



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



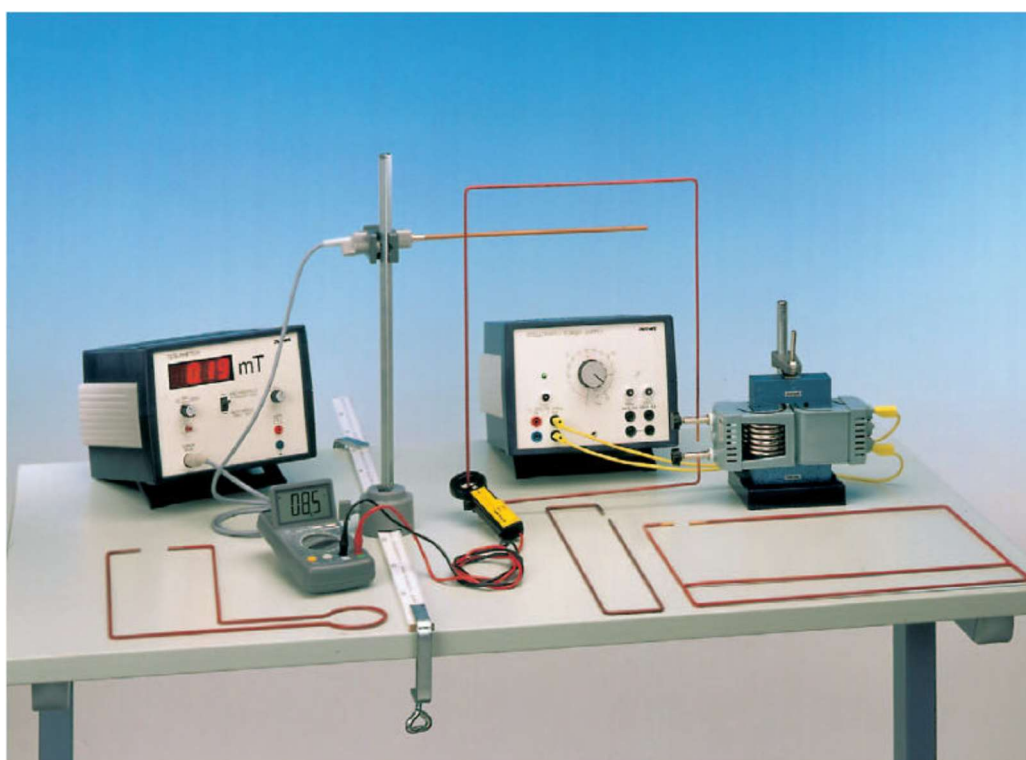
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Ćwiczenie nr 10

Indukcja pola magnetycznego wokół przewodnika prostoliniowego



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Technologii
i Inżynierii Chemicznej



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Medyczny

PRACOWNIA BIOFIZYKI



Wstęp

Poruszające się ładunki elektryczne powodują powstanie pola magnetycznego. Pole magnetyczne wokół przewodnika prostoliniowego jest podstawowym przykładem powstawania takiego pola.

Pierwsze prawo Maxwella (prawo Ampere'a) w przypadku, gdy pole elektryczne \vec{E} zależne od czasu jest nieobecne ma postać

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{s} = \iint_A \vec{j} \cdot d\vec{A}, \quad (1)$$

razem z czwartym prawem Maxwella (prawo Gaussa dla magnetyzmu)

$$\oiint_{A'} \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

prowadzą do zależności między stałą natężeniem prądu I płynącym przez powierzchnię A

$$I = \iint_A \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad (3)$$

oraz indukcją pola magnetycznego \vec{B} , którą w wyniku jego przepływu powstaje.

C jest brzegiem powierzchni A , A' jest powierzchnią zamkniętą, a \vec{j} gęstością przepływu prądu. Przenikalność magnetyczna próżni wynosi $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$.

Z (1) i (2) otrzymujemy indukcje pola magnetycznego dla długiego prostoliniowego przewodnika

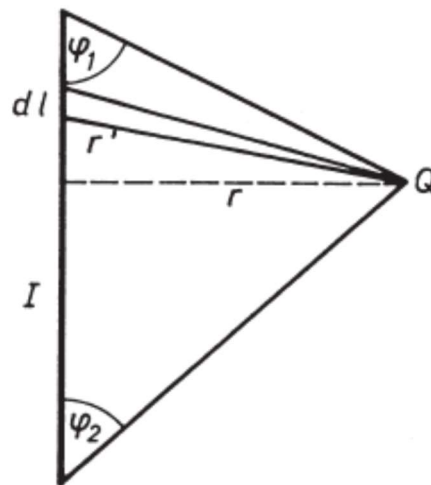
$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi |\vec{r}|} \quad (3)$$

gdzie \vec{r} jest odległością przewodnika od punktu pomiaru pola.

