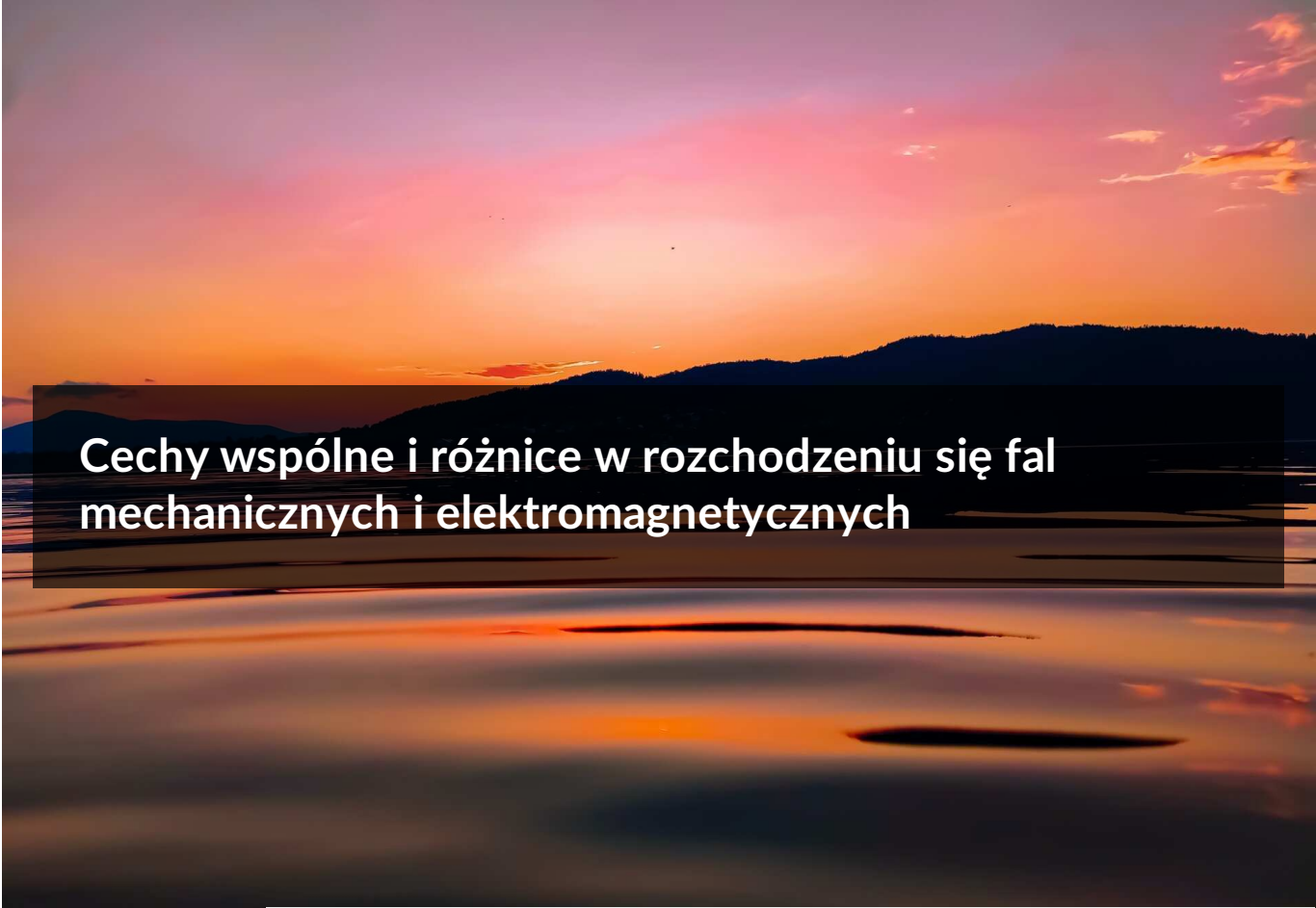


Cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych



## Cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych

Źródło: Konrad Mikołajczyk, dostępny w internecie: <https://www.pexels.com/>, domena publiczna.

Co wspólnego ma dźwięk lub fale na wodzie z używaniem telefonu komórkowego, prześwietlaniem kości czy opalaniem się? Wszystkie te zjawiska możemy opisać jako fale mechaniczne lub elektromagnetyczne. Czy jedne są całkowicie inne niż drugie, czy mają jakieś cechy wspólne? Dowiesz się z tego materiału.

