

## Standing waves

- [Standing waves](#)
- [Scenariusz](#)
- [Lesson plan](#)



## Fale stojące

### You will learn

- to present the phenomenon of reflection from the obstacle,
- the phenomenon of [wave interference](#),
- be able to use the term '[standing wave](#)' in English.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

Answer the introductory questions.

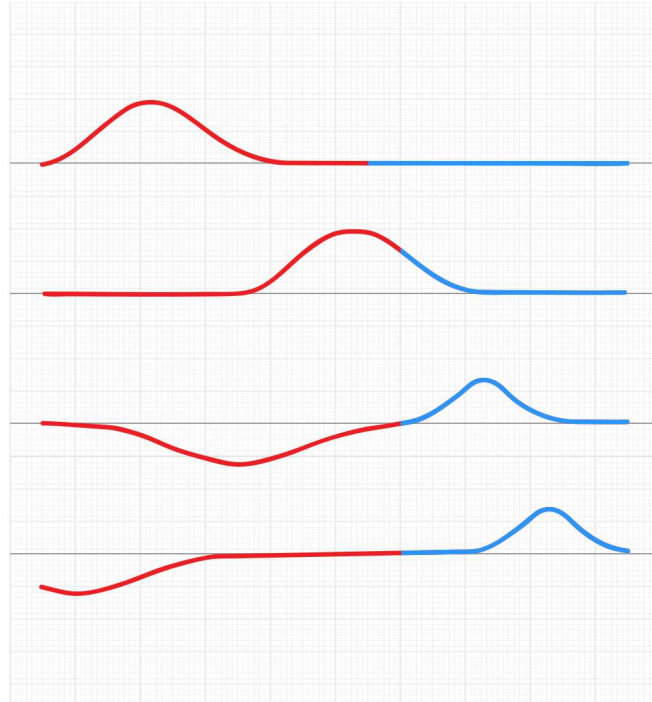
1. What is the wave?
2. What is the propagation of a wave in a resilient medium?
3. What is the sound?
4. Describe the phenomenon of [wave reflection](#).
5. What is the [wave interference](#)?

**Definition: The reflection of the wave**

## nagranie abstraktu

---

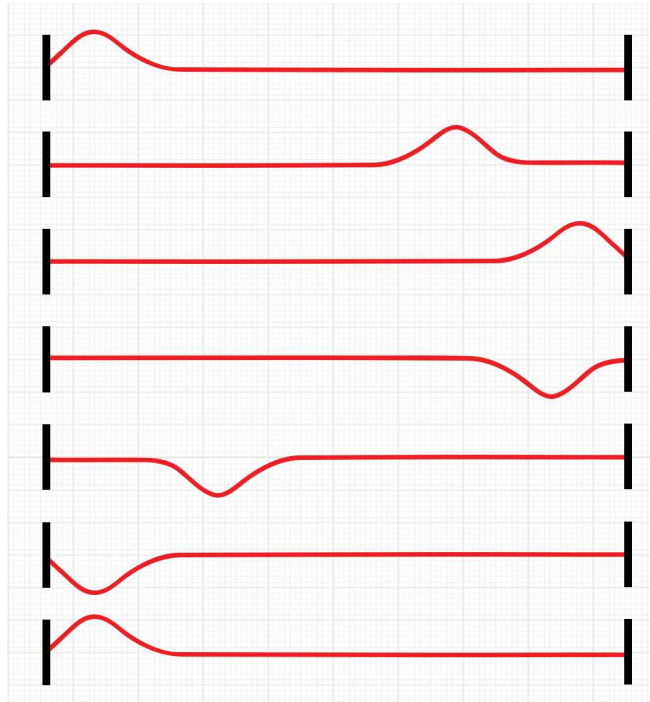
The reflection of the wave is a change of the **direction of wave propagation** without changing the medium in which the wave propagates.



Process of the partial reflection of the wave at the boundary of two media differing in their speed of propagation

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

The above figures illustrate the process of the reflection of the wave at the boundary of two media differing in their speed of propagation. In this case the reflection phenomenon is also accompanied by the partial penetration of the wave into the other medium.



A running pulse on the string

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

After reaching an obstacle, the **total reflection** from the obstacle and a change of the direction of the impulse propagation is observed.