Kierunek indukcji pola magnetycznego jest prostopadły do \vec{r} oraz \vec{j} : $\vec{B} \perp \vec{r}$, $\vec{B} \perp \vec{j}$.

Rysunek 1 pokazuje wkład elementu $d\vec{l}$ przewodnika do indukcji pola magnetycznego w punkcie Q

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^3} d\vec{l} \times \vec{r} \text{ lub } |\vec{B}| = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2).$$



Rysunek 1. Wkład elementu przewodnika dl do indukcji pola magnetycznego w punkcie Q .

Zadania

- Zbadanie pola magnetycznego powstającego wokół przewodnika prostoliniowego, w którym płynie prąd.
- Określenie zależności pola magnetycznego wokół przewodnika prostoliniowego w funkcji natężenia prądu.
- Określenie zależności pola magnetycznego wokół przewodnika prostoliniowego w funkcji odległości od przewodnika.
- Określenie zależności pola magnetycznego wokół dwóch przewodników prostoliniowych, o zgodnych kierunkach przepływu prądu, w funkcji odległości.
- Określenie zależności pola magnetycznego wokół dwóch przewodników prostoliniowych, o przeciwnych kierunkach przepływu prądu, w funkcji odległości.

Sprzęt

1. Teslometr z próbnikiem Halla PHYWE:



Rysunek 2. Teslometr.

- [1] Wejście próbnika Halla
- [2] Śruba regulacyjna do zgrubnego wyzerowania
- [3] Wybór zakresu
- [4] Wybór pole przemienne i stałe
- [5] Wyświetlacz
- [6] Pokrętko regulacyjne do precyzyjnego wyzerowania
- [7] Wyjście dla zewnętrznego miernika

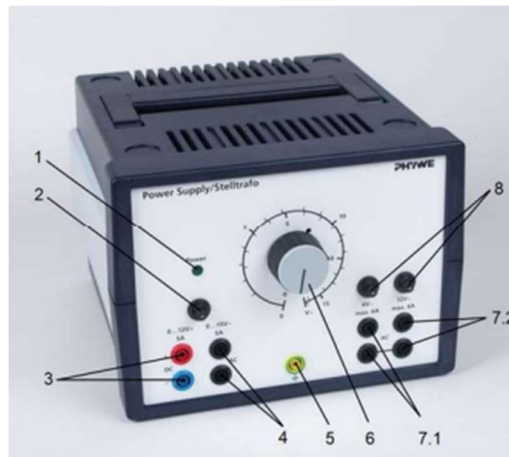
2. Próbnik Halla



Rysunek 3. Próbnik Halla.



3. Źródło zasilania DC PHYWE



Rysunek 4. Zasilacz.

3.1. Lampka kontrolna włączania/wyłączania

3.2. **Wyłącznik przeciążeniowy, 6 A** z wyzwaniem termicznym do ochrony wyjść (3) i (4).

3.3. Wyjście 0...12 V/5 A

Para gniazd 4 mm do pobierania napięcia stałego, które można regulować za pomocą pokrętki regulacyjnego (6). Wyjście może być przeciążone, aż do momentu zadziałania odpowiedniego wyłącznika (6 A), bez uszkodzenia urządzenia.

3.4. Wyjście 0...15 V~/5 A

Para gniazd 4 mm do pobierania napięcia przemiennego, które można regulować za pomocą pokrętki regulacyjnego (6). Wyjście może być przeciążone, aż do momentu zadziałania odpowiedniego wyłącznika (6 A), bez uszkodzenia urządzenia. Jeśli wyjścia (3) i (4) są używane jednocześnie, wspólny wyłącznik (6 A) wyzwala się na podstawie całkowitej intensywności prądu. Nie jest dozwolone korzystanie z wyjść prądu stałego i zmiennego w tym samym obwodzie elektrycznym, ponieważ są one wewnętrznie połączone mostkiem prostowniczym.

3.5. Gniazdo uziemiające

Po podłączeniu do sieci jest połączone z przewodem uziemiającym.