### Twoje cele

- przeanalizujesz jakie rodzaje fal są, a jakie nie są mechaniczne;
- pogrupujesz wiadomości dotyczące fal;
- dowiesz się, co wspólnego mają fale mechaniczne i elektromagnetyczne;
- obliczysz długości i częstotliwości fal.

## Fale

**Fala** definiowana jest jako zaburzenie rozchodzące się od miejsca, w którym powstało. Podstawowy podział fal wyróżnia **fale mechaniczne**, **elektromagnetyczne** i **fale materii**. Badaniem tych ostatnich zajmuje się fizyka kwantowa, nazywane są one inaczej falami de Broglie'a. Zgodnie z teorią Louisa de Broglie'a, każda cząstka materialna ma właściwości falowe.

Fale mechaniczne to np. fale powstające na wodzie, fale sejsmiczne lub fale dźwiękowe. Są one zaburzeniem okresowym. Zaburzenie w przypadku fal na wodzie może powstać po wrzuceniu kamienia. Fale sejsmiczne to zaburzenia wynikające ze zmian ciśnienia pod powierzchnią Ziemi lub deformacji samej powierzchni. Dla dźwięku, zaburzenie związane jest ze zmianami ciśnienia ośrodka, a rozchodzenie się tego zaburzenia zależy od samego ośrodka. Dla przykładu, dźwięk będzie zupełnie inaczej rozchodził się w powietrzu i inaczej w wodzie.

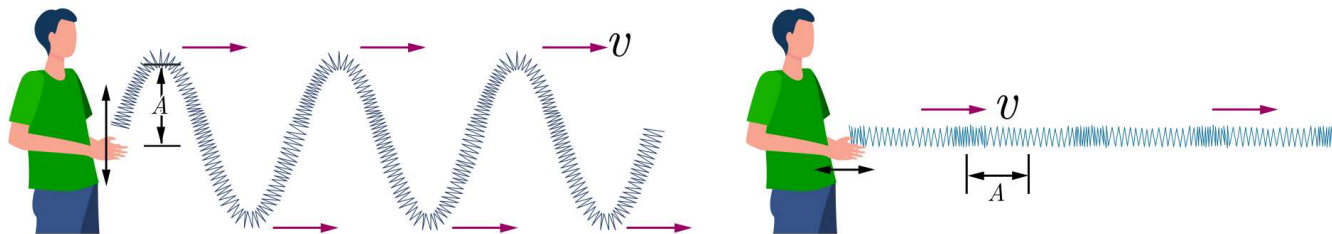
Fale mechaniczne podlegają zasadom dynamiki Newtona, a ich rozchodzenie się związane jest z istnieniem ośrodka, w którym powstają. Fale mechaniczne potrzebują ośrodka, może być to gaz, ciecz, ciało stałe. Ośrodek taki ulega odkształceniu i pojawiają się w nim siły sprężystości, co umożliwia rozchodzenie się fali. Fale mechaniczne są nośnikami energii i pędu – są one przenoszone wraz z przemieszczaniem się fali. Nie przenoszą masy – drga ona tylko wokół położenia równowagi fali.



Fale na wodzie po wrzuceniu do niej kamienia

Źródło: dostępny w internecie: Pexels.com, licencja: CC BY 3.0.

Fale mechaniczne dzielą się na **poprzeczne** i **podłużne**. Fala poprzeczna może się rozchodzić w dowolnym kierunku, zaburzenie ośrodka zachodzi jednak prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali. Fala podłużna to taka, dla której zaburzenie ośrodka rozchodzi się równoległe do kierunku rozchodzenia się fali. Fale poprzeczne to na przykład fale powstające na powierzchni wody lub strunach instrumentów muzycznych. Dźwięk rozchodzący się w wodzie lub powietrzu to fala podłużna. Fala dźwiękowa rozchodząca się w ciałach stałych może być połączeniem fali podłużnej i poprzecznej. Fale sejsmiczne także posiadają dwie składowe.



