

## **Тема 4.1 МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ**

### **Тема 4.1.1 Звукові хвилі, їх характеристики та використання. Інфра- та ультразвук, їх застосування**

#### **ПЛАН**

1. Звукові хвилі
2. Швидкість звуку
3. Види звукових хвиль
4. Характеристики звукових коливань
5. Ефект Доплера

Ми живемо у світі звуків. Звуки - це те, що чує вухо. Навколо можна чути голоси людей, спів птахів, звуки музичних інструментів, шум лісу, грім під час грози. Гуркочуть машини, механізми, транспорт тощо.

Розділ фізики, в якому вивчаються звукові явища, називають акустикою.

Джерелом звуку є тіло, що коливається. Це підтверджено експериментально. Якщо, наприклад, завдати удару по камертону і піднести до нього малу кульку, то звук можна буде чути доти, доки кулька буде відскакувати від камертона, що свідчить про його коливання.

**Звукові хвилі** – це механічні хвилі, що поширюються в пружному середовищі, окремі з яких може сприймати людина за допомогою органів слуху.

Тіло, що коливається, в навколишньому середовищі створює механічні хвилі, які можуть поширюватися тільки завдяки пружним властивостям середовища, тобто є пружними.

Коли такі хвилі досягають вуха людини, вони спричиняють виникнення вимушених коливань барабанної перетинки і людина чує звук. Отже, механічні хвилі, що викликають у людини відчуття звуку, називаються звуковими. Оскільки при цьому звукові хвилі поширюються в повітрі, то ці хвилі поздовжні.

У поздовжніх хвилях коливання частинок приводять до того, що в газі виникають ділянки згущень і розріджень, які змінюють одна одну. Відстань між двома послідовними згущеннями або розрідженнями - це довжина хвилі. Отже, повітря - провідник звуку. Це довів 1660 року Р. Бойль на досліді. Відкачавши повітря з-під ковпака демонстраційного повітряного насоса, ми не чуємо звучання електричного дзвінка, розміщеного під ним.

У твердих тілах звук поширюється у вигляді поздовжніх і поперечних хвиль. У рідинах і газах, оскільки в них деформація зсуву неможлива, звукові хвилі поширюються тільки у вигляді поздовжніх хвиль.

Відчуття звуку виникає тільки за певних частот коливань у хвилі. Для того, щоб людина чула звук, потрібне джерело звуку. Джерелами звуку можуть бути будь-які тіла, що коливаються з частотою, яка потрапляє у чутний діапазон. У більшості випадків - це тверді тіла (струни, мембрани, деки, дифузори, п'єзопластинки тощо). Існують й інші джерела: повітряні стовпи у духових інструментах, завихрення повітря під час турбулентного обтікання куль, мін, снарядів, надзвукових літаків, досить рідко - коливання рідин.

Між джерелом і вухом має знаходитись пружне середовище. Дослід показує, що для органу слуху людини звуковими є тільки такі хвилі, в яких коливання відбуваються з частотами від 16 до 20000 Гц. Розмахувати руками 16 і більше разів за секунду ніхто не може, хоч хвиля під час такого розмахування виникає.

Звук ще повинен мати потужність, достатню для його сприйняття. Звуки поділяють на музикальні тони і шуми. Музикальним тоном називають звук довільної частоти, який створюється коливним тілом. Шум є складним звуком, що утворюється в результаті тривалих неперіодичних коливань різних джерел звуку (шум моря, дерев у лісі, натовпу тощо).

### ***Швидкість звуку в різних середовищах різна:***

У повітрі – 330 м/с; (0<sup>0</sup>С) 343м/с - (20<sup>0</sup>С)

У воді – 1400 м/с;

В сталі – 5400 м/с (повздовжні); 3220м/с (поперечні).

В міді – 4560 м/с (повздовжні); 2250 м/с (поперечні).

В алюмінію – 6320 м/с (повздовжні); 3100 м/с (поперечні).

Швидкість можна визначити за формулою:  $v = \frac{l}{t}$

$l$  - довжина,  $t$  - час

**Луна** – це явище відбивання звуку від перешкод.

**Види звукових хвиль:** акустичні, інфразвукові, ультразвукові.

**Акустичні коливання** – це звукові хвилі з частотою коливань 16-20000 Гц.

**Акустика** – це наука про звук.

**Інфразвук** – це звукові хвилі з частотою коливань менше 16 Гц. Приклади: землетруси, удари грому виверження вулканів, вібрації масивних верстатів, іншого обладнання, биття серця, коливання кишечника, легенів.

**Ультразвук** – це звукові хвилі з частотою коливань більше 20 000 Гц. У природних умовах інфразвуки можуть зумовити помахування крил птахів, коливання гілок дерев чи поверхні моря під впливом вітру. Існують інфразвуки техногенного походження. Ці низькочастотні хвилі слабо поглинаються і тому здатні поширюватися на великі відстані. Птахи і більшість тварин чутливі до цих звукових хвиль. Припускають, що завдяки цьому від інфразвуків, що передують землетрусам, тварини стривожуються, а люди й гадки не мають про небезпеку.

