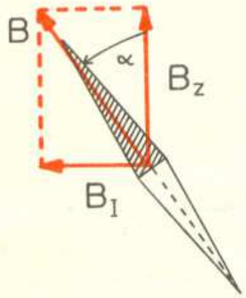
Dr Jan A. GAJ

BUDUJEMY MIERNIK PRĄDU ELEKTRYCZNEGO

Rys. 1

Każdy, kto wykonywał doświadczenia z prądem elektrycznym, zgodzi się, że bez miernika wiele w tej dziedzinie trudno zrobić. Jeśli chcemy badać ilościowo zjawiska elektryczne bez inwestowania znacznej sumy pieniędzy w nasze eksperymenty, musimy sami zrobić najprostszy miernik. Czy to bardzo trudne? Spróbujcie, a przekonacie się, że nie święci garnki lepią. Podstawową trudnością będzie zdobycie pewnej ilości drutu w cienkiej izolacji, najlepiej nawojowego. Jeśli to Was nie przeraża, z pewnością dacie sobie radę. Wypada więc wyjaśnić, na czym polega

IDEA DZIAŁANIA MIERNIKA



Rys. 2

Ilustruje ją rys. 1. Pewną liczbę zwojów drutu nawinięto na kompas. Mierząc wychylenie igły kompasu wywołane przepuszczeniem prądu przez drut, możemy określić natężenie tego prądu. Zbyt prymitywny przyrząd? Nie potępiajcie go przedwcześnie, można nim będzie mierzyć prądy nawet poniżej 1 mA. Wróćmy jednak do zasady działania naszego przyrządu, który jest odmianą tzw. busoli stycznych. Przed przepuszczeniem prądu należy ustawić miernik tak, aby ramka z drutem znajdowała się w płaszczyźnie południka magnetycznego, a więc była równoległa do kierunku, jaki wskazuje igła. Wtedy wektor indukcji B_I pola magnetycznego prądu będzie prostopadły do indukcji B_z pola ziemskiego (rys. 2). Igła magnetyczna ustawi się oczywiście w kierunku indukcji wypadkowej B, odchylając się od położenia równowagi o kąt α spełniający zależność

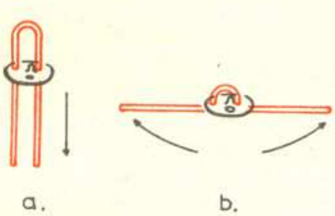
$$\text{(1)} \qquad \operatorname{tg}\alpha = \frac{B_I}{B_z},$$

co łatwo można zauważyć na rys. 2. Stąd wywodzi się właśnie nazwa busoli stycznych, styczna bowiem jest archaiczną nazwą tangensa. Wiadomo, że indukcja pola magnetycznego prądu jest proporcjonalna do jego natężenia

$$B_I \sim I,$$

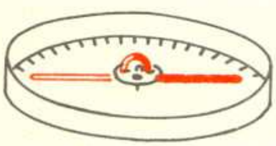
a więc kąt wychylenia igły kompasu wyznacza natężenie prądu. Wszystko jasne? Wobec tego

PRZYSTĘPUJEMY DO BUDOWY



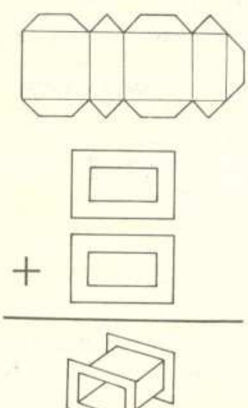
Rys. 3

Ktoś nie ma kompasu? Nic strasznego, można go zrobić we własnym zakresie. Igłę magnetyczną robimy z zatrzasku i kawałka drutu stalowego według rys. 3. Teraz musimy postarać się jeszcze o płaskie pudełko plastikowe z przezroczystym wieczkiem lub bez wieczka, zamocować w jego dnie igłę ostrzem w górę (rozgrzać w płomieniu i wcisnąć — po ostygnięciu będzie się trzymać), zaznaczyć skalę na dnie pudełka i tak osadzić igłę magnetyczną, po jej uprzednim namagnesowaniu, aby mogła swobodnie się obracać na igle-łożysku.