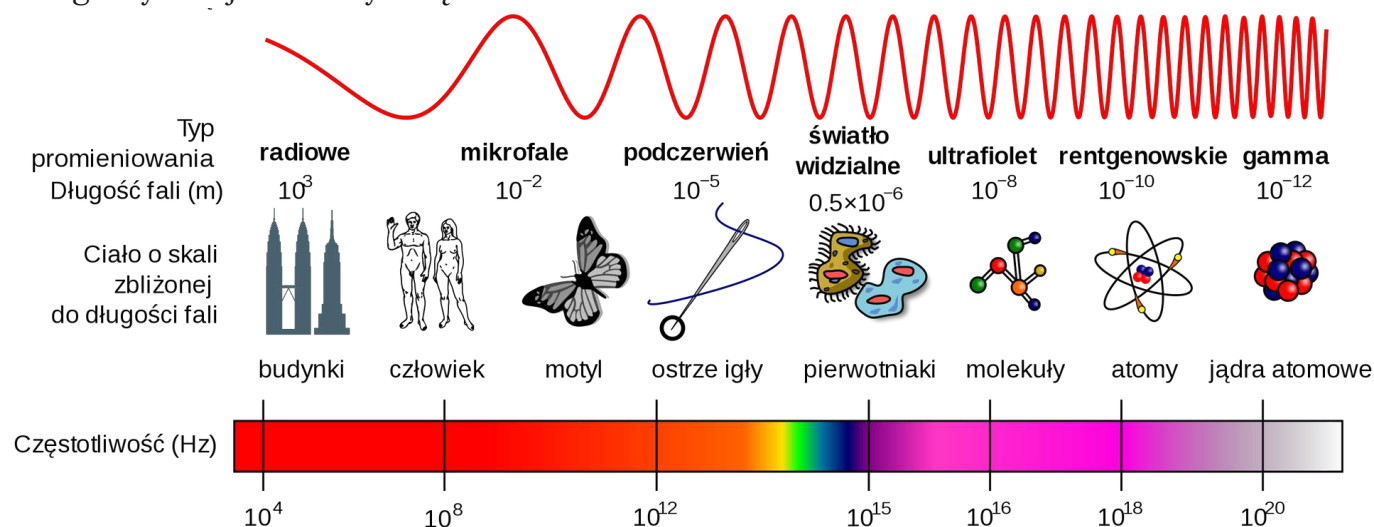
Fala poprzeczna

Fala podłużna

Fala poprzeczna i podłużna

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

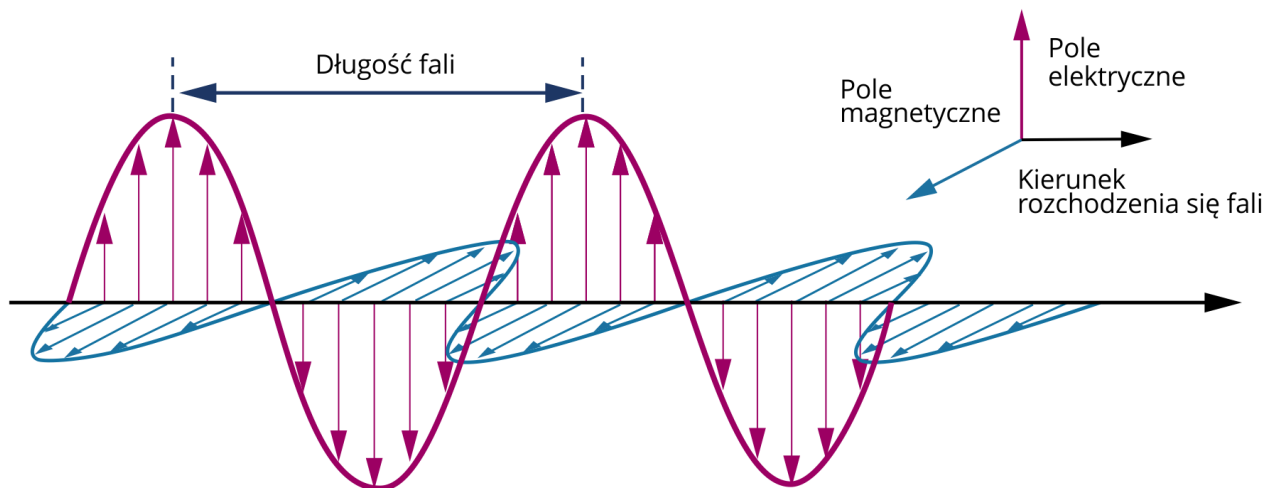
Fale elektromagnetyczne to zaburzenia pól elektrycznych i magnetycznych. Fale te, w przeciwieństwie do mechanicznych, nie wymagają ośrodka. Powstają dzięki drganiom o wysokiej częstotliwości cząstek naładowanych. Są to np. fale radiowe, mikrofałe, światło w zakresie widzialnym jak i ultrafiolet, podczerwień, fale telefonii komórkowej, promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie gamma. Fale elektromagnetyczne w próżni rozchodzą się z prędkością światła ( $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ ). Wywoływane są przez zmienne pola magnetyczne i elektryczne. Pola te są do siebie prostopadłe i proporcjonalne, co wynika z praw Maxwella i prawa Gaussa. Fala elektromagnetyczna jest zatem falą poprzeczną z polem elektrycznym i magnetycznym, które drgają prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali. Fale elektromagnetyczne, podobnie jak fale mechaniczne, są nośnikami energii dzięki ciągłym zmianom energii elektrycznej w magnetyczną i magnetycznej w elektryczną.



