

### XV OLIMPIADA FIZYCZNA (1965/1966). Stopień II, zadanie teoretyczne – T3.

<b>Źródło:</b>	Olimpiady Fizyczne XV i XVI, PZWS Warszawa 1969
<b>Autor:</b>	Tadeusz Pniewski
<b>Nazwa zadania:</b>	Siła oddziałująca na przewodniki.
<b>Działy:</b>	Elektryczność
<b>Słowa kluczowe:</b>	przewodnik kołowy, natężenie prądu, pole magnetyczne, oddziaływanie przewodników, przewodnik prostoliniowy

#### Zadanie teoretyczne – T3, zawody II stopnia, XVOF.

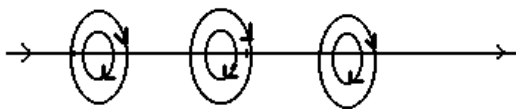
W przewodniku kołowym płynie prąd o natężeniu  $I_1$ . Przez środek tego koła, prostopadle do jego płaszczyzny przechodzi przewodnik prostoliniowy, przez który płynie prąd o natężeniu  $I_2$ .

Jaką siłą oddziałują na siebie te przewodniki. Odpowiedź uzasadnij.

#### Rozwiązanie

Wzajemne oddziaływanie przewodników zachodzi za pośrednictwem pól magnetycznych wytwarzanych przez prąd elektryczny, płynący w każdym z tych przewodników.

Wielkością charakteryzującą pole magnetyczne jest jego natężenie  $\mathbf{H}$ . Jest to wektor styczny do linii sił w każdym punkcie pola. Linie sił pola magnetycznego są zamknięte i otaczają prąd elektryczny.



Rys.1

W przypadku prostoliniowego przewodnika linie sił są okręgami leżącymi w płaszczyznach prostopadłych do przewodnika (rys.1). wartość natężenia pola w punkcie odległym o  $r$  od elementu  $\Delta l$  przewodnika, przez który płynie prąd o natężeniu  $I$ , wynosi: gdzie  $k$  – stała zależna od wyboru jednostek,

$$|\Delta H| = k \frac{I \Delta l \sin \alpha}{r^2}$$

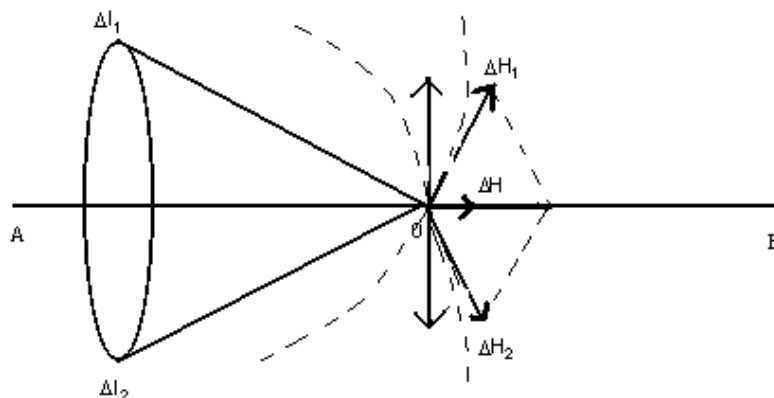
$\alpha$  - kąt, jaki tworzy element  $\Delta l$  z kierunkiem  $r$ .

Wektor  $\Delta \mathbf{H}$  jest prostopadły zarówno do  $\Delta l$  jak i  $r$ .

Korzystając z powyżej zależności znanej pod nazwą prawa Biota i Savarta, można dla każdego przewodnika obliczyć natężenie pola panujące w dowolnym punkcie przestrzeni.

Interesuje nas natężenie pola magnetycznego w dowolnym punkcie prostej przechodzącej przez środek kołowego przewodnika z prądem i prostopadłej do płaszczyzny tego przewodnika.

Zbadajmy natężenie pola wytwarzanego przez dwa elementy  $\Delta l_1$  i  $\Delta l_2$  przewodnika leżące na przeciwnych krańcach średnicy koła (rys.2).



Rys.2

Natężenie pola w dowolnie wybranym punkcie  $O$  na prostej  $AB$  równe jest sumie natężeń wytwarzanych przez każdy z tych elementów:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 . \quad (1)$$

Ponieważ punkt  $O$  znajduje się w jednakowych odległościach od obu elementów, zatem pochodzące od nich przyczynki do wypadkowego natężenia pola są sobie równe, co do wartości

$$|\Delta H_1| = |\Delta H_2| . \quad (2)$$

Różnią się natomiast kierunkami. Wektory natężenia pola magnetycznego  $\Delta H_1$  i  $\Delta H_2$  są styczne do odpowiednich linii sił otaczających elementy  $\Delta l$ .

$$\Delta F = H I \Delta \sin \theta . \quad (3)$$

Ze względu na osiową symetrię, jedynie składowych natężeń pola równoległe do prostej  $AB$  daje sumę różną od zera. Natomiast składowe prostopadłe znoszą się. Ponieważ powyższe rozumowanie można zastosować do dowolnej pary przeciwległych elementów  $\Delta l$  kołowego przewodnika, zatem w dowolnym punkcie  $O$  leżącym na prostej  $AB$  natężenie pola magnetycznego jest skierowane wzdłuż tej prostej.

Z powyższych rozważań wynika, że zgodnie z treścią zadania, wzajemne położenie przewodników: prostoliniowego i kołowego jest takie, że w każdym z nich prąd płynie wzdłuż linii sił pola magnetycznego wytworzonego przez drugi przewodnik.

W tej sytuacji łatwo określić siłę wzajemnego oddziaływania obu przewodników. Wiadomo, że siła oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem jest wprost proporcjonalna do natężenia tego pola  $H$ , do natężenia prądu  $I$  i do długości przewodnika  $l$ . Poza tym zależy jeszcze od sinusa kąta  $\theta$  jaki tworzą wektory  $H$  i  $\Delta l$ . Zależność ta dana jest wzorem:

Siła ta jest prostopadła zarówno do kierunku przepływu prądu jak i natężenia pola magnetycznego.

W tej sytuacji podanej w treści zadania wektory  $H$  i  $\Delta l$  są równoległe, czyli  $\theta = 0$  i  $\sin \theta = 0$ . Zatem siła wzajemnego oddziaływania obu przewodników jest równa zero.