**Definition: Standing wave**

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

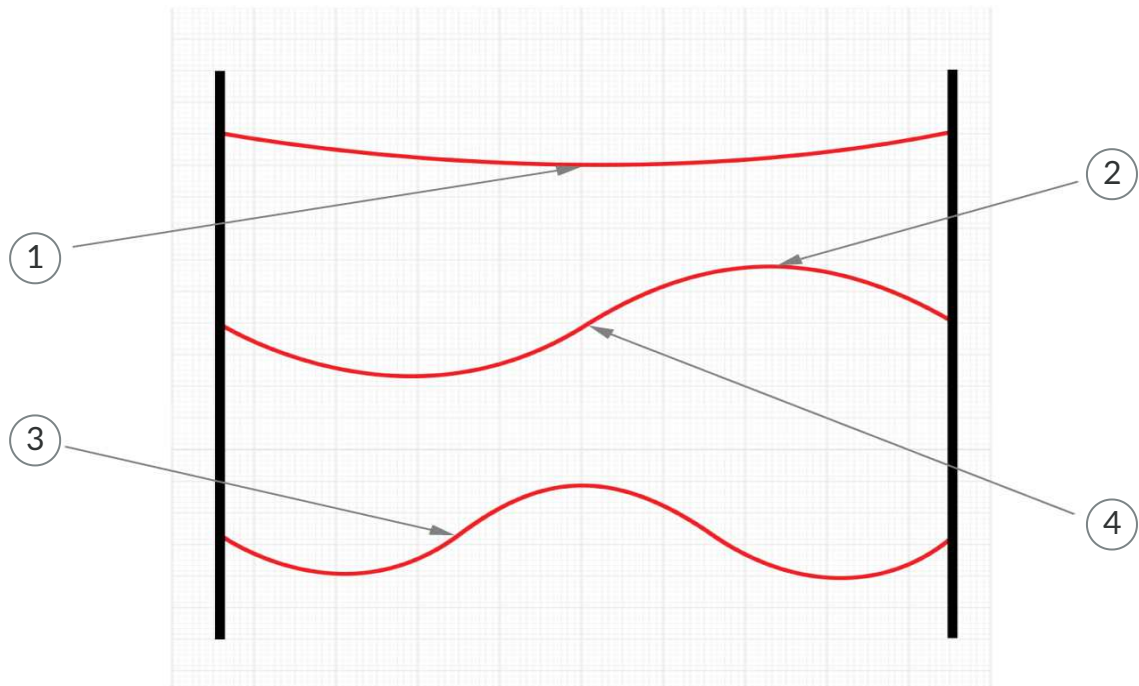
nagranie abstraktu

---

Standing waves may occur in limited areas. Then the first wave moving in one direction interferes the second wave reflected from the border of the area, which moves in the opposite direction. As a result of the interference of such waves (a **standing wave**) is created. Different particles of the medium in which the standing wave is present perform vibrations with different amplitudes but with the same frequency.

A **standing wave** is characterized by the following terms:

- a node of standing wave is a place where the molecules of the medium do not vibrate,
- an antinode of a standing wave is the place where the molecules of the medium make vibrations with maximal amplitude.



1

---

antinode of standing wave

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P11fnmsKu>

2

---

antinode of standing wave

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P11fnmsKu>

3

---

node of standing wave

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P11fnmsKu>

4

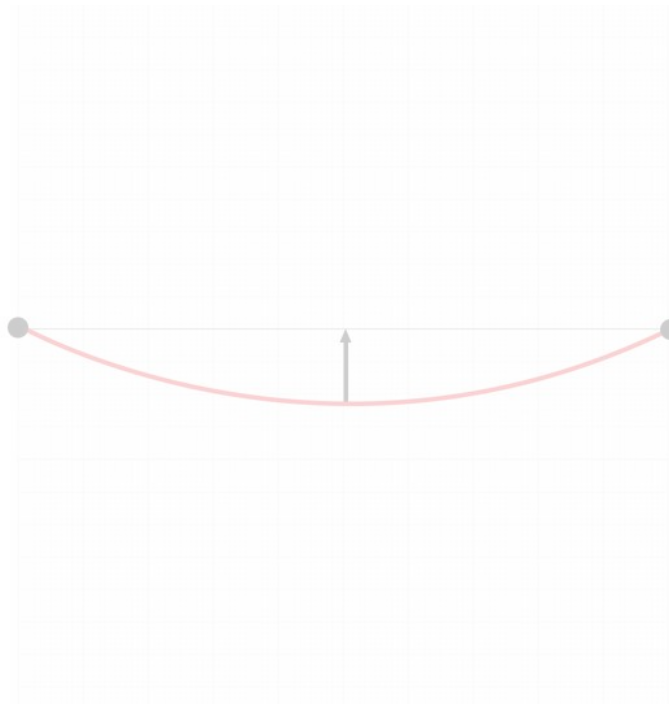
---

node of standing wave

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P11fnmsKu>

Standing wave

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D16cTqm9u>

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

The distance between the node and the adjacent antinode is equal to  $\frac{1}{4}$  length of the wave which runs in the rope, while two adjacent **nodes** or two adjacent **antinodes** are separated by  $\frac{1}{2}$  length of the wave.