Rodzaje fal elektromagnetycznych

Źródło: przetłumaczył Dobrzejest, wikipedia.pl : Adi4000, edycja: GroMar Sp. z o.o., dostępny w internecie:

<http://commons.wikimedia.org> [dostęp 10.09.2022], domena publiczna.

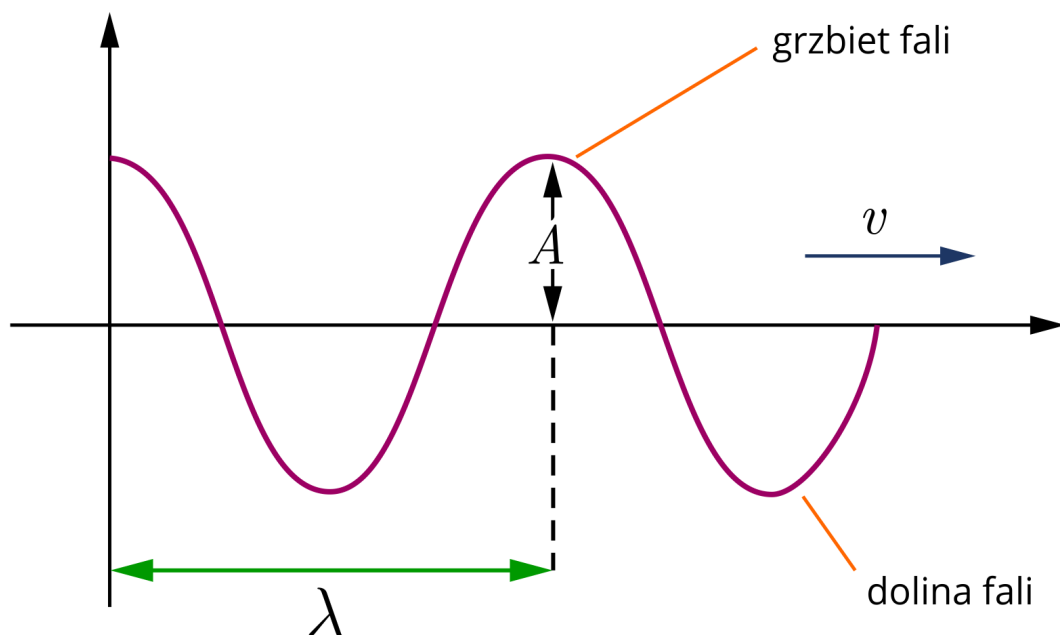


### Fala elektromagnetyczna

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

Podsumowując, fale mechaniczne potrzebują ośrodka, w którym się rozchodzą, a fale elektromagnetyczne poruszają się w próżni. Fale mechaniczne są wywoływane przez amplitudę fali, a nie przez częstotliwość drgań naładowanych cząstek. Fale mechaniczne rozchodzą się dzięki przekazywaniu drgań kolejnym elementom ośrodka, a fale elektromagnetyczne dzięki drganiom cząstek naładowanych. Fala mechaniczna przemieszcza się z dużo mniejszą prędkością niż fala elektromagnetyczna. Jedne i drugie przenoszą energię. Ich wspólne cechy opisują podstawowe wielkości falowe:

- okres fali – okres drgań źródła fali, oznaczany jako  $T$  i wyrażany w sekundach [s];
- częstotliwość fali – liczba fal przebiegających przez punkt danego ośrodka w jednostce czasu  $f = \frac{1}{T}$ , częstotliwość wyrażana jest w hercach [Hz];
- prędkość fali – prędkość z jaką rozchodzi się fala, wyrażana w metrach na sekundę  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$ , jest różna w zależności od ośrodka;
- długość fali – to odległość między dwoma punktami ośrodka o tym samym wychyleniu np. dwoma kolejnymi grzbietami fali lub dwoma kolejnymi dolinami fali, oznaczana jest literą lambda  $\lambda$  i wyrażana w metrach [m]; długość fali możemy obliczyć ze wzoru  $\lambda = v \cdot T$  lub  $\lambda = \frac{v}{f}$ ;
- amplituda fali – maksymalne wychylenie z położenia równowagi, oznaczana jako  $A$  i wyrażana w metrach [m].



Wielkości charakterystyczne fali:  $A$  – amplituda,  $\lambda$  – długość fali,  $v$  – prędkość fali

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

### Przykład 1

Oblicz częstotliwość i długość fali o okresie 0,05 minuty, rozchodzącej się z prędkością  $125 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

#### Rozwiązanie:

Częstotliwość fali policzymy ze wzoru  $f = \frac{1}{T}$ , zamieniając najpierw minuty na sekundy:

$$T = 0,05 \text{ min} = 0,05 \cdot 60 \text{ s} = 3 \text{ s},$$

$$f = \frac{1}{3 \text{ s}} = 0,33 \text{ Hz}.$$

Długość fali obliczamy ze wzoru  $\lambda = v \cdot T$ :

$$\lambda = 125 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \text{ s} = 375 \text{ m}.$$

### Przykład 2

Jednym z efektów zderzenia dwóch gwiazd neutronowych Kal-12 i Ros-82 jest pojawienie się widma promieniowania gamma o częstotliwości  $2,5 \cdot 10^{22}$  Hz. Oblicz długość fali widma tego promieniowania.

#### Rozwiązanie:

Fala promieniowania elektromagnetycznego, tutaj promieniowania gamma, rozchodzi się z prędkością światła  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Wzór na częstotliwość łączymy ze wzorem na długość fali:

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

$$\lambda = v \cdot T, \text{ więc } \lambda = \frac{v}{f}, \text{ tutaj } \lambda = \frac{c}{f},$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,5 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{s}}} = 1,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}.$$

Zwróć uwagę, że jest to długość fali na poziomie rozmiarów ciężkiego jądra atomowego.

### Przykład 3

Oblicz stosunek najwyższej do najniższej częstotliwości fali dźwiękowej, odbieranej przez człowieka, i stosunek najwyższej do najniższej częstotliwości fali elektromagnetycznej, jaką może odbierać ludzkie oko. Przyjmij granice długości fali dźwięków słyszalnych jako 0,017–17 m i prędkość dźwięku w powietrzu  $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , oraz granice długości fali światła widzialnego jako 400–750 nm i prędkość światła w powietrzu  $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

### Rozwiązanie:

Wykorzystujemy wzór na długość fali  $\lambda = \frac{v}{f}$ . Po przekształceniu otrzymujemy  $f = \frac{v}{\lambda}$ .

Dla dźwięku:

$$f_1 = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,017 \text{ m}} = 20000 \frac{1}{\text{s}} = 20000 \text{ Hz},$$

$$f_2 = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{17 \text{ m}} = 20 \frac{1}{\text{s}} = 20 \text{ Hz}.$$

Stosunek najwyższej do najniższej częstotliwości dla dźwięku wynosi:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{20000 \text{ Hz}}{20 \text{ Hz}} = 1000.$$

Dla światła:

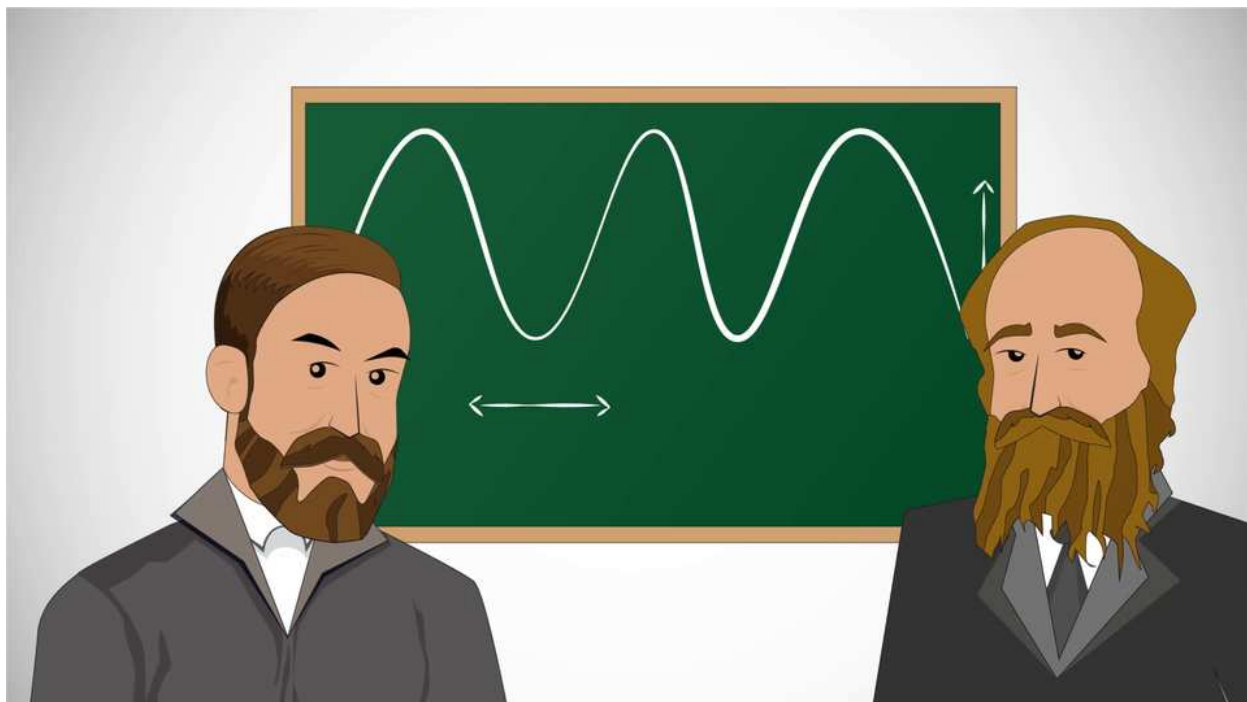
$$f_1 = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{400 \text{ nm}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 7,5 \cdot 10^{17} \frac{1}{\text{s}} = 7,5 \cdot 10^{17} \text{ Hz},$$

$$f_2 = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{750 \text{ nm}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,75 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4 \cdot 10^{17} \frac{1}{\text{s}} = 4 \cdot 10^{17} \text{ Hz}.$$

Stosunek najwyższej do najniższej częstotliwości dla światła wynosi:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{7,5 \cdot 10^{17} \text{ Hz}}{4 \cdot 10^{17} \text{ Hz}} = 1,875.$$

## Cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RzjZmdB1bgle9>

Cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych

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

Animacja nawiązująca do treści materiału.

### Polecenie 1

Jakie są zastosowania, wymienionych w animacji, rodzajów fali elektromagnetycznej? Notatki możesz zapisać w polu poniżej.

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

## Polecenie 2

Czy, jeśli w filmach science fiction słyszymy dźwięki statków kosmicznych znajdujących się w przestrzeni kosmicznej, jest to zgodne z rzeczywistością? Notatki możesz zapisać w polu poniżej.

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

## Polecenie 3

Jakim rodzajem fali – poprzeczną czy podłużną – jest fala stadionowa? Notatki możesz zapisać w polu poniżej.

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

# Ćwiczenia

## Ćwiczenie 1



Porównaj częstotliwości fal. Wpisz znak < lub >.

światło czerwone  światło fioletowe

ultradźwięki  infradźwięki

promieniowanie gamma  promieniowanie rentgenowskie

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

## Ćwiczenie 2



Podaj przykłady fal mechanicznych oraz elektromagnetycznych. Odpowiedź zapisz w polu poniżej.

