

1 Ruch falowy

Ruch falowy - rozchodzenie się zaburzeń w ośrodku materialnym, polegające na przenoszeniu energii bez przenoszenia materii.

Dowolne zaburzenie mechaniczne rozchodzi się w ośrodku ciągłym w postaci fali. W ciałach stałych mogą rozchodzić się fale poprzeczne i podłużne, w cieczach i gazach wyłącznie podłużne – polegające na przenoszącym się przez ośrodek ciagu następujących po sobie na przemian jego lokalnych zagęszczeń i rozrzedzeń.

W przypadku gdy źródłem fali dźwiękowej jest układ wykonujący drgania harmoniczne, powstaje fala sinusoidalna; odchylenie y lokalnego ciśnienia w ośrodku od stanu równowagi, rozchodzące się wzdłuż drogi x , jest dane wzorem:

$$y(t, x) = A \sin(\omega t - kx + \phi)$$

gdzie:

A - odchylenie maksymalne, czyli amplituda.

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ - częstość fali, gdzie T okres fali.

t - czas.

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - wielkość wektora falowego, gdzie λ - długość fali.

x - współrzędna położenia.

ϕ - faza początkowa w chwili $t = 0$ i w położeniu $x = 0$.

Wektor falowy – wektor oznaczany \vec{k} wskazujący kierunek rozchodzenia się fali i zwrot promienia fali. Wartość wektora falowego \vec{k} to liczba falowa:

$$k = |\vec{k}| = \frac{2\pi}{\lambda}$$

2 Fala podłużna i poprzeczna

2.1 Fala podłużna

Fala podłużna – fala, w której drgania odbywają się w kierunku zgodnym z kierunkiem jej rozchodzenia się. Przykładem fali podłużnej jest fala dźwiękowa.



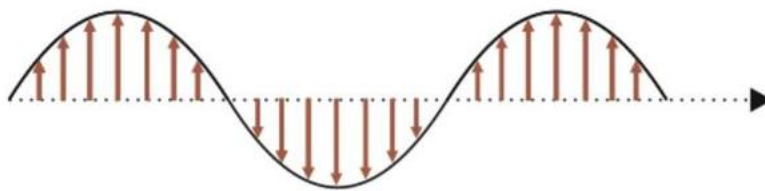
Fala podłużna – rysunek schematyczny. Drgania zachodzą równoległe do kierunku rozchodzenia się fali (czarna strzałka).

Rysunek 1: Fala podłużna

Przykładem fal podłużnych są fale dźwiękowe rozchodzące się w powietrzu, lub w wodzie.

2.2 Fala poprzeczna

Fala poprzeczna – fala, w której kierunek drgań cząstek ośrodka jest prostopadły do kierunku rozchodzenia się fali.



Fala poprzeczna – rysunek schematyczny. Drgania zachodzą prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali (czarna strzałka).

Rysunek 2: Fala poprzeczna

Przykładem fali poprzecznej jest dowolna fala elektromagnetyczna, np. fala świetlna.

3 Interferencja fal

Gdy w pewnym punkcie przestrzeni spotykają się dwie lub więcej fal, w wyniku ich sumowania się (superpozycji) zachodzi zjawisko interferencji. Rozpatrzmy taką superpozycję. Niech będą dane 2 równania fali:

$$y_1 = A_1 \sin(\omega t - kx_1) \quad y_2 = A_2 \sin(\omega t - kx_2)$$

i ich superpozycja:

$$y = y_1 + y_2$$

po przekształceniu:

$$y = A \sin(\omega t - \phi)$$

gdzie:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos k(x_1 - x_2)}$$

Analizując powyższe równania możemy wywnioskować, że całkowite wygaszenie fali następuje przy $\cos k(x_1 - x_2) = -1$ co możemy przekształcić do $x_1 - x_2 = \lambda(n - \frac{1}{2})$. Wówczas maksymalne wzmocnienie następuje przy $\cos k(x_1 - x_2) = 1$, co dla $A_1 = A_2$ skutkuje 2-krotnym zwiększeniem amplitudy.

4 Cechy fizyczne dźwięku

Wysokość - Odczucie częstotliwości drgań fali dźwiękowej, zależna jest od ilości drgań wykonanych w jednostce czasu, im większa częstotliwość drgań, tym wyższy dźwięk.

Głośność - Odczucie natężenia dźwięku, które umożliwia odróżnianie dźwięków cichszych i głośniejszych. Zależy od natężenia i częstotliwości fali oraz widma drgań.

Barwa - Cecha dźwięku, która pozwala odróżnić brzmienia ciał z których wydobywa się dźwięk. Uzależniona jest od ilości, rodzaju i natężenia tonów składowych oraz może się zmieniać w zależności od sposobu wzbudzania drgań, głośności lub częstotliwości dźwięku.

Zakres słyszalności fal dźwiękowych wynosi od 20Hz do 20kHz, dźwięki poniżej tego zakresu nazywamy infradźwiękami, a powyżej ultradźwiękami.

5 Predkość rozchodzenia się dźwięku w ośrodku

Dźwięk rozchodzi się, ponieważ czasteczki substancji oddziałują na siebie, predkość rochodzenia się takiego zaburzenia, czyli predkość dźwięku zależy od tego jak sztywno są ze sobą powiazane sasiadujące czasteczki i od gęstości substancji. Sztywność cieczy opisywana jest przez moduł ścisłości, natomiast ciał stałych przez moduł Younga, im sztywniejsza substancja tym szybciej rozchodzi się dźwięk, natomiast gęstość substancji ma odwrotny wpływ na predkość dźwięku - im większa gęstość, tym mniejsza predkość dźwięku: cięższe czastki jest trudniej wprawić w ruch.

Dla ciał stałych:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

gdzie E jest modułem Younga, a ρ gęstością

W cieczech:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

gdzie K stanowi moduł ścisłości

6 Przemiana stanu gazu zachodząca podczas rozchodzenia się w nim fali dźwiękowej

Podczas rozchodzenia się fali akustycznej w powietrzu ma miejsce szybkie sprężanie i rozprężanie powietrza. Dla fal o częstotliwościach słyszalnych przez człowieka zmiany te są na tyle szybkie, że można je uznać za adiabatyczne. Wykorzystując ten fakt, można, przy założeniu, że powietrze jest gazem doskonałym, znaleźć wzór na predkość dźwięku w funkcji temperatury:

$$v = \sqrt{\frac{\kappa k T}{m}}$$

gdzie

κ - wykładnik adiabaty

k - stała Boltzmanna

T - temperatura powietrza

m - uśredniona masa czasteczki