

# Fale mechaniczne

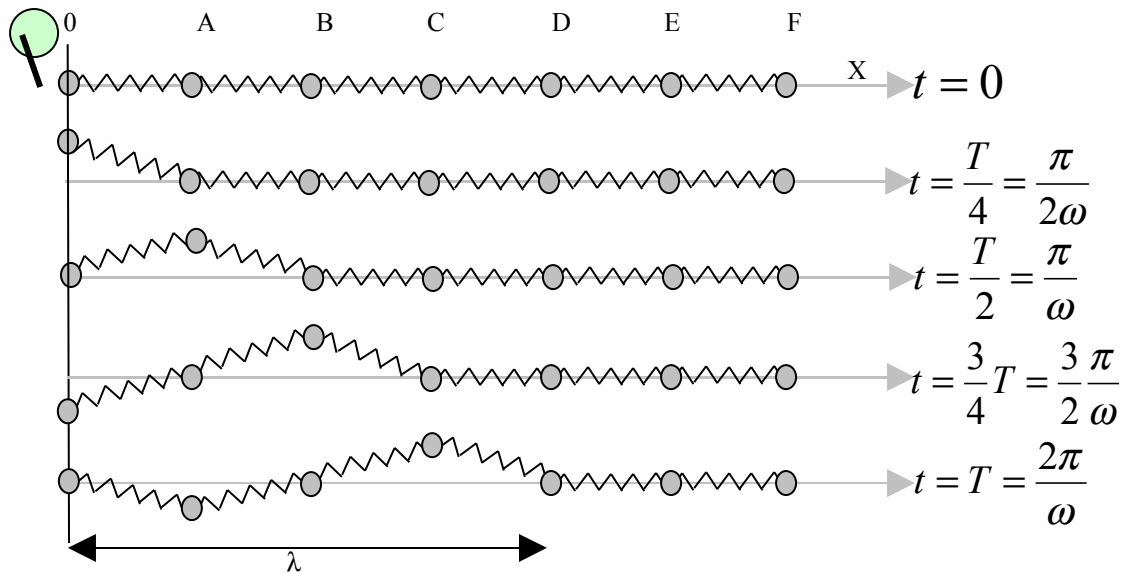
W przyrodzie rozróżniamy następujące rodzaje fal: fale elektromagnetyczne, sprężyste, powierzchniowe itd. Teraz zajmować się będziemy falami sprężystymi (mechanicznymi). Drgania mechaniczne są źródłem powstawania fal sprężystych. Ośrodek sprężysty ma tę właściwość, że siły sprężyste (wzajemnego oddziaływania między cząsteczkami ośrodka) przeciwdziałają siłom, które dążą do odkształcenia danego ośrodka.

Jeśli wyobrazimy sobie cząsteczki ośrodka sprężystego powiązane siłami wzajemnego oddziaływania przedstawionymi za pomocą sprężynek je łączących, to odchylenie ze stanu równowagi jednej z nich spowoduje przemieszczanie się zaburzenia wzdłuż wszystkich cząstek na zasadzie przekazania energii przez wiążące sprężynki.

**Zaburzeniem nazywamy wytrącenie pewnego obszaru ośrodka ze stanu równowagi.**

**Ruchem falowym nazywamy rozchodzenie się zaburzenia równowagi ośrodka sprężystego.**

W ośrodku sprężystym rozchodzenie się fal jest wywołane ruchem (drzganiami) cząstek, które przekazują sobie energię w wyniku wzajemnych oddziaływań (przez cząstki rozumiemy tu atomy, cząsteczki, lub jony).



Na powyższym rysunku pokazano schemat wytwarzania fali harmonicznego przez źródło fali wykonujące drgania harmoniczne z prędkością kątową  $\omega$ . Szereg kulek połączonych sprężynami rozmieszczono wzdłuż osi X. W chwili

$t = \frac{T}{4}$ , tzn. po wykonaniu przez źródło obrotu o kąt  $\pi/2$  wychylenie pierwszej kulki ma wartość największą. W chwili

$t = \frac{T}{2}$  kulka O powraca do położenia równowagi, a kulka A ma wychylenie największe, które przesuwa się wzdłuż osi

X, by po czasie  $t = T$  dotrzeć do kulki C. Wielkości opisujące powstałą w ten sposób falę harmoniczną to:

**Długość fali harmonicznego  $\lambda$**  – odległość zawartą pomiędzy najbliższymi punktami mającymi tę samą fazę drgań.

**Wartość prędkości  $v$**  – rozchodzenia się fali jest stosunkiem drogi do czasu, w którym ta droga została przebyta przez falę. W szczególności za drogę można przyjąć długość fali, a za czas – okres ruchu drgającego. W takim przypadku prędkość fali wyznaczamy ze związku:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{lub} \quad v = \frac{\lambda\omega}{2\pi} = \lambda f$$

gdzie:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  - częstość kątowa źródła drgań [1/s],  $f = \frac{1}{T}$  - częstotliwość źródła drgań [1/s].

