

Powstawanie fal w ośrodkach materialnych. Fale harmoniczne i wielkości je opisujące: amplituda, okres, częstotliwość, prędkość i długość fali

# Powstawanie fal w ośrodkach materialnych. Fale harmoniczne i wielkości je opisujące: amplituda, okres, częstotliwość, prędkość i długość fali

---

Czy gdy siedzisz nad brzegiem jeziora, możesz rozkołysać łódkę uwiązaną do pomostu na przeciwległym brzegu jeziora? Co się będzie działo z taką łódką, gdy w pobliżu przepłynie z dużą prędkością motorówka?



Bardzo wiele zjawisk w przyrodzie ma charakter falowy. Poznanie natury fal jest konieczne do zrozumienia natury zjawisk falowych

Źródło: Graham Cook, dostępny w internecie: flickr.com, licencja: CC BY 2.0.

**Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia**

- opis ruchu drgającego na przykładzie ciężarka na sprężynie oraz wahadła matematycznego,
- położenie równowagi, amplituda drgań, okres i częstotliwość drgań,
- przemiany energii w ruchu drgającym,
- obliczanie okresu drgań, gdy znana jest ich częstotliwość.

## Nauczysz się

- opisywać mechanizm przekazywania drgań między punktami ośrodka,
- podawać definicję ruchu falowego oraz fal harmoniczných,
- posługiwać się wielkościami opisującymi ruch falowy: amplituda fali, okres i częstotliwość fali, długość i prędkość fali.

Zjawisko powstawania fal omówimy, rozpoczynając od przeprowadzenia prostego doświadczenia.

## Doświadczenie 1

Obserwacja procesu przekazywania drgań.

### Co będzie potrzebne

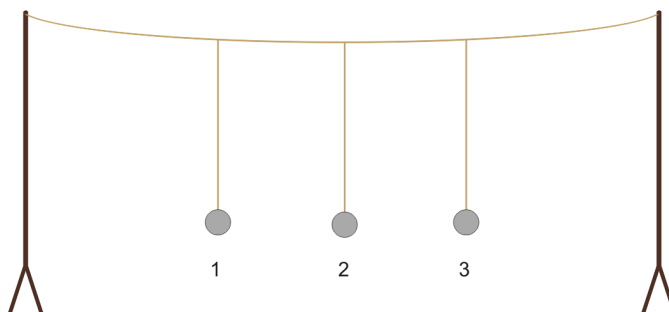
---

- dwa statywy lub rama,
- gruby sznur,
- 3 lub 4 jednakowe wahadła matematyczne.

### Instrukcja

---

1. Naciągnij sznur między dwoma statywami ustawionymi w odległości około 70 cm od siebie.
2. Do sznura przywiąż nici wahadeł matematycznych. Wahadła powinny mieć jednakową długość, a odstępy między nimi wynosić około 10 – 15 cm. Dla pewności spójrz na rysunek.



Trzy wahadła

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

3. Odchyl od pionu pierwsze wahadło z brzegu i puść swobodnie (powinno ono drgać w kierunku prostopadłym do płaszczyzny, w której wiszą inne wahadła, i nie może zderzać się z sąsiednim wahadłem).
4. Obserwuj zachowanie pozostałych wahadeł.

## Podsumowanie

---

Łatwo zauważyć, że wahadła, których nie wprawiliśmy w ruch, po pewnym czasie też zaczęły drgać, przy czym drgania sąsiedniego są nieco spóźnione w porównaniu z tym, które zaczęło drgać wcześniej.

Z tej obserwacji możemy wyciągnąć wniosek, że **drgania mogą być przekazywane od jednego ciała drgającego do innego**. W tym doświadczeniu pośrednikiem między wahadłami był sznur, do którego wszystkie były przymocowane.

Czy tylko wahadła mogą przekazywać sobie drgania? Wykonajmy kolejne doświadczenie:

## Doświadczenie 2

Obserwacja ruchu falowego.

### Co będzie potrzebne

---

- gumowy sznur lub inna sprężysta linka o długości kilku metrów (3 – 5 m). Może to być przewód elektryczny w gumowej izolacji (oczywiście niepodłączony do źródła napięcia!);
- sprężyna typu slinky,
- uchwyt w ścianie, do którego można przywiązać jeden koniec sznura (w ostateczności może to być klamka zamkniętych drzwi).

### Instrukcja

---

1. Przywiąż jeden koniec sznura do stabilnego uchwyty w ścianie, drugi trzymaj w ręce i stań w takiej odległości od ściany, aby sznur był poziomy i lekko naciągnięty.
2. Drugą ręką uderz energicznie w sznur tak, aby wyraźnie się odkształcił.
3. Obserwuj, co dzieje się z wywołanym odkształceniem.
4. Zwiększ napięcie sznura (możesz odsunąć się od ściany lub skrócić napiętą część sznura) i znów drugą ręką uderz energicznie w sznur, tak aby wyraźnie się odkształcił.
5. Obserwuj, co się zmieniło.
6. Powtórz powyższe czynności ze sprężyną slinky.
7. Ściśnij kilka zwojów naciągniętej sprężynki i puść. Ruch powinien być szybki i energiczny.
8. Obserwuj zachowanie się sprężynki po wywołaniu w niej takiego zaburzenia.
9. Powtórz czynność 7 przy różnym stopniu rozciągnięcia sprężynki – uważaj, aby nie rozciągnąć jej w sposób nieodwracalny!

