

XI OLIMPIADA FIZYCZNA (1961/1962). Stopień I, zadanie doświadczalne – D.

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;
Piotr Halfter, Maria Sobiesiak, Stefania Rzęcka: *Olimpiady Fizyczne XI i XII*.
WSiP, Warszawa 1968 (str. 36 – 41).

Nazwa zadania: Zasada budowy i działania galwanoskopu.

Działy: Elektromagnetyzm.

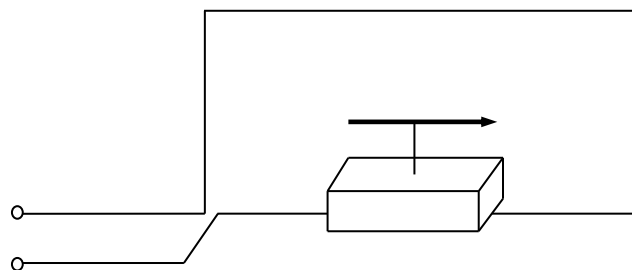
Słowa kluczowe: galwanoskop, bieguny magnetyczne, igła magnetyczna, kompas, przewodnik z prądem, doświadczenie Oersteda, strumień magnetyczny,

Zadanie doświadczalne – D, zawody stopnia I, XI OF

Zbuduj galwanoskop używając do tego busoli (kompasu) i innych potrzebnych materiałów. Wyjaśnij zasadę budowy i działania tego przyrządu. Jakie może mieć zastosowanie wykonany galwanoskop?

Rozwiązanie:

Pierwowzorem galwanoskopu może być przyrząd umożliwiający odtworzenie doświadczeń przeprowadzonych przez Oersteda (1820r.). Wykonanie takiego przyrządu nie nastrecza trudności. Odcinek drutu, na przykład aluminiowego, zginamy nadając mu kształt prostokąta (Rys. 1). Grubość drutu (najlepiej 1,5 – 2 mm) powinna być taka, by prostokąt nie uległ łatwo odkształceniu. Umocować go należy na płytce ze sklejkki albo pilśni (o grubości 3 – 5 mm) tak, by płaszczyzna prostokąta była prostopadła do płytki. Końce drutu łączymy z dwoma gniazdkami radiowymi osadzonymi w otworach wywierconych w płytce.



Rys.1

Kompas należy umieścić na drewnianym kłocu tak dobranym, by odległości igły magnetycznej od górnej i dolnej części drutu były sobie równe.

Przyrząd należy ustawić tak, by płaszczyzna prostokąta pokrywała się z płaszczyzną południka magnetycznego danego miejsca. Wówczas poziome odcinki drutu będą równoległe do kierunku igły magnetycznej kompasu. Należy przy tym dbać o to, by w pobliżu nie było innych magnesów albo ciał wykonanych z substancji ferromagnetycznej.

Łącząc gniazdką z biegunami ogniwa, na przykład Leclanchého¹ (1,5 V), stwierdzimy, że igła magnetyczna zostaje wprawiona w ruch obrotowy wokół ostrza, na którym jest osadzona. Przy tym bieguny igły magnetycznej odchylają się od płaszczyzny południka magnetycznego o pewien kąt mniejszy od 90°. Stronę w którą odchyła się biegun północny określa reguła Oersteda (reguła prawej dłoni). Z chwilą, gdy przerywamy dopływ prądu do przewodu, igłą magnetyczna powraca do położenia pierwotnego w płaszczyźnie południka magnetycznego.

¹ Nie należy posługiwać się akumulatorem o elektrodach ołowiowych ze względu na bardzo mały opór wewnętrzny akumulatora i równie mały opór drutu.

Oersted do wniosku, że wokół przewodu z prądem elektrycznym powstaje pole magnetyczne. Prace Oersteda zapoczątkowały systematyczne badania zjawiska elektromagnetyzmu.