**Amplituda fali** – największe wychylenie cząstek ośrodka z położenia równowagi.

## RODZAJA FAL SPRĘŻYSTYCH

**Fala podłużna** – jest to fala, w której drgania cząstek ośrodka i rozchodzenie się zaburzenia zachodzi wzdłuż tego samego kierunku. Prędkość fali podłużnej obliczamy z wzoru:

$$v_{pod.} = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

gdzie  $K$  jest modułem sprężystości objętościowej ośrodka [ $N/m^2$ ],  $\rho$  - gęstość ośrodka [ $kg/m^3$ ]. Fale podłużne rozchodzą się w ciałach stałych, cieczech i gazach.

**Fale poprzeczne** – to takie fale, w których drgania cząstek ośrodka odbywają się w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali. Prędkość obliczmy wtedy z zależności:

$$v_{\text{poprz.}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

gdzie  $G$  – jest modułem sprężystości postaciowej [N/m<sup>2</sup>]. Fale poprzeczne rozchodzą się tylko w ośrodkach mających sprężystość postaci, czyli tylko w ciałach stałych.

Fale rozchodzące się tylko w jednym kierunku przestrzeni nazywamy **falą liniową**. Fale rozchodzące się po powierzchni nazywamy **falami powierzchniowymi**, zaś rozchodzące się w całej przestrzeni **falami przestrzennymi**. **Powierzchnią falową** nazywamy miejsce geometryczne drgających cząstek, znajdujących się w tej samej fazie. Powierzchnię falową, która jest najbardziej odległa od źródła drgań nazywamy **czołem fali**. Ze względu na kształt czoła fale dzielimy na kuliste, cylindryczne, płaskie.

## RÓWNANIE PŁASKIEJ FALI HARMONICZNEJ

Równanie fali harmoniczej można zapisać podobnie jak poznane równania drgań harmonicznycch:

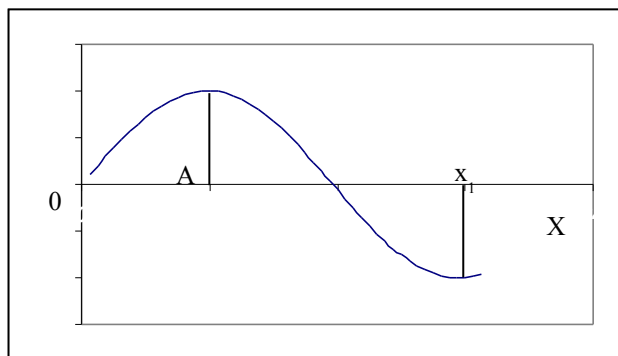
$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

gdzie  $y$  – chwilowe wychylenie źródła drgań,  $A$  – amplituda drgań,  $\omega$  - częstość kątowna źródła drgań,  $\varphi$  - faza początkowa,  $\omega t + \varphi$  - faza drgań.

Rozpatrzmy falę liniową wytworzoną przez źródło drgań harmonicznycch umieszczone w początku układu współrzędnych. Wybierzmy punkt  $x = x_1$ . Fala wychodząca z punktu o współrzędnej  $x = 0$  dotrze do punktu o współrzędnej  $x = x_1$  po upływie czasu:

$$\tau = \frac{x_1}{v},$$

gdzie  $v$  jest prędkością rozchodzenia się fali w danym ośrodku. Tak więc, fala która w chwili  $t$  znajduje się w punkcie  $x=0$ , znajdzie się w punkcie  $x_1$  po upływie czasu  $\tau$ , co oznacza, że punkt ten będzie miał taką samą fazę



drgań, jak punkt o współrzędnej  $x=0$  po czasie:  $t' = t - \tau = t - \frac{x_1}{v}$ . Zatem równanie drgań można zapisać następująco:

$$y(x_1, t) = A \sin \omega \left( t - \frac{x_1}{v} \right).$$

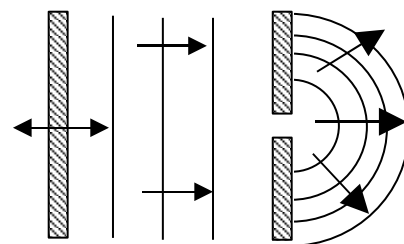
Wprowadzając zależność  $\lambda = vT$  otrzymamy:

$$y(x, t) = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right).$$

## ZASADA HUYGENSA

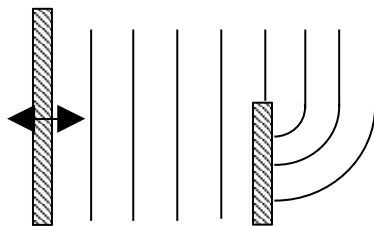
Jedną z najważniejszych zasad dotyczących ruchu falowego jest zasada Huygensa. Opisuje ona większość zjawisk falowych. Mówi ona, że **każda cząstka ośrodka pobudzona do drgań przez falę jest źródłem nowej fali elementarnej**.

Aby zobrazować tę zasadę umieszczamy deseczkę z wąską szczeliną umieszczamy jak na rysunku obok w waniencie z wodą. Wzbudzając falę powierzchniową za pomocą innej deseczki obserwujemy zachowanie się wody po drugiej stronie szczeliny. Szczelina ta jest źródłem nowej fali tym razem jest to fala rozchodząca się we wszystkich kierunkach.



## DYFRAKCJA FAL.

Dyfrakcją fali nazywamy zmianę kształtu (ugięcie) fali po przejściu poza przeszkodę (rys. poniżej)



Ugięcie fal zachodzi na otworach, ostrzach i innych przeszkodach.