Widzimy, że zaburzenie wywołane ruchem ręki w jednym miejscu sznura lub sprężyny przemieszcza się wzdłuż tego sznura (sprężyny) ze stałą prędkością. Prędkość ta może wzrosnąć, gdy zwiększymy naciąg sznura (sprężyny). Takie **zaburzenie**

**przemieszczające się w ośrodku** sprężystym (sznur, sprężyna) nazywamy **impulsem falowym**.

Dzieje się tak dlatego, że poszczególne fragmenty sznura oddziałują ze sobą i przekazują sobie swoje drgania, podobnie jak to było w przypadku wahadeł z doświadczenia 1.

Gdy zaburzenie będziemy wprowadzać w sposób cykliczny (jeden koniec sznura lub sprężyny będzie regularnie drgał), to w ośrodku rozchodzić się będzie ciąg takich impulsów falowych, który nazywamy falą.

### Zapamiętaj!

1. **Fala** to zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym.
2. Źródłem fali jest ciało drgające, które przekazuje drgania cząsteczkom ośrodka.
3. Gdy w ośrodku rozchodzi się fala, cząsteczki tego ośrodka wykonują ruch drgający – każda wokół swego położenia równowagi. Ruch ten odbywa się na małej przestrzeni.
4. Fala (czyli zaburzenie) rozchodzi się w ośrodku ruchem jednostajnym wzdłuż całego ośrodka, na dużej przestrzeni. Ruch fali jest możliwy wtedy, gdy cząsteczki ośrodka mogą przekazywać drgania od jednej fali do następnych.

Wielkości charakteryzujące ruch falowy:

- **prędkość fali** ( $v$ ) – prędkość, z jaką w ośrodku rozchodzi się zaburzenie wywołane drganiami źródła fali. Jej wielkość zależy od właściwości ośrodka; jego sprężystości i gęstości; jednostka – metr na sekundę  $[\frac{m}{s}]$ ,
- **amplituda fali** ( $A$ ) – amplituda drgań cząsteczek ośrodka, w którym rozchodzi się fala; jednostka – metr  $[m]$ ,
- **okres fali** ( $T$ ) – okres drgań źródła fali, a jednocześnie okres drgań cząsteczek ośrodka, w którym rozchodzi się fala; jednostka – sekunda  $[s]$ ,
- **częstotliwość fali** ( $f$ ) – częstotliwość drgań źródła fali, a jednocześnie częstotliwość drgań cząsteczek ośrodka, w którym rozchodzi się fala; jednostka –

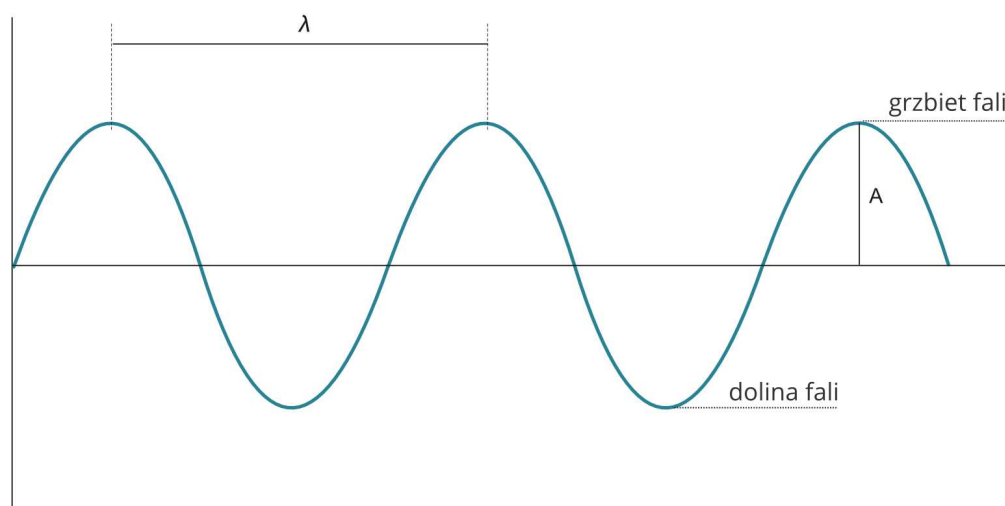
herc [Hz].

Częstotliwość fali jest odwrotnością okresu – tak jak w opisie drgań, czyli:

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

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

Gdy sfotografujemy falę na sznurze (migawkowe zdjęcie fali), wyglądać będzie ona następująco:



Fala zatrzymana

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Na rysunku przedstawiono charakterystyczne elementy fali, czyli grzbiety fali – to najwyżej położone punkty. Najniżej położone nazywamy dolinami.

**Długość fali** ( $\lambda$ ) (lambda) – odległość między dwoma sąsiednimi grzbietami (lub dwiema sąsiednimi dolinami) fali; jednostka – metr.

