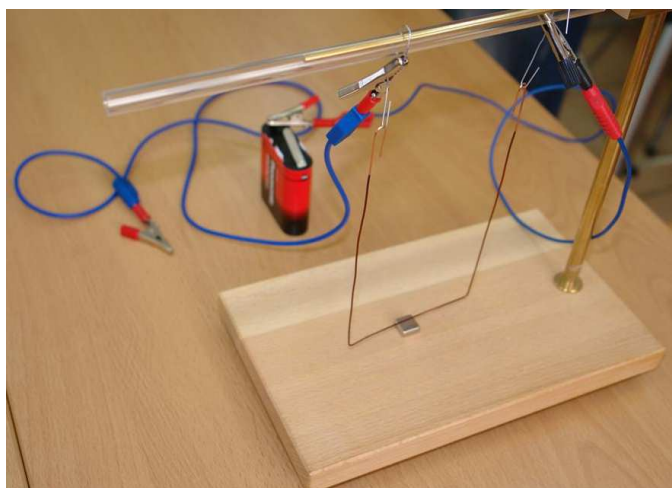


6.1. Doświadczenie Pohla (siła działająca na ramkę z prądem)

Cel: badanie siły działającej na ramkę z prądem umieszczoną w polu magnetycznym

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- 2 przewody ze złączami krokodyłowymi
- ramka wykonana z miedzi
- statyw
- magnes neodymowy (najlepiej kwadratowy)
- bateria
- 2 spinacze



Fot. 6.1. Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

Ramkę zamocuj na statywie przy pomocy spinaczy. Pamiętaj o nałożeniu plastikowej "nakładki" na uchwyt statywu, aby nie przewodził prądu. Pod ramkę podłóż magnes neodymowy. Ramkę połącz z baterią. Zwróć uwagę na to, co dzieje się z ramką. Następnie połącz ramkę tak, aby odwrócić kierunek przepływu. Jak w tym przypadku zachowuje się ramka? Odwróć magnes. Jak teraz ramka się wychyla? Zmień kierunek przepływu prądu.

Wyjaśnienie:

Na pewno zauważyłeś, że po połączeniu ramki z baterią, ramka wychyliła się. Zwróć uwagę na to, że fragment poziomy przewodu jest ustawiony prostopadle do magnesu (a dokładnie pola magnetycznego). Przyczyną wychylenia się ramki jest działająca na nią siła. Jest to siła Lorentza. Siła ta działa na przewody, przez które przepływa prąd elektryczny i które umieszczone są w polu magnetycznym. Po odwróceniu kierunku przepływu prądu ramka wychyliła się w przeciwną stronę.

Wiesz, że prąd elektryczny jest uporządkowanym ruchem elektronów. Przypominamy, że elektron jest cząstką elementarną obdarzoną ładunkiem ujemnym. Elektrony w przewodzie poruszają się z pewną prędkością - $\vec{v}$. Dodatkowo nasz przewód jest umieszczony w polu magnetycznym o pewnym natężeniu - $\vec{B}$. Na poruszające się w polu magnetycznym ładunki działa siła Lorentza:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}.$$

Między prędkością i natężeniem pola magnetycznego występuje symbol $\times$, którym oznacza się tzw. iloczyn wektorowy. Iloczyn wektorowy zależy od kąta ϕ , jest to kąt między

wektorami prędkości i natężenia pola magnetycznego, wzór można zapisać w innej postaci:

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \varphi,$$

gdzie $\sin \varphi$ jest funkcją o określonych wartościach. W przypadku, gdy kąt φ był równy 90° , a $\sin 90^\circ = 1$, więc wzór uprosi się do postaci:

$$F = |q| \cdot v \cdot B$$

W przypadku, gdy przewód ustawiony byłby równolegle do pola magnetycznego (czyli magnesu), siła byłaby równa zero, ponieważ $\sin 0^\circ = 0$. Funkcja sinus może przyjmować wartości od 0 do 1, tzn., że dla kątów ostrych przyjmuje ona wartości mniejsze niż 1, a im większy kąt, tym większa wartość funkcji sinus. Można powiedzieć, że im większy kąt (w zakresie kątów ostrych), tym większą wartość będzie miała siła Lorentza.

Powyższy wzór można jeszcze przekształcić korzystając ze wzoru na natężenie prądu elektrycznego:

$$I = \frac{q}{t},$$

a stąd mamy:

$$q = I \cdot t.$$

Poza tym można założyć, że elektrony poruszają się ruchem prostoliniowym jednostajnym przebywając drogę równą długości przewodu - L znajdującego się w polu magnetycznym z prędkością - v :

$$L = v \cdot t.$$

Z tego wzoru wyznaczamy czas:

$$t = \frac{L}{v}.$$

Wstawiamy wyrażenie określające czas do wzoru na ładunek:

$$q = I \frac{L}{v}.$$

Ostateczny wzór na siłę działającą na przewodnik z prądem umieszczonym w polu magnetycznym, prostopadłym do przewodnika:

$$F = I \frac{L}{v} \cdot v \cdot B$$
$$F = I \cdot L \cdot B$$

Powyższa zależność dotyczy przewodnika umieszczonego prostopadle do pola magnetycznego. Chcąc uogólnić powyższy wzór, trzeba uwzględnić inne położenie przewodnika, co można zrobić poprzez wstawienie iloczynu wektorowego:

$$\mathbf{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B}$$

Widać, że siła działająca na przewodnik, przez który przepływa prąd, zależy od natężenia prądu, długości przewodu umieszczonego w polu magnetycznym oraz indukcji pola magnetycznego B .

Podsumowując: na przewód znajdujący się w polu magnetycznym i przez którym przepływa prąd działa siła Lorentza. Siła ta zależy od: wartości i prędkości przepływających ładunków, wartości natężenia pola magnetycznego i kąta między wektorem prędkości a wektorem natężenia pola magnetycznego. Siła Lorentza nie działa na przewód, gdy jest on ułożony równolegle do linii pola magnetycznego. Największą wartość siły przyjmuje, gdy przewód jest ustawiony prostopadle do linii pola magnetycznego.

Uwagi dydaktyczne:

Magnesy neodymowe nie wytwarzają *jednorodnego* pola w dużym obszarze, tak jak duże magnesy podkowiaste, co nie przeszkadza jednak w przeprowadzeniu doświadczenia.