Zwijając izolowany, dostatecznie cienki przewód, możemy skonstruować cewkę o dowolnej liczbie zwojów. Wówczas natężenie pola magnetycznego powstałego w skutek przepływu prądu będzie znacznie większe. Siły magnetyczne działające na bieguny igły magnetycznej wzrosną. Sprawia to, że nawet prąd o bardzo małym natężeniu wywoła dostrzegalne odchylenie biegunów igły magnetycznej od płaszczyzny południka magnetycznego. W ten sposób przyrząd włączony do jakiegoś obwodu umożliwia sprawdzenie, czy w danym obwodzie płynie prąd stały i w jakim kierunku.

Jeżeli z wiotkiego drutu (o średnicy około 0,15 mm) wykonamy pętlę dowolnego kształtu i końce jej połączymy z biegunami ogniwa, to przekonamy się, że pętla ta jest przyciągana przez jeden biegun silnego magnesu, a odpychana przez drugi; zachowuje się więc jak magnes. Pętlę taką nazwano „listkiem magnetycznym”. Jeśli obserwator umieszcza biegun północny magnesu po tej stronie płaszczyzny listka, na którą patrzy, a po obwodzie listka płynie prąd w kierunku zgodnym z ruchem wskazówki zegara, to listek zostaje przyciągnięty do bieguna północnego. Znaczący to, że strona listka zwrócona do obserwatora wykazuje właściwości bieguna południowego. Nie trudno przekonać się, że druga strona płaszczyzny listka ma właściwości bieguna północnego.

Jeśli drut jest dostatecznie wiotki, to pętla ustawia się tak, by płaszczyzna jej była prostopadła do kierunku linii pola magnetycznego magnesu. Obejmuje ona wówczas największą liczbę linii sił magnetycznych wychodzących z bieguna magnesu. Inaczej mówiąc strumień magnetyczny przechodzący przez pętlę ma wtedy wartość największą:

$$\Phi = HS,$$

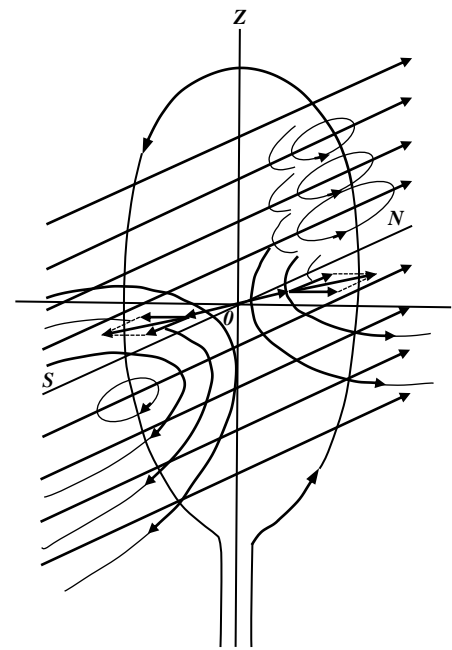
gdzie H oznacza tu natężenie pola magnetycznego w miejscu gdzie znajduje się pętla, zaś S jest to pole powierzchni ograniczonej przewodem tworzącym pętlę.

Zmiana położenia przewodu, przez który płynie prąd, jest skutkiem działania siły magnetycznej na przewód. Siłę tę nazywamy elektrodynamiczną.

Możemy również łatwo przeprowadzić doświadczenie zmieniając sytuację. Umocujmy pętlę tak, aby uniemożliwić jej ruch, a w pobliżu ustawmy igłę magnetyczną. Z chwilą gdy przez przewód (pętlę) zaczyna płynąć prąd, magnes zmienia swe położenie względem pętli, mianowicie ustawia się prostopadłe do płaszczyzny pętli. Dzieje się tak tylko wówczas, gdy żadne inne pole magnetyczne prócz pola listka magnetycznego i pola igły magnetycznej nie wywiera wpływu na przebieg zjawiska.

