

## 5. Fale mechaniczne

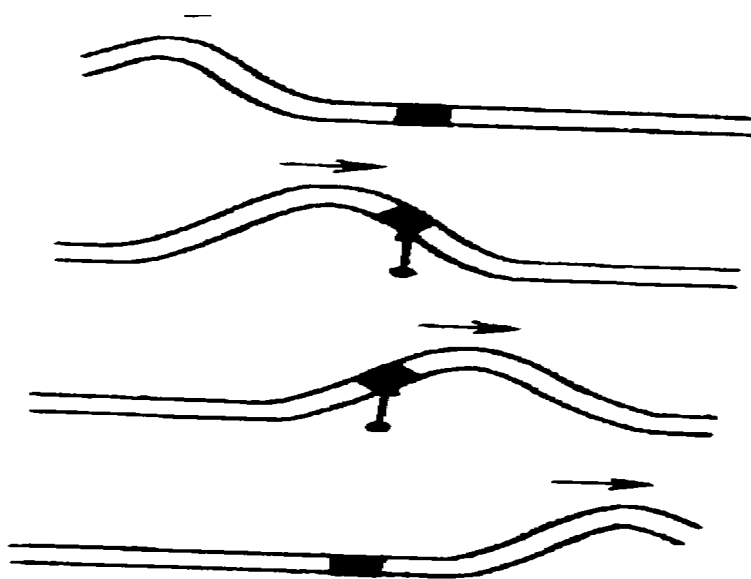
### 5.1. Powstawanie i rozchodzenie się fal mechanicznych.

Ruch falowy jest zjawiskiem bardzo rozpowszechnionym w przyrodzie. Spotkałeś się z pewnością w życiu codziennym z takimi pojęciami jak fale głosowe, radiowe, świetlne, elektromagnetyczne itp. O niektórych z nich będziemy mówić jeszcze w tym module i w następnym. Obecnie poznasz ogólne ich właściwości na przykładzie fal mechanicznych nazywanych też czasami falami sprężystymi, gdyż ich istnienie jest ściśle związane z właściwościami sprężystymi ośrodków w jakich są wytwarzane.

Fale powstające i rozchodzące się w ośrodkach materialnych o własnościach sprężystych nazywamy **falami mechanicznymi**. Z wypowiedzianego wyżej zdania wynika, że istnieje musi powiązanie ruchu drgającego z ruchem falowym.

Aby wytworzyć fale na powierzchni wody musisz np. wrzucić do niej mały kamyk, a fala w węży gumowym powstanie wtedy, gdy będziemy nim potrząsać. Czynności te spowodują wyprowadzenie cząsteczek ośrodka (w określonym miejscu) z położenia równowagi.

Odształcenie odcinka węża gumowego na skutek jego potrząśnięcia (rys. 15) jest zaburzeniem stanu równowagi tego odcinka. Zaburzenie to będzie przesuwać się wzdłuż węża. Kolejne obszary węża przekazują energię następnym odcinkom, dzięki czemu wykonują one drgania. Mówimy, że w węży rozchodzi się fala.



**Rys. 15. Zaburzenie w węży gumowym rozchodzi się wzdłuż węża.**

Sam ośrodek (np. wąż gumowy) nie przesuwa się wraz z rozchodzącą się falą. Dobrą ilustracją tego zjawiska – dla niektórych znanego z doświadczenia – jest ruch małego pływaka wędkarskiego na powierzchni wody, po której rozchodzi się fala. Pływak unosi się do góry i w dół, ale nie przesuwa się razem z falą. Oznacza to, że cząsteczki wody z którymi się styka nie przesuwiają się. Na podstawie tego co powiedzieliśmy o falach możemy przyjąć następujące określenie fali mechanicznej:

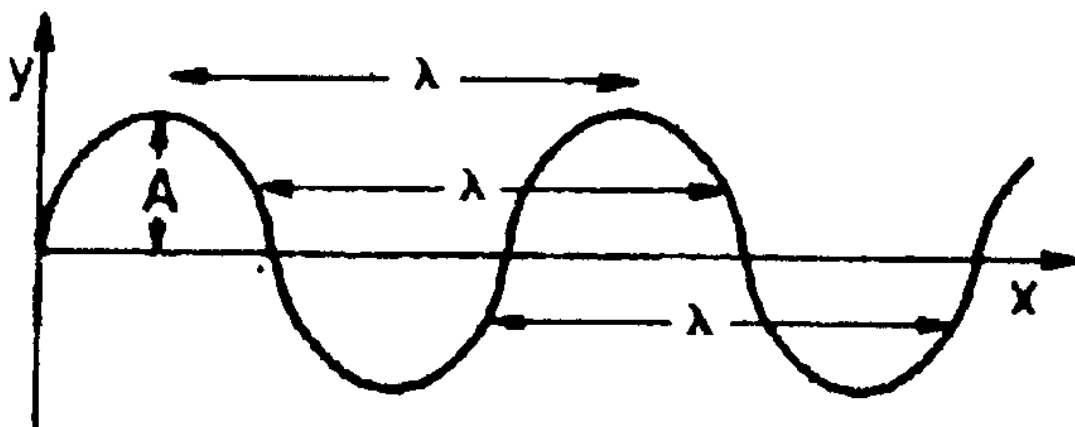
Fala mechaniczna jest to zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym i przenoszące energię, a polegające na drganiach cząsteczek wokół położenia równowagi.

Zaburzenie rozchodzi się w ośrodku ze stałą prędkością, charakterystyczną dla tego ośrodka. Falą jest więc dźwięk, bo w czasie jego rozchodzenia się mamy do czynienia z niewielkimi, miejscowymi

ruchami cząsteczek ośrodka. Nie uważamy za falę wiatru, bo prowadzi on do znacznych przemieszczeń substancji, oraz wirów, które mogą powstać w gazach lub cieczach.

## 5.2. Wielkości opisujące ruch falowy.

Falę biegnącą w wężu gumowym można przedstawić na rysunku, który bardzo przypomina wykres wychyleń w ruchu harmonicznym (rys. 16 – porównaj z rys. 2). Jest jednak pewna różnica. Rys. 16 przedstawia położenie różnych punktów ośrodka w jednej chwili (jedno zdjęcie) natomiast rys. 2 dotyczy położenia jednego punktu (kulki na sprężynie) w różnych chwilach (seria zdjęć).



### Rys. 16. Fala sinusoidalna.

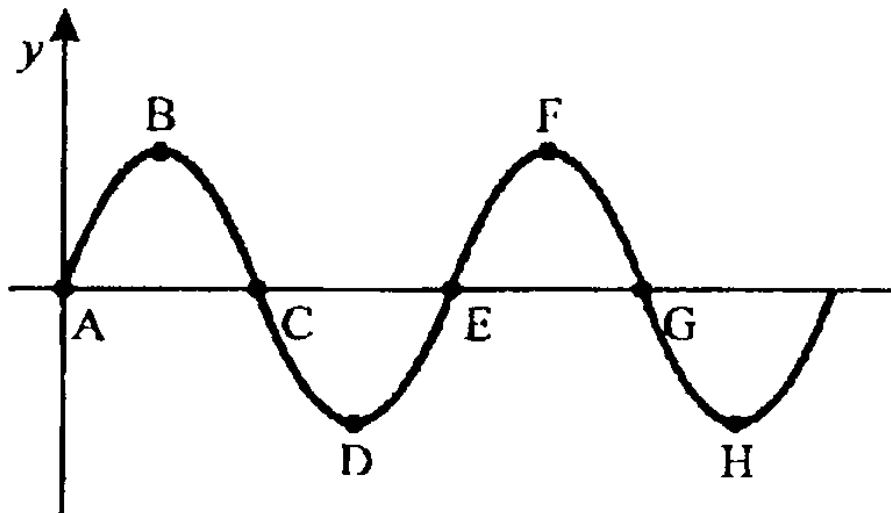
Jeżeli źródło, które wytwarza fale porusza się ruchem harmonicznym to w ośrodku powstają fale sinusoidalne. Tylko takimi falami będziemy się zajmować w tym module.

Ruch falowy podobnie jak ruch drgający opisuje **amplituda**, **okres** i **częstotliwość drgań**. Pojęcia te dobrze już znasz i nie będziemy ich przypominać. Z amplitudą fali związane są określenia: **grzbiet fali** i **dolina fali**. Grzbietem fali będziemy nazywać maksymalne górne wychylenie cząsteczek ośrodka z położenia równowagi, a doliną – maksymalne dolne wychylenie.

Odległość pomiędzy sąsiednimi grzbietami (dolinami) nazywamy **długością** fali i oznaczamy symbolem  $\lambda$  (lambda).