3.6. Pokrętło regulacyjne ze skalami

Służy do ustawiania napięcia na wyjściach (3) i (4), przy czym dwie skale umożliwiają szybką orientację. Przy danym ustawieniu wysokość napięcia zależy w



pewnym stopniu od obciążenia; wartości skali odnoszą się do około połowy znamionowego prądu (2,5 A) przy znamionowej wartości napięcia sieciowego 230 V AC. Przy mniejszym obciążeniu napięcie wyjściowe jest wyższe, a przy większym obciążeniu jest niższe. Do dokładnego określenia ustawionego napięcia należy użyć woltomierza.

3.7. Wyjścia 6 V i 12 V prąd przemienny ~

Dwie pary gniazd 4 mm do pobierania indywidualnych, stałych napięć przemiennych: na wyjściu (7.1) napięcie 6 V AC/maks. 6 A i na wyjściu (7.2) napięcie 12 V AC/maks. 6 A. Oba napięcia wyjściowe nie mogą być połączone szeregowo przez podłączenie górnego gniazda jednego wyjścia do dolnego gniazda drugiego wyjścia, ponieważ spowodowałoby to zwarcie, przed którym jednak urządzenie jest zabezpieczone.

Wysokość napięcia na wyjściach (7.1) i (7.2) zależy w pewnym stopniu od obciążenia. Znamionowe napięcie 12 V podawane jest przy znamionowej wartości napięcia sieciowego 230 V AC i przy połowie znamionowego prądu (3 A). Znamionowa wartość 6 V AC osiągana jest już przy prądzie około 1,7 A, co zabezpiecza często stosowane halogenowe żarówki 6 V/10 W przed przepięciami. Wyjścia (7.1) i (7.2) są chronione przez wyłącznik przeciążeniowy 6 V.

Jeśli używane jest tylko jedno wyjście, niezależnie od obciążenia na wyjściach (3) i (4), może ono zostać przeciążone aż do momentu zadziałania wyłącznika ochronnego bez uszkodzenia urządzenia. Obciążenie powoduje jedynie spadek napięcia wyjściowego. W przypadku jednoczesnego użycia wyjść (7.1) i (7.2) należy jednak upewnić się, że całkowity pobierany prąd nie przekracza 6 A.

3.8. Wyłącznik przeciążeniowy, 6 A

z wyzwaniem termicznym do ochrony wyjść o stałym napięciu. Zadziałanie wyłącznika przeciążeniowego powoduje, że odpowiedni przycisk bezpieczeństwa wysuwa się. Można go ponownie wcisnąć po kilku sekundach, gdy bimetal ostygnie. W międzyczasie należy usunąć przyczynę awarii.

4. Zestaw cewek



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



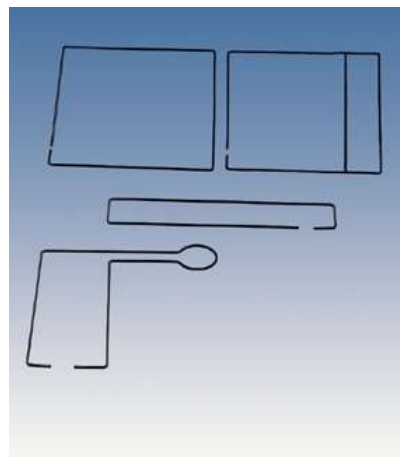
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Rysunek 5. Zestaw cewek.

5. Zestaw przewodników



Rysunek 6. Zestaw przewodników.