Długość fali to jednocześnie droga, jaką przebywa fala w czasie, gdy źródło fali wykona jedno pełne drganie, czyli w ciągu jednego okresu. Ponieważ fala przemieszcza się ruchem jednostajnym, to przebytą przez nią drogę możemy policzyć, korzystając z zależności:

$$\text{droga} = \text{prędkość} \cdot \text{czas}$$

$$s = v \cdot t$$

czyli

$$\lambda = v \cdot T.$$

W ten sposób zapisaliśmy jeden z najważniejszych związków łączących wielkości charakteryzujące ruch falowy. Korzystanie z tego związku będzie przedmiotem ćwiczeń w jednym z następujących rozdziałów.

## Ćwiczenie 1



Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.NazarenkoFogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

## Podsumowanie

- Fala to zaburzenie rozchodzące się w ośrodku sprężystym.
- Źródłem fali jest ciało drgające, które przekazuje drgania cząsteczkom ośrodka.
- Gdy w ośrodku rozchodzi się fala, cząsteczki tego ośrodka wykonują ruch drgający, każda wokół swego położenia równowagi.
- Fala (czyli zaburzenie) rozchodzi się w ośrodku ruchem jednostajnym wzdłuż ośrodka. Ruch fali jest możliwy wtedy, gdy cząsteczki ośrodka mogą przekazywać drgania od jednej do następnych.
- Wielkości charakteryzujące ruch falowy:
  - **prędkość fali** ( $v$ ) – prędkość, z jaką w ośrodku rozchodzi się zaburzenie wywołane drganiami źródła fali. Jej wielkość zależy od właściwości ośrodka;

jego sprężystości i gęstości; jednostka – metr na sekundę  $[\frac{m}{s}]$ ;

- **amplituda fali** ( $A$ ) – amplituda drgań cząsteczek ośrodka, w którym rozchodzi się fala; jednostka – metr [m];
  - **okres fali** ( $T$ ) – okres drgań źródła fali, a jednocześnie okres drgań cząsteczek ośrodka, w którym rozchodzi się fala; jednostka – sekunda [s];
  - **częstotliwość fali** ( $f$ ) – częstotliwość drgań źródła fali, a jednocześnie częstotliwość drgań cząsteczek ośrodka, w którym rozchodzi się fala; częstotliwość fali jest odwrotnością okresu – tak jak w opisie drgań czyli:  
 $f = \frac{1}{T}, T = \frac{1}{f}$ ;  
jednostka – herc [Hz];
  - **długość fali** ( $\lambda$ ) (lambda) – odległość między dwoma sąsiednimi grzbietami (lub dwiema sąsiednimi dolinami) fali; jednostka – metr [m].
- Długość fali to jednocześnie droga, jaką przebywa fala w czasie, gdy źródło fali wykona jedno pełne drganie, czyli w ciągu jednego okresu;  
droga = prędkość · czas,  $s = v \cdot t$ , czyli  $\lambda = v \cdot T$ .

## Ćwiczenie 2

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

## Ćwiczenie 3

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

## Słownik

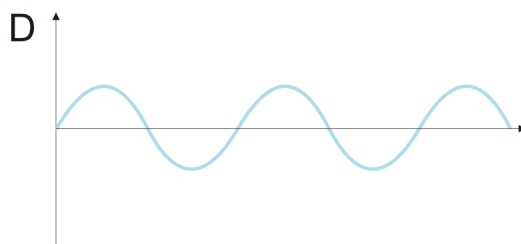
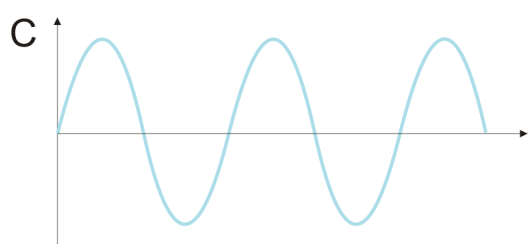
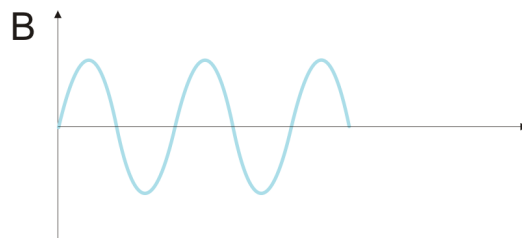
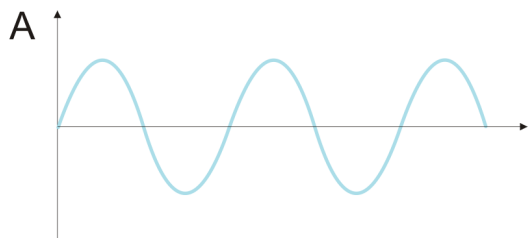
propagacja fali

rozchodzenie się fali

## Zadanie podsumowujące rozdział

## Ćwiczenie 4

Z czterech zaprezentowanych poniżej fal, określ, które mają takie same amplitudy oraz, które mają taką samą długość.



### Różne fale

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.NazarenkoFogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.