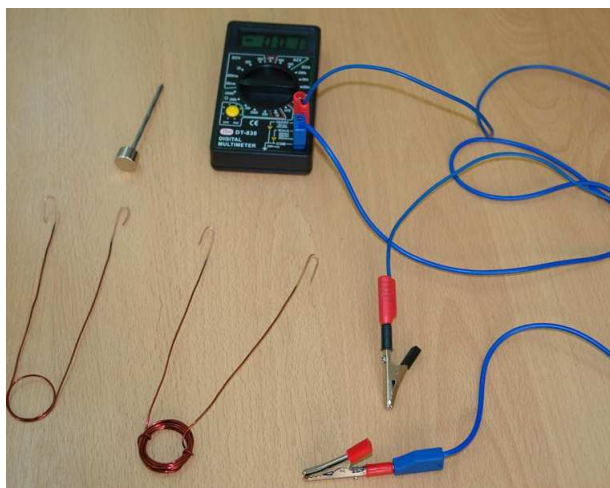


7.2. Siła elektromotoryczna indukowana w cewce

Cel: badanie powstawania prądu indukcyjnego w cewce

Środki dydaktyczne: z zestawu doświadczalnego UMK:

- magnes neodymowy
- gwóźdź
- 2 cewki o różnych liczbach zwojów
- 2 przewody zakończone złączem krokodylowym
- miernik



Fot. 7.2. Elementy z zestawu doświadczalnego potrzebne do wykonania doświadczenia

Wykonanie:

Włącz miernik i wybierz odpowiedni zakres pomiarów dla prądu przemiennego. Podłącz przewody do miernika, a następnie połącz je jedną z cewek. Trzymaj cewkę w górze jedną ręką, a drugą ręką przysuwaj i odsuwaj gwóźdź z magnesem do cewki. Zaobserwuj wskazania miernika. Odwróć magnes, jakie są teraz wskazania miernika? Trzymaj magnes nieruchomo, a poruszaj cewką - zbliżaj i oddalaj ją. Co wskazuje miernik? Powtórz wszystkie czynności dla drugiej cewki. Zwróć uwagę na wskazania miernika.

Powtórz doświadczenie zmieniając szybkość względnego ruchu cewki i magnesu. Jeżeli masz do dyspozycji magnesy (neodymowe) o różnych średnicach, powtórz doświadczenie dla różnych magnesów. Kiedy mierzone napięcie jest większe (choćby chwilowo): kiedy względny ruch jest wolniejszy/ szybszy? kiedy magnes jest większy/ mniejszy?

Wyjaśnienie:

W doświadczeniach miałeś do czynienia ze zjawiskiem powstawania prądu indukcyjnego w cewce, którego przyczyną były: ruch magnesu względem cewki, ruch cewki względem magnesu. Ogólnie można powiedzieć, że względny ruch cewki i magnesu indukuje w cewce przepływ prądu, co rejestruje miernik - jego wskazania.

Najbardziej dokładne jest stwierdzenie, że zmienne pole magnetyczne powoduje przepływ prądu elektrycznego przez cewkę. Wewnątrz przewodu, z którego zbudowana jest cewka znajdują się elektrony. Zmienne pole magnetyczne przyczynia się do "popchnięcia" niektórych elektronów - do wprawienia ich w ruch.

Wprawienie w ruch elektronów oznacza, że powstała siła elektromotoryczna - w skrócie SEM, a za jej powstanie odpowiada zmiana pola magnetycznego.

Mówiąc, że zmienia się pole magnetyczne mamy na myśli, dokładniej, zmianę strumienia pola magnetycznego Φ :

$$\Phi = BS,$$

gdzie B - indukcja magnetyczna, S - pole powierzchni objęte przez strumień.

W naszym przypadku S jest stałe. Gdy przysuwamy magnes w czasie Δt , to B rośnie i równocześnie wzrasta Φ . Gdy odsuwamy magnes, to B i maleje Φ . Podsumowując zmiana strumienia jest równa:

$$\Delta\Phi = BS$$

Gdy strumień pola magnetycznego przechodzący przez pętlę (cewkę) zmienia się w czasie, to SEM jest równa szybkości zmian tego strumienia. Dla cewki o n zwojach SEM jest równa:

$$\mathcal{E} = -n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Wsuwając magnes do cewki powodujemy wzrost strumienia, ponieważ rośnie indukcja pola magnetycznego. Indukowany prąd wytwarza własne pole magnetyczne, którego zwrot jest przeciwny do zwrotu pola magnetycznego magnesu. Gdy odsuwamy magnes, strumień maleje, bo maleje indukcja pola magnetycznego. Wówczas indukowany prąd zmienia kierunek przepływu, dlatego na mierniku pojawiały się przeciwne znaki - raz minus a za chwilę plus. Równocześnie zmienia się zwrot pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd w cewce. Ogólnie można powiedzieć, że indukowany prąd próbuje przeciwstawić się zmianom strumienia. Jest to tzw. reguła Lenza.

Wyjaśnijmy to dokładniej: jeżeli magnes wprowadzamy do cewki, to indukowany prąd jest taki, że magnes jest z cewki *wypychany*, jeżeli magnes wysuwamy z cewki, to indukowany prąd wciąga magnes do środka.

Reguła Lenza nie jest niczym innym jak przejawem zasady *zachowania energii*: prąd nie indukuje się z niczego, ale z pracy siły zewnętrznej (energii kinetycznej wody w turbinie elektrowni wodnej, energii kinetycznej wiatru w elektrowni eolicznej itd.)

Uwagi dydaktyczne:

Tradycyjnie wyjaśnia się przepływ prądu jako oddziaływanie zmiennego pola magnetycznego na elektrony w przewodniku. Poprawnej interpretacji zjawiska indukcji dostarczają jednak tylko prawa Maxwella: indukowana „siła elektromotoryczna” to właściwie indukowane *pole* elektryczne, dookoła zmiennego pola magnetycznego.

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

To pole elektryczne wywołuje ruch elektronów! Dlaczego taka interpretacja jest poprawniejsza?

Otóż, taka interpretacja oznacza, że pole elektryczne może powstać również bez przewodnika, czyli w próżni! Innymi słowy, taka interpretacja wyjaśnia powstawanie *fal elektromagnetycznych*.

To że indukowane pole elektryczne jest prostopadłe to kierunku zmian pola magnetycznego pokazuje nasze doświadczenie z magnesem spadającym w miedzianej rurce z podłużnymi szczelinami.