

**Zad. 13 (seria V).** Fala harmoniczna o częstotliwości  $f=500\text{Hz}$  rozchodzi się z prędkością  $V=300\text{m/s}$ .

- W jakiej minimalnej odległości znajdują się punkty drgające różniące się w fazie o  $\Delta\varphi = \pi/3$ ?
- Ile wynosi moduł przesunięcia fazowego drgań dwóch punktów odległych o  $d=1\text{m}$ ?
- Ile wynosi moduł przesunięcia fazowego drgań tego samego punktu w odstępie czasu  $t_0=10^{-3}\text{s}$ ?

Fazę drgań można ograniczyć do liczb z zakresu  $\langle 0, 2\pi \rangle$ , gdyż  $\cos(\varphi + 2\pi) = \cos(\varphi)$ .

Dane wspólne dla całego zadania:  $f=500\text{ Hz}=500\text{ 1/s}$ ,  $V=300\text{ m/s}$

Zaburzenie wywołane przez fale harmoniczną płaską rozchodzącą się w kierunku wyznaczonym przez zwrot osi  $Ox$  można w chwili  $t$  w punkcie o współrzędnej  $x$  opisać równoważnymi wzorami

$$D(x, t) = A \cos(kx - \omega t - \delta_0) = A \cos(\omega t + \delta_0 - kx) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

gdzie  $\varphi_0 = \delta_0 - kx$

W punkcie o określonym  $x$  wzory te opisują drgania zachodzące z częstością kątową  $\omega$  i fazą początkową  $\varphi_0 = \delta_0 - kx$ . Faza drgań jest równa przy tym  $\varphi(t) = \omega t + \varphi_0$ .

Moduł przesunięcia fazowego drgań dwóch punktów odległych o  $\Delta x$  określony w ustalonej dowolnie tej samej chwili czasu wynosi więc:

$$|\Delta\varphi| = |\varphi_2 - \varphi_1| = k|\Delta x| = \frac{2\pi}{\lambda}|\Delta x| = \frac{2\pi}{VT}|\Delta x| = \frac{2\pi f}{V}|\Delta x|$$

Moduł przesunięcia fazowego drgań tego samego punktu określonego dla chwil czasu różniących się o  $\Delta t$  wynosi więc  $|\Delta\varphi| = |\varphi_2 - \varphi_1| = \omega|t_2 - t_1| = 2\pi f|\Delta t|$

ad a)

Dane :  $f=500 \text{ Hz}=500 \text{ 1/s}$ ,  $V=300 \text{ m/s}$ ,  $\Delta\varphi = \frac{\pi}{3}$  Szukane :  $d = |\Delta x|_{\min}$

$$|\Delta\varphi| = \frac{2\pi f}{V} |\Delta x| \Rightarrow d = |\Delta x| = \frac{V|\Delta\varphi|}{2\pi f} = \frac{300 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\pi}{3}}{2\pi \cdot 500 \frac{1}{\text{s}}} = 0,1\text{m}$$

ad b)

Dane :  $f=500 \text{ Hz}=500 \text{ 1/s}$ ,  $V=300 \text{ m/s}$ ,  $d = |\Delta x| = 1\text{m}$  Szukane :  $|\Delta\varphi|_{\min}$

$$|\Delta\varphi| = \frac{2\pi f}{V} |\Delta x| = \frac{2\pi \cdot 500 \frac{1}{\text{s}}}{300 \frac{\text{m}}{\text{s}}} 1\text{m} = \frac{10\pi}{3}$$

Przesunięcie fazowe można ograniczyć do przedziału  $\langle 0, 2\pi \rangle$   
gdyż dwa punkty, których faza drgań różni się o  $2\pi$  wykonują efektywnie taki sam ruch

A zatem ponieważ  $\frac{10\pi}{3} = \frac{6\pi + 4\pi}{3} = 2\pi + \frac{4}{3}\pi$  to  $|\Delta\varphi|_{\min} = \frac{4}{3}\pi$

ad c) Dane :  $f=500 \text{ Hz}=500 \text{ 1/s}$ ,  $V=300 \text{ m/s}$ ,  $|\Delta t| = t_0 = 10^{-3} \text{ s}$  Szukane :  $|\Delta\varphi|_{\min}$

$$|\Delta\varphi| = 2\pi f |\Delta t| = 2\pi f t_0 = 2\pi \cdot 5 \cdot 10^2 \frac{1}{\text{s}} \cdot 10^{-3} \text{ s} = \pi \quad |\Delta\varphi|_{\min} = \pi$$