Rys. 4

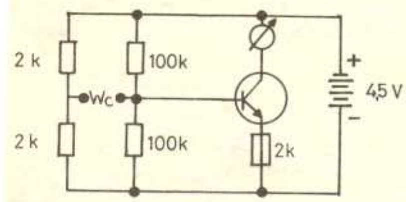
Z kolei należy nawinąć na pudełko odpowiednią ilość drutu. Ile zwojów? — jak najwięcej, wtedy nasz przyrząd będzie czulszy. Jeśli mamy cienki drut (0,2-milimetrowy lub cieńszy) będziemy mogli nawinąć około 1000 zwojów, co pozwoli na pomiar prądów poniżej 1 mA. Jeśli chcemy mierzyć prądy o natężeniu rzędu 0,1–0,2 A (np. w żaróweczce do latarki), wystarczy nawinąć parę zwojów. Przy dużej liczbie zwojów będziemy mogli używać naszego przyrządu także jako woltomierza, np. do sprawdzania napięcia baterii — trzeba będzie wtedy połączyć go szeregowo z opornikiem o oporności rzędu 1 kΩ. Wygodnie będzie nawijać drut nie bezpośrednio na kompasie, ale odpowiednim karkasie zrobionym z tektury (rys. 5).



Rys. 5

Ponieważ uzwojenie mogłoby zasłaniać igłę w położeniu równowagi, zrezygnujemy z dokładnego ustawienia uzwojenia w płaszczyźnie południka magnetycznego. Z tego powodu, a także ze względu na niejednorodność pola magnetycznego prądu, wzór (1) nie będzie spełniony. Nie musimy jednak się nim posługiwać — wystarczy nasz miernik wycechować np. przy pomocy bateryjki o znanej sile elektromotorycznej i kilku oporników o znanym oporze.
Może się zdarzyć, że będziecie chcieli zmierzyć jeszcze mniejsze natężenie prądu. Spytacie wtedy zapewne:

A MOŻE BY TO JESZCZE POPRAWIĆ?



Rys. 6

Można. Jeżeli postaracie się o odpowiedni tranzystor, zbudowany z niego i paru oporników wzmacniacz prądu stałego powiększy czułość przyrządu. Trzeba tylko połączyć schemat według rys. 6. Tranzystor może być np. typu BCP109C lub inny o podobnym wzmocnieniu. Położenie zerowe igły magnetycznej przy użyciu wzmacniacza będzie inne niż bez niego, ale przy cechowaniu weźmiemy to pod uwagę. Jeżeli będziecie lutowali tranzystory, pamiętajcie o uchwyceniu wyprowadzeń szczypcami między tranzystorem a miejscem lutowania w celu odprowadzenia ciepła, tranzystory bowiem nie lubią wysokiej temperatury! Jeżeli pójdziecie za moją radą, wyposażycie swoje domowe laboratorium w przyrząd niezbyt precyzyjny, ale za to umożliwiający wykonanie szeregu ciekawych doświadczeń. Jakich? Nad tym zastanowimy się wspólnie w przyszłości.

O przestrzeniach metrycznych (II)

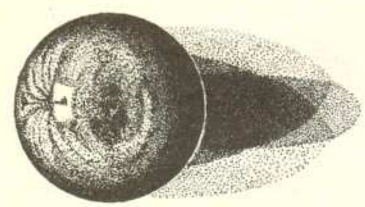
Doc. dr Maria MOSZYŃSKA

Jednym z podstawowych pojęć metrycznych jest pojęcie kuli. Jest to naturalne uogólnienie na dowolną przestrzeń metryczną pojęcia dobrze wszystkim znanego. Rozważmy najpierw przestrzeń euklidesową trójwymiarową E^3 ze zwykłą metryką, tzn. z metryką określoną przez wzór