The **standing wave** is in fact the vibrations of the medium, also known as normal mode. The ideal standing wave differs from the wave which moves. In the case of an ideal standing wave there is no propagation of vibrations, so there is no **wavefront**. The places where the amplitude of the wave reaches the maximum are called antinodes, while those in which the amplitude is always zero - the nodes of the standing wave. In case of small frequency incompatibility, the **nodes** and the **antinodes** can move. If there is some incompatibility of the amplitudes, then there is no **complete quenching of vibrations** in the nodes.

## Summary

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

- **Standing wave** - a wave whose ridges and valleys do not move.

- The standing wave is created due to the interference of two identical waves moving in the same direction, but with opposite turns. Usually this effect is created, for example, by applying a reflected wave to the running wave.
- The standing wave is in fact the vibrations of the medium, also known as normal mode.
- The ideal standing wave differs from the wave which moves. In the case of an ideal standing wave there is no propagation of vibrations, so there is no **wavefront**.
- The places where the amplitude of the wave reaches the maximum are called antinodes, while those in which the amplitude is always zero - the nodes of the standing wave. In case of small frequency incompatibility, the **nodes** and the **antinodes** can move. If there is some incompatibility of the amplitudes, then there is no **complete quenching of vibrations** in the nodes.

## Exercises

### Exercise 1

Determine which sentence is true.

- The amplitude of vibrations in a standing wave is the same for every point of the medium in which the wave propagates.
- To create a standing waves the interference of two waves with the same vibration amplitudes and the same frequencies is sufficient.
- In a standing wave you can observe the movement of the antinodes.
- A standing wave is not a wave transmitting the energy of vibrations to the environment.

### Exercise 2

The string of the guitar is 80 cm long and performs vibrations with the frequency of 400 Hz.

- Determine the length of the first and the second harmonics of the wave created with the guitar.
- By how many centimeters should the guitar string be shortened to create a standing wave with the frequency of 800 Hz? The speed of wave propagation should be accepted as constant.

### Exercise 3

You have a long pipe to which you can pour water, a centimeter measure and a sound generator, e.g. software available for smartphones. How can you determine the speed of sound propagation in the air? Remember that the literature will be useful for you.

Write a short report from the conducted experiment in English.

### Exercise 4

Indicate which pairs of expressions or words are translated correctly.

fala stojąca - standing wave

odbicie fali - wave reflection

węzły - nodes

całkowite wygaszenie - total reflection

interferencja fali - wave interference

strzałki - wavefront

zadanie

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

Match Polish terms with their English equivalents.

- interferencja fali
- kierunek rozchodzenia się fali
- fala stojąca
- wave interference
- węzły
- direction of wave propagation
- odbicie fali
- wave reflection
- nodes
- standing wave

Source: Zespół autorski Politechniki Łódzkiej, licencja: CC BY 3.0.

## Glossary

### **antinodes**

strzałki

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: antinodes

---

### **balance level**

położenie równowagi

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: balance level

---

### **complete quenching of vibrations**

całkowite wygaszenie drgań

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: complete quenching of vibrations

---

### **direction of wave propagation**

kierunek rozchodzenia się fali

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: direction of wave propagation

---

### **nodes**

węzły

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: nodes

---

### **standing wave**

fala stojąca

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: standing wave

---

### **total reflection**

całkowite odbicie

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: total reflection

---

### **wavefront**

czoło fali

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: wavefront

---

### **wave interference**

interferencja fali

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: wave interference

---

### **wave reflection**

odbicie fali

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: wave reflection

---

## **Keywords**

[antinodes](#)

[nodes](#)

[standing wave](#)

[wave reflection](#)

wave interference

# Scenariusz

---

## Temat

Fale stojące

## Etap edukacyjny

Drugi

## Podstawa programowa

VIII. Ruch drgający i fale. Uczeń:

6) opisuje mechanizm powstawania i rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu; podaje przykłady źródeł dźwięku.