Dwa sąsiednie grzbiety lub doliny charakteryzują się tym, że są w zgodnych fazach tzn. mają jednakowe wychylenie i taką samą co do wartości i zwrotu prędkość. Możemy teraz podać dokładniejszą definicję długości fali. Brzmi ona:

**Długością fali** nazywamy odległość dwóch najbliższych punktów ośrodka znajdujących się w tej samej fazie (rys. 16).



**Rys. 17. Rysunek do zadania PA.**

Ponieważ fala w danym ośrodku porusza się z określoną stałą prędkością ruchem prostoliniowym więc odległość równą jednej długości fali przebędzie w ciągu jednego okresu. Stąd otrzymamy

$$\lambda = v \cdot T \quad [16]$$

ale

1

$$T = \frac{1}{f},$$

f

więc

v

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

f

co po przekształceniu daje bardzo interesujący związek pomiędzy długością fali i jej częstotliwością

$$v = \lambda \cdot f \quad [17]$$

Z równania 17 wynika, iż w danym ośrodku ( $v = \text{const}$ ) zmiana częstotliwości drgań fali powoduje zmianę jej długości. Zależność pomiędzy długością fali i częstotliwością jest odwrotnie proporcjonalna (im dłuższa fala tym mniejszą ma częstotliwość).

### 5.3. Rodzaje fal mechanicznych.

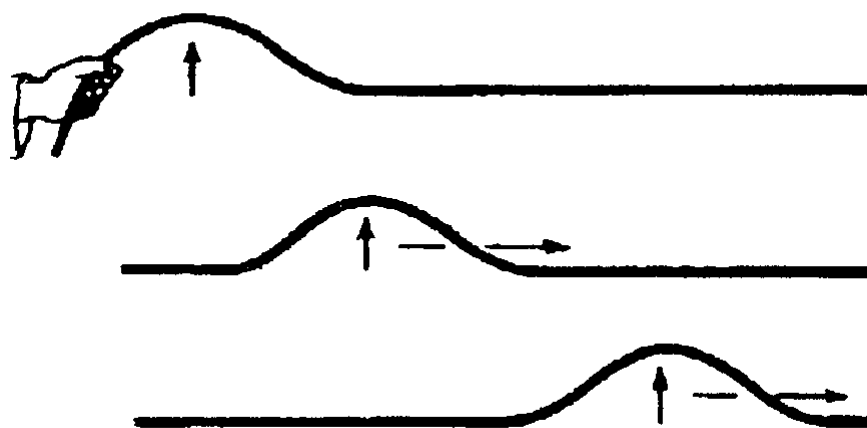
Podziału fal mechanicznych można dokonać biorąc pod uwagę kierunek drgań cząsteczek (elementów ośrodka) w stosunku do kierunku rozchodzenia się fali. Ze względu na to kryterium fale podzielimy na:

**fale poprzeczne**, w których kierunek drgań cząsteczek jest prostopadły do kierunku rozchodzenia się fali,

**fale podłużne**, w których kierunek drgań cząsteczek jest równoległy do kierunku rozchodzenia się fali.

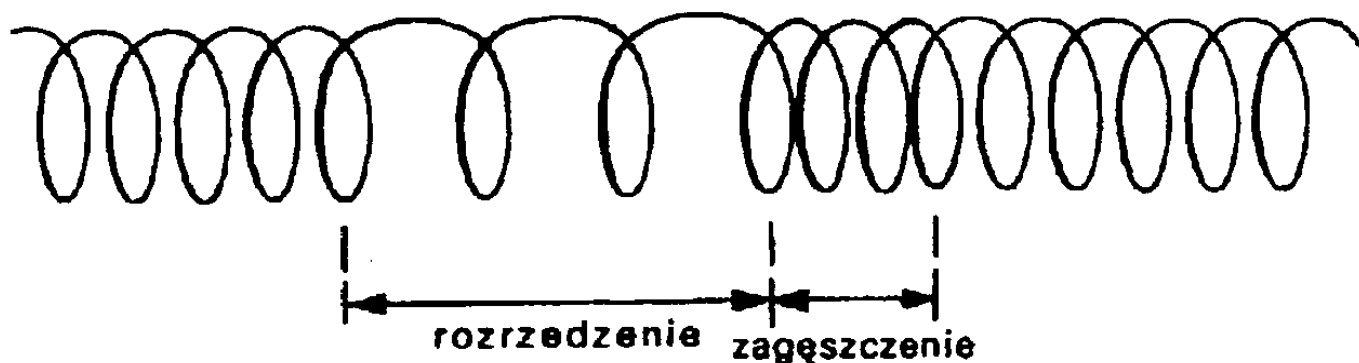
Przykładem fali poprzecznej jest omawiana już fala powstająca w wężu gumowym.

