącego w uzwojeniu elektromagnesu

(zmieniając napięcie pracy elektromagnesu co 2 V do maksymalnej wartości 12 V).

Zadania do wykonania

- E5.1. Przy stałej wartości indukcji pola magnetycznego (napięcie pracy elektromagnesu ustala prowadzący ćwiczenie, np. 12 V) wyznaczyć zależność siły działającej na fragment przewodnika F od natężenia prądu płynącego w tym przewodniku I . Sporządzić wykres zależności $F = f(I)$.
- E5.2. Wykorzystując zależność z zadania E5.1 wyznaczyć metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów wartość indukcji magnetycznej w szczelinie elektromagnesu.
- E5.3. Przy stałym natężeniu prądu płynącym w pętli przewodnika (np. przy $I = 4$ A) wyznaczyć zależność siły F działającej na fragment tego przewodnika od natężenia prądu płynącego w uzwojeniu elektromagnesu I_m . Określić zależność indukcji magnetycznej elektromagnesu B od I_m . Sporządzić wykres zależności $B = f(I_m)$.

Uzupełnienie do zadań E5.2- E5.3

Używana w ćwiczeniu pętla przewodnika posiada dwa zwoje o szerokości 0,05 m. Działająca na nią siła elektrodynamiczna jest równa sile działającej na pojedynczą pętlę o dwa razy większej szerokości. Wyznaczając więc indukcję magnetyczną w szczelinie elektromagnesu należy przyjąć, że długość fragmentu przewodnika, na który działa mierzona siła F wynosi $L = 0,1$ m.

E5.5. Rachunek niepewności

Niepewność pomiaru masy m_o i m oraz natężenia prądu I i I_m oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych. Niepewność wyznaczenia siły elektrodynamicznej liczymy jako niepewność wielkości złożonej. Wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykresy.

Niepewność wyznaczenia wartości indukcji magnetycznej w szczelinie elektromagnesu liczymy jako niepewność wielkości złożonej, bo wyrażonej w przypadku zadania E5.2 przez współczynnik kierunkowy odpowiedniej zależności liniowej między F i I , zaś w przypadku zadania E5.3 przez mierzone wartości F i I . Przy właściwie ustawionej pętli przewodnika należy przyjąć, że niepewność wyznaczenia długości fragmentu przewodnika, na który działa siła elektrodynamiczna $\delta L = 0$.

Niepewność wyznaczenia parametrów analizowanych zależności liniowych wyznaczamy metodą graficzną i/lub obliczamy jako niepewność standardową stosując odpowiednie wzory z metody najmniejszych kwadratów.