## Czas

45 minut

## Ogólny cel kształcenia

Omówienie warunków powstawania fali stojącej.

## Kształtowane kompetencje kluczowe

1. Przedstawienie zjawiska odbicia fali.
2. Omówienie zjawiska interferencji fali.
3. Prezentacja fali stojącej jako szczególnego przypadku interferencji fal.

## Cele (szczegółowe) operacyjne

Uczeń:

- rozumie zjawisko odbicia i interferencji fali,
- zna warunki niezbędne do powstania fali stojącej.

## Metody kształcenia

1. Pogadanka przedstawiająca nowe wiadomości.
2. Dyskusja rozwijająca się w toku wspólnego rozwiązywania problemu przez klasę lub grupę.

## **Formy pracy**

1. Praca indywidualna.
2. Współpraca ucznia z nauczycielem.

## **Etapy lekcji**

### **Wprowadzenie do lekcji**

Proszę odpowiedzieć na pytania wprowadzające do lekcji:

1. Co to jest fala?
2. Na czym polega rozchodzenie się fali w ośrodku sprężystym?
3. Co to jest dźwięk?
4. Opisz zjawisko odbicia fali.
5. Co to jest interferencja fali?

### **Realizacja lekcji**

Odbicie fali:

Odbicie fali polega na zmianie kierunku rozchodzenia się fali, ale bez zmiany ośrodka, w którym fala się rozchodzi.

[Ilustracja 1]

Na powyższych ilustracjach zobrazowany jest proces odbicia się fali na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia. Zjawisku odbicia towarzyszy w tym przypadku również częściowe wniknięcie fali do drugiego ośrodka.

[Ilustracja 2]

Impuls biegnący na strunie.

Po dotarciu do przeszkody następuje całkowite odbicie się od przeszkody i zmiana kierunku rozchodzenia się takiego impulsu.

Fala stojąca:

Fale stojące mogą powstawać w obszarach ograniczonych. Wtedy fala biegnąca w jednym kierunku nakłada się na falę odbitą od granicy obszaru i biegnącą w kierunku przeciwnym. W wyniku interferencji (nakładania się) takich fal powstaje fala stojąca. Różne cząsteczki ośrodka, w którym obecna jest fala stojąca wykonują drgania o różnych amplitudach, ale o tej samej częstotliwości.

Falę stojącą charakteryzują następujące pojęcia:

- węzeł fali stojącej to miejsce, w którym cząsteczka ośrodka nie wykonuje drgań,
- strzałka fali stojącej to miejsce, w którym cząsteczka ośrodka wykonuje drgania z maksymalną amplitudą.

[Ilustracja interaktywna]

Pomiędzy dwoma przeszkodami wytworzyła się fala stojąca jako efekt nałożenia się na siebie dwóch fal biegnących w różne strony o takich samych częstotliwościach. Widać zarówno pierwszą harmoniczną, drugą oraz trzecią.

[Slideshow]

Odległość między węzłem a sąsiednią strzałką jest równa  $\frac{1}{4}$  długości fali biegnącej w sznurze, natomiast dwa sąsiednie węzły lub dwie sąsiednie strzałki oddalone są o  $\frac{1}{2}$  długości fali biegnącej w ośrodku.

Fala stojąca to w istocie drgania ośrodka, nazywane też drganiami normalnymi. Idealna fala stojąca różni się od fali biegnącej tym, że nie ma tu propagacji drgań, nie występuje zatem np.: czoło fali. Miejsca, gdzie amplituda fali osiąga maksima nazywane są strzałkami, zaś te, w których amplituda jest zawsze zerowa, węzłami fali stojącej. W przypadku niewielkiej niezgodności częstotliwości węzły i strzałki mogą się przesuwać. Jeżeli występuje pewna niezgodność amplitud, wówczas nie ma pełnego wygaszenia drgań w węzłach.

### **Podsumowanie lekcji**

Fala stojąca - fala, której grzbiety i doliny nie przemieszczają się.

Fala stojąca powstaje na skutek interferencji dwóch takich samych fal poruszających się w tym samym kierunku, lecz o przeciwnych zwrotach. Zwykle efekt ten powstaje np.: poprzez nałożenie na falę biegnącą fali odbitej.

Fala stojąca to w istocie drgania ośrodka, nazywane też drganiami normalnymi.