Інфразвуки ще не знайшли широкого застосування. Однак їх властивості необхідно вивчати, щоб запобігти негативному впливу на здоров'я людини. Під час тривалих дій потужних інфразвуків у людини з'являються симптоми, подібні до симптомів "морської хвороби". Водночас існують новітні методи лікування хвороб дозованими імпульсами інфразвуків.

Ультразвуки у природі трапляються рідко. Кажани використовують ультразвук для орієнтування у темряві. Складний і потужний ультразвуковий локатор мають дельфіни.

Ультразвукова хвиля порівняно із звуковою має більшу інтенсивність за рахунок більшої частоти коливань в ній. Це використовують в різних

галузях. Завдяки спрямованості ультразвукових хвиль і їх відбиванню від перешкод можна знайти відстань до предмета.

Звуколокатори (їх називають також ехолокаторами) дають змогу виявити і визначити місцезнаходження різних пошкоджень у виробках (порожнечі, тріщини, сторонні включення). У медицині ультразвук використовують для діагностики і лікування деяких захворювань. Ультразвукові хвилі великої інтенсивності використовують для виготовлення порошків та емульсій з незмішуваних речовин тощо. Однак існують і екологічні проблеми акустики. Звуки великої гучності, зокрема шуми, наносять шкоду навколишньому середовищу. Передозування інтенсивності інфра- і ультразвукових хвиль під час лікування деяких хвороб також є небезпечним. "Забруднення" навколишнього середовища акустичними коливаннями шкідливо впливає на здоров'я людини. З метою охорони навколишнього середовища забороняється подавати з автомобілів звукові сигнали в населених пунктах, будувати летовища у великих містах. З метою охорони здоров'я житлові масиви відділяються від автомагістралей зеленими зонами. На підприємствах з акустичним навантаженням створюють кімнати психічного розвантаження.

### **Характеристики звукових коливань.**

**Музикальний тон** – це звук, який створюється тілом, що гармонічно коливається.

**Шум** – це сукупність звуків, що займають суцільний спектр певного інтервалу частот.

**Висота звуку** визначається його частотою (чим більша частота коливань, тим вищий звук).

**Гучність звуку** визначається амплітудою коливань (чим більша амплітуда коливань, тим гучніший звук).

**Тембр звуку** – це своєрідне забарвлення складного музикального звуку, що залежить від кількості і висоти обертонів та їх відносних амплітуд.

У складному музикальному звуку, крім основного тону, є звуки вищих тонів – обертонів.

**Акустичний резонанс** – це різке зростання амплітуди вимушених коливань тіла у випадку, коли частота власних коливань збігається з частотою звукової хвилі.

**Ефект Допплера** – це явище зміни частоти коливань при русі джерела звуку і спостерігача.

При віддалені джерела звуку від спостерігача з швидкістю  $v$  частота коливань зменшується.

$$\nu' = \frac{\nu}{1 + \frac{v}{U}}$$

$\nu$  - частота коливань для нерухомого джерела звуку і спостерігача

$U$  - швидкість звуку

$v$  - швидкість джерела звуку

При наближені джерела звуку до спостерігача з швидкістю  $v$  частота коливань збільшується.

$$\nu' = \frac{\nu}{1 - \frac{v}{U}}$$

Якщо спостерігач наближається до джерела звуку, то частота коливань збільшується.

$$\nu' = \nu \left( 1 + \frac{v}{U} \right)$$

$v$  - швидкість спостерігача

Якщо спостерігач віддаляється від джерела звуку, то частота коливань зменшується.

$$\nu' = \nu \left( 1 - \frac{v}{U} \right)$$

## **Перевір себе**

**Вибери правильну відповідь**

1. Які з частот не є звуковими?

А) 10 Гц; Б) 22 Гц; В) 15000 Гц; Г) 30000 Гц

2. Від чого залежить швидкість звуку?

А) від температури середовища; Б) від роду середовища; В) від відстані до спостерігача.

3. Які з параметрів є звуковими характеристиками?

А) сила звуку; Б) частота звуку; В) швидкість звуку; Г) опір звуку.

4. Як називаються механічні хвилі з частотою більшою за 20 кГц?

А) ультразвук; Б) звукові; В) інфразвук; Г) затухаючі.

### Розв'яжи задачу:

Стрілець почув, як куля вдарилась у мішень через 3 с після пострілу. На

якій відстані від нього мішень, якщо швидкість кулі  $720 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ .

### Сила звуку та звуковий тиск

С, дБ	I, Вт/М²	Δ p, Па	Приклади звуків
0	$10^{-12}$	0,00002	Поріг чутності
10	$10^{-11}$	0,000065	Шепіт на відстані 1 м
20	$10^{-10}$	0,0002	Звуки в тихому лісі
30	$10^{-9}$	0,00065	Звуки в тихій кімнаті
40	$10^{-8}$	0,002	Не гучна музика
50	$10^{-7}$	0,0065	Шум в закладі
60	$10^{-6}$	0,02	Розмова на відстані 1 м
70	$10^{-5}$	0,0645	Двигун вантажного автомобіля
80	$10^{-4}$	0,2	Гучна вулиця
90	$10^{-3}$	0,645	Автомобільний гудок
100	$10^{-2}$	2	Сирена
110	$10^{-1}$	6,45	Пневматичний молоток
120	1	20	Сильні удари грому, реактивний двигун
130	10	64,5	Болевий поріг