

L OLIMPIADA FIZYCZNA (2000/2001). Etap II, zadanie 3, teoretyczne - T3.

Źródło: 50 lat olimpiad fizycznych. Wybrane zadania z rozwiązaniami

Autor: pod red. Janiszewski P. Mostowski J. PWN, Warszawa 2002

Nazwa zadania: Ramka w polu magnetycznym

Działy: Elektromagnetyzm

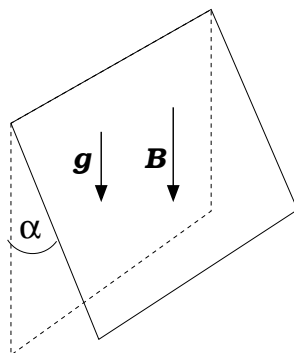
Słowa kluczowe: Pole magnetyczne, ramka, zewnętrzne źródło napięcia, amplituda drgań

Zadanie teoretyczne - T3, zawody II stopnia, L OF (2000/2001)

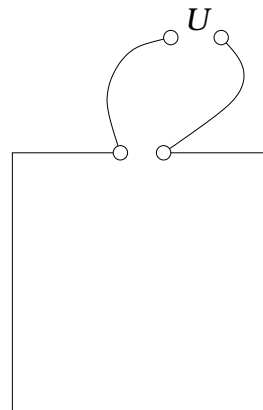
Kwadratowa ramka o boku L jest zbudowana z cienkich jednorodnych prętów, z których każdy ma masę m i opór elektryczny R . Ramkę umieszczono w pionowym, jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B w ten sposób, że może się ona obracać bez tarcia wokół poziomej osi pokrywającej się z jednym z jej boków rys.1. Rozpatrz następujące sytuacje:

a) W obwód ramki włączono źródło stałego napięcia zewnętrznego U rys.2. Wyznacz położenie równowagi, czyli kąt odchylenia ramki od pionu.

b) Zewnętrzne źródło napięcia usunięto i zwarto końce tak, że ramka stanowi obwód zamknięty. Następnie ramkę odchylnono od pionu i puszczono swobodnie. Oblicz po jakim czasie amplituda drgań zmaleje do połowy. Przyjmij, że opór R jest duży (słabe tłumienie i zaniedbywalny wpływ samoindukcji), a amplituda drgań jest mała (przypadek małych drgań).



rys.1



rys2.

Wskazówka 1. Równanie ruchu ciała drgającego w obecności siły oporu proporcjonalnej do prędkości:

$$ma = -kx - bv, \quad (1)$$

ma dla $b < 2\sqrt{km}$ rozwiązanie w postaci:

$$x(t) = x_0 \exp(-\lambda t) \sin(\omega t + \phi), \quad (2)$$

gdzie $\lambda = b/(2m)$ oraz $\omega = \sqrt{km - \lambda^2}$, a x_0 i ϕ są wyznaczone przez warunki początkowe.

Wskazówka 2. Moment bezwładności jednorodnego pręta o masie m i długości L , względem osi obrotu prostopadłej do pręta i przechodzącej przez jego koniec wynosi $I_0 = (1/3)mL^2$.