Idealna fala stojąca różni się od fali biegnącej tym, że nie ma tu propagacji drgań, nie występuje zatem np.: czoło fali. Miejsca, gdzie amplituda fali osiąga maksima nazywane są strzałkami, zaś te, w których amplituda jest zawsze zerowa, węzłami fali stojącej.

W przypadku niewielkiej niezgodności częstotliwości węzły i strzałki mogą się przesuwać. Jeżeli występuje pewna niezgodność amplitud, wówczas nie ma pełnego wygaszenia drgań w węzłach.

# Lesson plan

---

## Topic

Standing waves

## Level

Second

## Core curriculum

VIII. Vibrating motion and waves. The student:

6) describes the mechanism of the formation and propagation of sound waves in the air; gives examples of sound sources.

## Timing

45 minutes

## General learning objectives

Discussing the conditions necessary to create a standing wave.

## Key competences

1. Presenting the phenomenon of wave reflection.
2. Discussing the phenomenon of wave interference.
3. Presenting a standing wave as a special case of wave interference.

## Operational (detailed) goals

The student:

- understands the phenomenon of wave reflection and interference,
- knows the conditions necessary to create a standing wave.

## Methods

1. Talk about new material.
2. Discussion evolving during common problem solving by a class or group.

## Forms of work

1. Individual work.
2. Cooperation between student and teacher.

## Lesson stages

### Introduction

Answer the introductory questions:

1. What is the wave?
2. What is the propagation of a wave in a resilient medium?
3. What is the sound?
4. Describe the phenomenon of **wave reflection**.
5. What is the **wave interference**?

### Procedure

The reflection of the wave:

The reflection of the wave is a change of the **direction of wave propagation** without changing the medium in which the wave propagates.

[Illustration 1]

The above figures illustrate the process of the reflection of the wave at the boundary of two media differing in their speed of propagation. In this case the reflection phenomenon is also accompanied by the partial penetration of the wave into the other medium.

[Illustration 2]

A running pulse on the string.

After reaching an obstacle, the **total reflection** from the obstacle and a change of the direction of the impulse propagation is observed.

### Standing wave:

Standing waves may occur in limited areas. Then the first wave moving in one direction interferes the second wave reflected from the border of the area, which moves in the opposite direction. As a result of the interference of such waves (a **standing wave**) is created. Different particles of the medium in which the standing wave is present perform vibrations with different amplitudes but with the same frequency.

A **standing wave** is characterized by the following terms:

- a node of standing wave is a place where the molecules of the medium do not vibrate,
- an antinode of a standing wave is the place where the molecules of the medium make vibrations with maximal amplitude.

[Illustration interactive]

Between two obstacles, a **standing wave** was created as a result of the interference of two waves with the same frequencies which run in different directions. You can see both the first, the second and the third harmonic wave.

[Slideshow]

The distance between the node and the adjacent antinode is equal to  $\frac{1}{4}$  length of the wave which runs in the rope, while two adjacent nodes or two adjacent antinodes are separated by  $\frac{1}{2}$  length of the wave.

The standing wave is in fact the vibrations of the medium, also known as normal mode. The ideal standing wave differs from the wave which moves. In the case of an ideal standing wave there is no propagation of vibrations, so there is no wavefront. The places where the amplitude of the wave reaches the maximum are called antinodes, while those in which the amplitude is always zero - the nodes of the standing wave. In case of small frequency incompatibility, the nodes and the antinodes can move. If there is some incompatibility of the amplitudes, then there is no complete quenching of vibrations in the nodes.

### **Lesson summary**

Standing wave - a wave whose ridges and valleys do not move.

The standing wave is created due to the interference of two identical waves moving in the same direction, but with opposite turns. Usually this effect is created, for example, by applying a reflected wave to the running wave.

The standing wave is in fact the vibrations of the medium, also known as normal mode.

The ideal standing wave differs from the wave which moves. In the case of an ideal standing wave there is no propagation of vibrations, so there is no wavefront. The places where the amplitude of the wave reaches the maximum are called antinodes, while those in which the amplitude is always zero - the nodes of the standing wave. In case of small frequency incompatibility, the nodes and the antinodes can move. If there is some incompatibility of the amplitudes, then there is no complete quenching of vibrations in the nodes.

### **Selected words and expressions used in the lesson plan**

antinodes

balance level

complete quenching of vibrations

direction of wave propagation

nodes

standing wave

total reflection

wavefront

wave interference

wave reflection