Wychylenia poruszających się elementów węża są zawsze prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali – fala rozchodzi się wzdłuż węża (rys. 18).



**Rys. 18. Fala w wężu gumowym jest falą poprzeczną.**

Falę podłużną można wytworzyć np. w sprężynie leżącej swobodnie na stole lub odpowiednio podwieszanej na niciach przymocowanych do listwy. Lekkie uderzenie wzdłuż sprężyny (zaburzenie równowagi) spowoduje powstanie fali polegającej na zagęszczeniach i rozrzedzeniach zwojów, które będą przemieszczać się wzdłuż sprężyny (rys. 19)



**Rys. 19. Fala w sprężynie jest falą podłużną.**

Fale mechaniczne można również sklasyfikować biorąc pod uwagę kierunek rozchodzenia się ich w przestrzeni. Wyróżnimy wtedy:

**fale liniowe** rozchodzące się wzdłuż jednego kierunku,

**fale powierzchniowe** rozchodzące się po powierzchni,

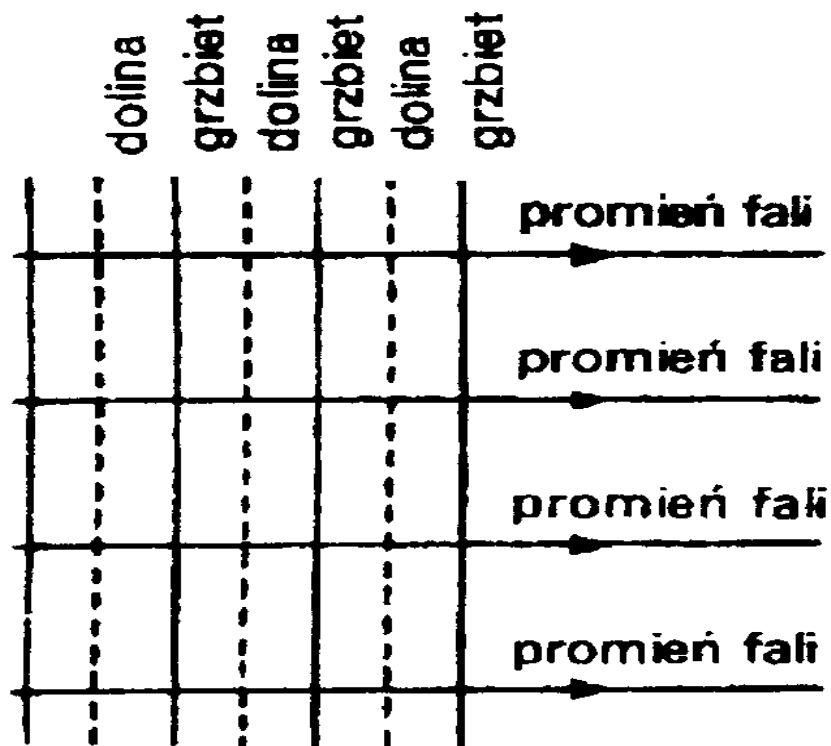
**fale przestrzenne**, które rozchodzą się w przestrzeni.

Przedstawimy jeszcze jeden (trzeci już) podział fal. Zanim to jednak nastąpi musisz poznać cechy charakterystyczne fali, do których zaliczamy: powierzchnię falową, czoło fali oraz promień fali.

**Powierzchnią falową** nazywamy miejsce geometryczne drgających cząsteczek, znajdujących się w tej samej fazie. Powierzchnię falową, która jest najbardziej odległa od źródła drgań (fali), nazywamy **czołem fali**. **Promień fali** jest to wektor prostopadły do powierzchni falowej (lub inaczej – kierunek rozchodzenia się fali).