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

## Ćwiczenie 3



Prędkość dźwięku w powietrzu nie jest stała i zależy od (zaznacz cztery poprawne odpowiedzi):

koloru

gęstości powietrza

zapachu

temperatury

wilgotności

ciśnienia

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

## Ćwiczenie 4



Zaznacz dwa zdania prawdziwe.

- Fala mechaniczna to np. fala sejsmiczna.
- Fala elektromagnetyczna jest nośnikiem masy i energii.
- Fala mechaniczna nie potrzebuje ośrodka do przenoszenia.
- Fala elektromagnetyczna rozchodzi się w próżni.

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

## Ćwiczenie 5



Zaznacz w zdaniach właściwe sformułowania.

Fala mechaniczna przemieszcza się z dużo  mniejszą  większą  prędkością niż fala elektromagnetyczna.

Prędkość dźwięku w powietrzu to około   $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   , a światła to prawie   $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   .

Fala mechaniczna i elektromagnetyczna są nośnikami  masy  energii  siły  .

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

## Ćwiczenie 6



Ile wynosi częstotliwość fali o długości  $10^3$  m, rozchodzącej się z prędkością światła?

Rozwiązanie i odpowiedź zapisz w polu poniżej.

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

## Ćwiczenie 7



Połącz w pary.

fala mechaniczna

przenoszenie energii w kierunkach  
prostopadłych z kierunkiem drgań  
cząstek fali

fala podłużna

fala sejsmiczna

fala elektromagnetyczna

fala radiowa

fala poprzeczna

przenoszenie energii w kierunkach  
zgodnych z kierunkiem drgań cząstek  
fali

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

## Ćwiczenie 8



Która z poniższych cech nie opisuje fal mechanicznych? Zaznacz poprawną odpowiedź.

- Transportują energię.
- Są wytwarzane przez drgania cząstek elektrycznych.
- Mogą być podłużne lub poprzeczne.
- Są to zaburzenia lub oscylacje ośrodka.

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

## Słownik

### fala

zaburzenie rozchodzące się od miejsca, w którym powstało.

### fala elektromagnetyczna

fala poprzeczna, z polem elektrycznym i magnetycznym, które drgają prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali, rozchodząca się w przestrzeni (nie wymaga ośrodka materialnego do rozprzestrzeniania się, a w próżni rozchodzi się z prędkością światła); fale elektromagnetyczne powstają dzięki drganiom o wysokiej częstotliwości cząstek naładowanych; są nośnikami energii, dzięki ciągłym zmianom energii elektrycznej w magnetyczną i magnetycznej w elektryczną; przykłady: fale radiowe, mikrofałe, światło w zakresie widzialnym, ultrafiolet, podczerwień, fale telefonii komórkowej, promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie gamma.

### fale materii (de Broglie'a)

opis materii jako fala (obok korpuskuły) – zgodnie z teorią de Broglie'a, każda cząstka materialna ma właściwości falowe; badaniem fal materii zajmuje się fizyka kwantowa.

### fala mechaniczna

fala, której rozchodzenie się związane jest z istnieniem ośrodka materialnego, którego cząsteczki można wprawić w drgania wokół położenia równowagi (ośrodek taki ulega odkształceniu i pojawiają się w nim siły sprężystości, co umożliwia rozchodzenie się fali); jest nośnikiem energii i pędu; przykłady: fale powstające na wodzie, fale sejsmiczne lub fale dźwiękowe.

### fala podłużna

rodzaj fali mechanicznej; zaburzenie ośrodka rozchodzi się równoległe do kierunku rozchodzenia się takiej fali; przykłady: dźwięk rozchodzący się w wodzie, dźwięk rozchodzący się w powietrzu.

### **fala poprzeczna**

rodzaj fali mechanicznej; może się rozchodzić w dowolnym kierunku, zaburzenie ośrodka zachodzi jednak prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali; przykłady: fale powstające na powierzchni wody, drgania strun instrumentów muzycznych.

## **Bibliografia**

Sagnowska B., Szot-Gawlik D., Godlewska M., Rozenbajgier M., Rozenbajgier R., 2017, *Świat fizyki*, Warszawa, WSiP.

## **Notatki**

Miejsce na Twoje notatki

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