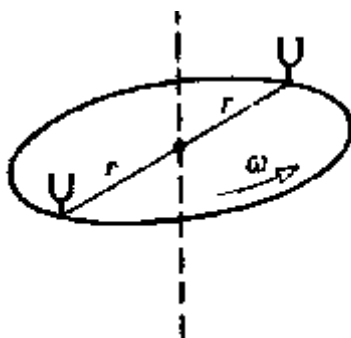


**XXVIII OLIMPIADA FIZYCZNA (1978/1979), Stopień I, zadanie teoretyczne – T3.**

- Źródło:** Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;  
Olimpiada Fizyczna XXVII – XXVIII WSiP Warszawa 1983
- Autor:** Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki,
- Nazwa zadania:** Zjawisko Dopplera (2 kamertony na tarczy)
- Działy:** Akustyka
- Słowa kluczowe:** kamerton, prędkość kątowna, częstotliwość drgań, natężenie dźwięku, prędkość dźwięku

**Zadanie teoretyczne – T3, zawody I stopnia, XXVIII OF.**

Na tarczy wirującej z prędkością kątową  $\omega$  w odległości  $r$  od osi obrotu po przeciwległych stronach (rys.1) umieszczono dwa kamertony, których częstotliwości drgań własnych są równe  $f_0$ . Drgania kamertonów są zgodne z fazie. Jak zmienia się w czasie natężenie dźwięku odbieranego przez nieruchomego obserwatora  $O$  znajdującego się w płaszczyźnie tarczy bardzo daleko od osi obrotu. Przedyskutuj wynik. Prędkość dźwięku jest dana i równa  $v$ .



Rys. 1

**Rozwiązanie**

Częstotliwość dźwięku w układzie, w którym kamerton spoczywa jest równa  $f_0$ . Oczywiście

$$f_0 = v/\lambda$$

gdzie  $\lambda$  jest długością fali dźwiękowej. Ze względu na fakt, że prędkość dźwięku jest duża, będziemy przyjmowali, że  $\omega r \ll v$ .

Różnica częstotliwości drgań akustycznych w punkcie  $O$ , gdzie znajduje się obserwator (jak łatwo wykazać z zasady Dopplera), wynosi

$$\Delta f = f_0 \frac{2\omega r \cos \omega t}{1 - \left(\frac{\omega r}{v}\right)^2 \cos^2 \omega t}$$

a dla  $\omega r \ll r$  jest ona równa

$$\Delta f = f_0 \frac{2\omega r}{v} \cos \omega t$$

Fale odbioru źródeł zmieniają swą względną fazę w czasie  $dt$  o

$$d\varphi = 2\pi \Delta f dt$$

Zmiana fazy w czasie  $\Delta$  wynosi

$$\Delta\varphi(t) = 2\pi f_0 \frac{2\omega r}{v} \int_0^t \cos \omega t dt$$

czyli

$$\Delta\varphi(t) = \frac{4\pi f_0 r}{v} \sin \omega t; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

T- okres obrotu

$$\Delta\varphi(t) = \frac{4\pi r}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T}.$$

Amplituda fali w punkcie 0 jest modulowana czynnikiem  $\cos \frac{\Delta\varphi(t)}{2}$ . Mamy bowiem

$$\cos\left(\omega t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\left(\omega t - \frac{\Delta\varphi}{2}\right) = 2 \cos \omega t \cos \frac{\Delta\varphi}{2}.$$

Zatem natężenie dźwięku w punkcie 0 jest następujące:

$$I(t) = I_0 \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2} = I_0 \cos^2 \left( \frac{2\pi r}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T} \right),$$

gdzie  $I_0$  jest pewną stałą.