6. Multimetr cyfrowy z końcówką cęgową do pomiaru prądu



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

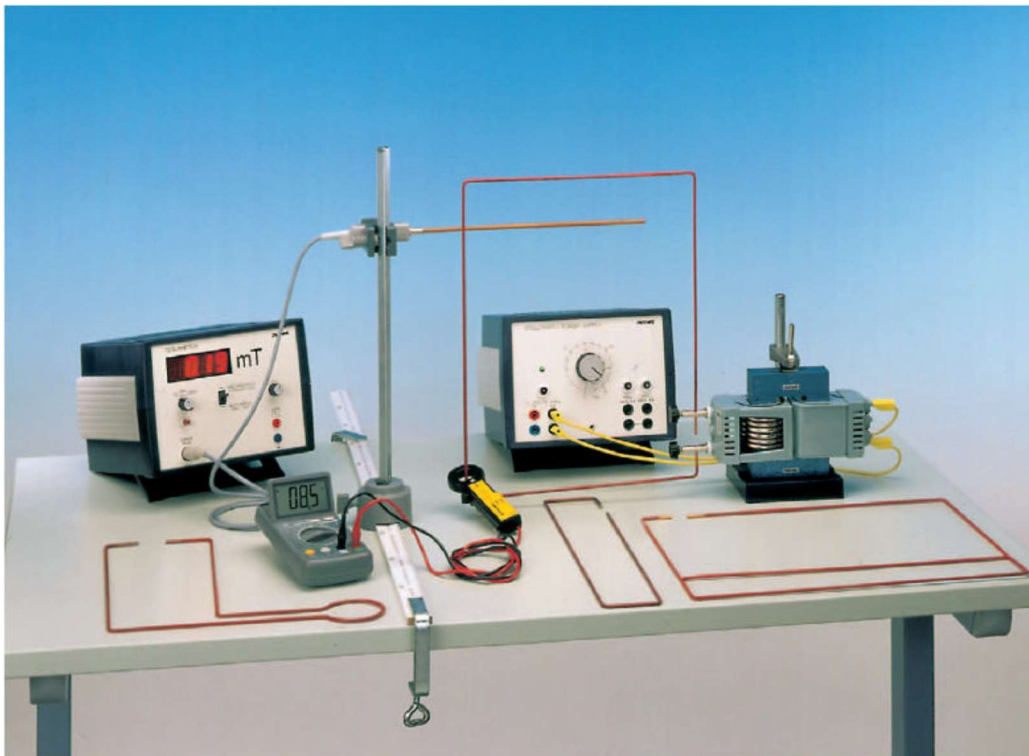
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Rysunek 7. Multimetr cyfrowy z końcówką cęgową do pomiaru prądu.

Przygotowanie stanowiska

Podłącz układ według poniższego zdjęcia.



Rysunek 8. Schemat podłączenia

1. Wyjścia prądu zmiennego 15V podłącz do części pierwotnej układu transformatorów (prawa część).
2. Wybierz przewodnik i podłącz do części wtórnej transformatora.
3. Podłącz multimetr z końcówką cęgową i ustaw na pomiar natężenia prądu.
4. Obejmij cęgami pomiarowymi przewodnik.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



5. Podłącz czujnik Halla do teslometru.
6. Ustaw czujnik na statywie.
7. Uruchom teslometr i wyzeruj.
8. Ustaw przewodnik równoległe do czujnika Halla jak na Rysunku 3.

Przebieg ćwiczenia

1. Włącz teslometr, miernik.
2. Ustaw pokrętkę regulacyjną zasilania na 0.
3. Ustaw maksymalny zakres pomiarowy na mierniku.
4. Uruchom zasilanie.
5. Zmieniając natężenie prądu na pokrętkę regulacyjną, odczytuj natężenie prądu I oraz indukcję pola magnetycznego B z Teslometru. Przy każdej zmianie odczekaj chwilę do stabilizacji układu, wynikającej z nagrzewania się przewodnika. Wyniki dla 10 różnych natężeń umieść w tabeli. (Odległość miernika Halla od przewodnika powinien być równy około 1 cm)
6. Ustaw na pokrętkę taką wartość, aby natężenie prądu wynosiło 100A.
7. Przesuwaj miernik Halla wzdłuż podziałki, aby oddalał się od przewodnika. Odczytuj położenie r oraz indukcję pola magnetycznego B dla 10 położzeń.
8. Zmień układ, aby był możliwy pomiar pola magnetycznego dla dwóch przewodników, w których prąd płynie w jednakowych kierunkach.
9. Przesuwaj miernik Halla wzdłuż podziałki, aby znajdował się pomiędzy dwoma przewodnikami. Odczytuj położenie r oraz indukcję pola magnetycznego B dla 10 położzeń.
10. Podłącz układ dla przeciwnych kierunków przepływu prądu. Powtórz krok 9.

Opracowanie wyników

- Wykres zależności indukcji pola magnetycznego B pochodzącej od pojedynczego przewodu od natężenia prądu I .
- Wykres zależności indukcji pola magnetycznego B pochodzącej od pojedynczego przewodu od odwrotności odległości r .
- Wykres zależności indukcji pola magnetycznego B od odległości r dla dwóch przewodników.

Pytania kontrolne

1. Jak powstaje pole magnetyczne?
2. Jak zmienia się indukcja pola magnetycznego wraz ze zmianą odległości od przewodnika prostoliniowego.
3. Jakie zależności opisują natężenie pola magnetycznego wokół przewodnika prostoliniowego z prądem według prawa Ampère'a?



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



4. Jak pole magnetyczne wytwarzane przez przewodnik prostoliniowy może oddziaływać na organizm ludzki, np. na komórki zawierające żelazo (np. w hemoglobinie)?
5. Jak zjawisko indukcji elektromagnetycznej wokół przewodnika prostoliniowego może być wykorzystane w technologiach medycznych, takich jak rezonans magnetyczny (MRI)?