

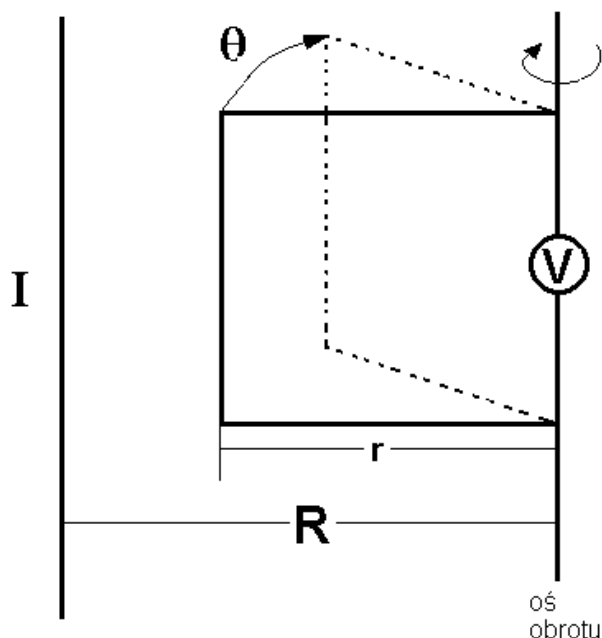
# XLIII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP III

## Zadania teoretyczne

### ZADNIE T1

Nazwa zadania: „Obracający się kwadrat”

Kwadratowa ramka z drutu obraca się jednostajnie wokół jednego ze swoich boków w pobliżu nieskończonego prostoliniowego przewodnika, przez który płynie stały prąd  $I$ . Oś obrotu ramki jest równoległa do przewodnika z prądem. Odległość osi obrotu



Rys. 1

ramki od przewodnika wynosi  $R$ , bok ramki ma długość  $r$ . W jakim położeniu ramki (kąt  $\vartheta$ ) woltomierz wskaże największą bezwzględną wartość chwilową napięcia? Przyjmujemy, że woltomierz ma dostatecznie duży opór, by można było zaniedbać zmiany strumienia pola magnetycznego związane z przepływem prądu przez ramkę. Indukowana siła elektromotoryczna, zgodnie z oznaczeniami na ryc. 2 wyraża się (z dokładnością do znaku) wzorem

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = \pm B \sin \varphi \frac{dS}{dt} = \pm \frac{\mu_0 I}{2\pi l} \sin \varphi \cdot \omega r^2$$

gdzie  $dS = \omega r^2 dt$  jest przyrostem powierzchni zakreślanej przez równoległy do osi obrotu bok ramki. Wraz z kątem  $\vartheta$  ( $\frac{d\vartheta}{dt} = \omega = \text{const.}$ ) zmienia się  $\varphi$  oraz  $l$ . Z twierdzenia sinusów mamy  $\frac{\sin(180^\circ - \varphi)}{R} = \sin \frac{\vartheta}{l}$ , zatem

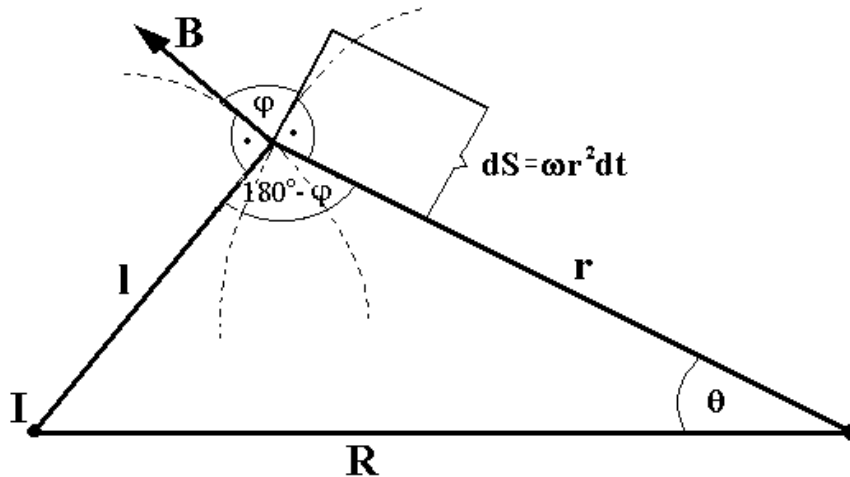
$$\varepsilon = C \frac{\sin \vartheta}{l^2}$$

gdzie  $l^2 = r^2 + R^2 - 2rR \cos \vartheta$ , zaś C jest pewną stałą. Obliczamy pochodną  $\frac{d\varepsilon}{dt}$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = C \frac{l^2 \cos \vartheta - 2rR \sin^2 \vartheta}{l^2}$$

Największą wartość bezwzględną indukowanej siły  $\varepsilon$  wyznaczamy z warunku  $\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$ , który jest spełniony dla

$$\cos \vartheta = \frac{2rR}{r^2 + R^2}$$



Ryc. 2

Woltomierz wskazuje więc największe napięcie wtedy, gdy

$$\vartheta = \pm \arccos \left[ \frac{2rR}{r^2 + R^2} \right]$$

Źródło:  
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole”

Komitet Główny Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szcz.pl](http://www.of.szcz.pl)