$$\varrho(p, q) = \sqrt{(x_1-y_1)^2+(x_2-y_2)^2+(x_3-y_3)^2}$$

dla punktów p i q o współrzędnych (x_1, x_2, x_3) i (y_1, y_2, y_3). Kulą o środku a i promieniu $\lambda > 0$ jest — w potocznym sensie — podzbiór tej przestrzeni złożony z punktów odległych od a nie więcej niż o λ (tj. takich x, dla których $\varrho(x, a) \leqslant \lambda$). Nam będzie chodziło o zbiór tych punktów x, dla których

$$\varrho(x, a) < \lambda.$$


Rys. 1

Tak czy inaczej wyraz „kula" kojarzy się u większości ludzi z figurą przedstawioną na rys. 1.
Pojęcie kuli w dowolnej przestrzeni metrycznej stanowi uogólnienie pojęcia takiej właśnie zwykłej kuli. Rozważmy przestrzeń metryczną (X, ϱ), punkt a ze zbioru X i liczbę $\lambda > 0$. *Kulą o środku a i promieniu* λ (w przestrzeni (X, ϱ)) nazywamy zbiór wszystkich punktów x zbioru X spełniających nierówność

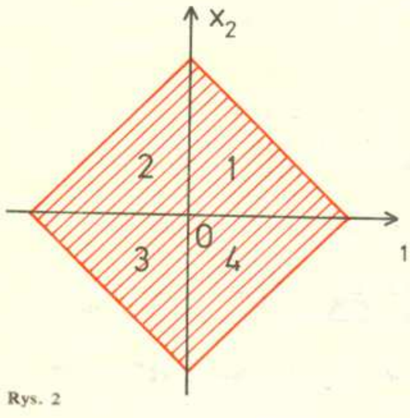
$$\varrho(x, a) < \lambda.$$

Zbiór ten będziemy oznaczać symbolem $K_{(X, \varrho)}(a, \lambda)$ lub — jeśli to nie prowadzi do nieporozumienia — po prostu $K(a, \lambda)$.
Jasne jest, że kulami na płaszczyźnie z metryką kartezjańską (tzn. zwykłą) są koła bez brzegu. A jak wyglądają kule w innych przestrzeniach metrycznych, o których była mowa w I części tego artykułu? Niech na przykład $(E^2, \bar{\varrho})$ będzie płaszczyzną z metryką miejską; sprawdźmy, czym jest kula o środku w początku układu współrzędnych O i o promieniu $\lambda = 1$. Jest to zbiór opisany przez nierówność

$$|x_1|+|x_2| < 1,$$

która jest równoważna z alternatywą następujących czterech formuł:

(1)	$x_1 \geqslant 0$	i	$x_2 \geqslant 0$	i	$x_1+x_2-1 < 0$,
(2)	$x_1 \leqslant 0$	i	$x_2 \geqslant 0$	i	$-x_1+x_2-1 < 0$,
(3)	$x_1 \leqslant 0$	i	$x_2 \leqslant 0$	i	$-x_1-x_2-1 < 0$,
(4)	$x_1 \geqslant 0$	i	$x_2 \leqslant 0$	i	$x_1-x_2-1 < 0$.



Rys. 2

Formuły (1)–(4) opisują zbiory zaznaczone odpowiednio na rys. 2. A więc rozważana kula jest kwadratem (bez brzegu), którego przekątne leżą na osiach układu współrzędnych i mają długość 2.
Kształty kul na płaszczyźnie z metryką kolejową ϱ^* są jeszcze mniej podobne do kształtu „zwykłej" kuli, tj. kuli na płaszczyźnie kartezjańskiej (patrz zadanie 1).
Posługując się pojęciem kuli można zdefiniować szereg pojęć, które różnią się w sposób bardzo istotny od poznanych dotychczas. Na czym ta różnica polega, postaramy się wyjaśnić w III części tego artykułu.