W rzeczywistości na bieguny magnesu działa pole magnetyczne towarzyszące prądowi oraz pole magnetyczne ziemskie.

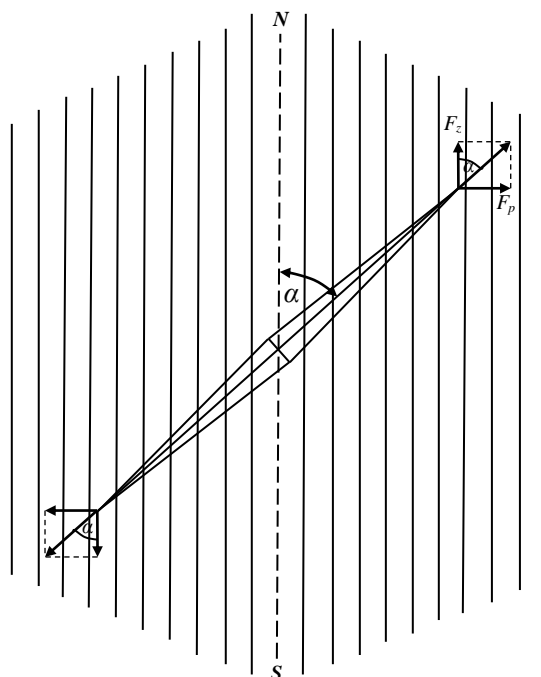
Jeżeli płaszczyzna pętli pokrywa się z płaszczyzną południka magnetycznego, a pionowa oś obrotu igły magnetycznej jest umieszczona w płaszczyźnie pętli, to kierunki igły i poziomych części przewodu z prądem są do siebie równoległe. Gdy przez przewód przepływa prąd to na bieguny igły magnetycznej działa para sił – wywieranych przez pole magnetyczne towarzyszące prądowi. Para sił obraca igłę tak aby zajęła ona położenie prostopadłe do płaszczyzny przewodu wiodącego prąd. Równocześnie inna para sił wywierana przez pole magnetyczne ziemskie działa na te same bieguny, powodując obrót igły tak, by wróciła ona do płaszczyzny południka magnetycznego.



Rys.2

Ruch igły ustaje, gdy suma momentów sił będzie równa zero. Nastąpi to wtedy, gdy kierunek wypadkowej sił działających na biegun przechodzi przez oś obrotu igły (Rys. 2).

Tak więc kąt utworzony przez igłę magnetyczną z płaszczyzną południka magnetycznego zależy od wartości sił działających na bieguny igły (Rys. 3).



Rys. 3.

Jeśli oznaczymy przez F_z siłę wywieraną przez pole magnetyczne ziemskie, zaś przez F_p – siłę wywieraną przez pole magnetyczne towarzyszące prądowi, to

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_p}{F_z}$$

albo

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{mH_p}{mH_z} = \frac{H_p}{H_z}$$

gdzie H_p i H_z są to natężenia pól w miejscu, gdzie znajduje się biegun m igły (po ustaniu ruchu obrotowego).

Z tej zależności wynika, że kąt α ma zawsze wartość mniejszą od 90° . Jeśli H_z jest znikomo małe w porównaniu z wartością H_p , do $\operatorname{tg} \alpha$ osiąga wartość bardzo dużą, a kąt α mało różni się od kąta prostego.

Jak wiemy, natężenie pola magnetycznego prądu w danym punkcie jest proporcjonalne do natężenia prądu płynącego w cewce, jeżeli pozostałe czynniki (jak liczba zwojów cewki, odległość danego punktu od przewodu) nie ulegają zmianie. W takim razie kąt odchylenia igły magnetycznej pozwala wnioskować o wartości natężenia prądu płynącego przez uzwojenie cewki.

Opierając się na tej prawidłowości zbudowano w swoim czasie przyrząd zwany busolą stycznych, który służył między innymi do pomiaru natężenia prądu. Przyrząd ten nie jest już stosowany.