Sklasyfikujmy teraz fale według kryterium określającego ich powierzchnie falowe. Wśród wielu typów fal wyróżnimy:

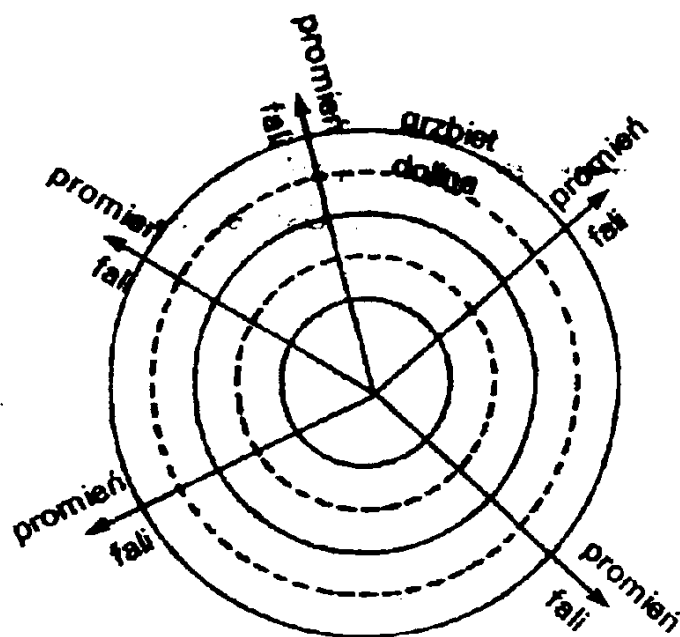
**fale płaskie** – to takie fale, których powierzchnie falowe tworzą równoległe do siebie linie proste gdy fala rozchodzi się po powierzchni (rys. 20) lub płaszczyzny, gdy rozchodzi się w przestrzeni. Promienie fal są do siebie równoległe.



**Rys. 20. Fala płaska.**

**fale koliste** – to takie fale, których powierzchnie falowe tworzą współśrodkowe okręgi gdy fala rozchodzi się po powierzchni (rys. 21).

**fale kuliste** – fale, których powierzchnie falowe tworzą współśrodkowe sfery, gdy mamy do czynienia z falą przestrzenną.



Rys. 21. Fala kolista.

## Pytania i zadania

1. Co nazywamy zaburzeniem?
2. Jaką właściwością musi się charakteryzować ośrodek materialny aby mogła w nim powstać fala mechaniczna?
3. Z jaką prędkością rozchodzi się fala mechaniczna w danym ośrodku sprężystym: stałą czy zmienną?
4. Jak nazywamy odległość między dwoma sąsiednimi grzbietami fali?
5. Którym parom punktów odpowiada odległość równa długości fali (rys. 17)?
6. Jeżeli częstotliwość drgań węża gumowego wzrośnie 4-krotnie to jak zmieni się długość fali powstałej w tym wężu?
7. Jaką drogę przebędzie fala w ośrodku sprężystym w ciągu jednego okresu?
8. Jaka jest maksymalna prędkość cząsteczek węża gumowego, jeżeli wytworzono w nim falę o amplitudzie  $A = 20$  cm i długości  $\lambda = 0,5$  m? Fala w wężu rozchodzi się z prędkością  $v = 2$  m/s.
9. Jaka jest prędkość rozchodzenia się fali w wodzie, jeżeli okres drgań łódki wynosi  $T = 4$  s, a odległość pomiędzy sąsiednimi grzbietami fal wynosi 8 m?
10. Odległość między grzbietami fal na morzu wynosi 20 m. Z jaką prędkością rozchodzą się fale, jeżeli uderzają o brzeg 15 razy na minutę?
11. Fala o długości  $\lambda = 2$  m rozchodzi się z prędkością  $v = 10$  m/s. Oblicz częstotliwość drgań związanych z tą falą.
12. Jak nazywamy falę, w której cząsteczki ośrodka drgają prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali?

13. Jak nazywamy falę, w której cząsteczki ośrodka drgają wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali?
  14. Do jakiej kategorii fal zaliczysz falę rozchodzącą się w wężu gumowym? Podaj dwa określenia.
  15. Do jakiej kategorii fal zaliczysz falę rozchodzącą się w sprężynie? Podaj dwa określenia.
  16. Jak nazywamy kierunek wzdłuż którego rozchodzi się fala?
  17. Jak nazywamy powierzchnię ośrodka na której wszystkie drgające cząsteczki znajdują się w tej samej fazie?
  18. Jaką nazwą określamy powierzchnię falową, która jest zawsze „na czele” poruszającej się fali?
-