

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

### ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ у ПОВІТРІ МЕТОДОМ РЕЗОНАНСУ

#### 1 МЕТА РОБОТИ

- Вивчення умов поширення звукових хвиль у пружних середовищах.
- Визначення швидкості звуку у повітрі методом резонансу

#### 2 ПРИЛАДИ І НЕОБХІДНЕ ПРИЛАДДЯ

1. Установа для вимірювання довжини стоячої звукової хвилі.
2. Генератор звукової частоти (ГЗЧ).

#### 3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ І

##### МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Процес поширення коливань у просторі називається хвилею. Швидкість  $U$  поширення поздовжніх пружних хвиль у газах:

$$V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}, \quad (1)$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт Пуассона (для повітря  $\gamma = 1,4$ );  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  - молярна газова стала;  $T$  - температура за шкалою Кельвіна;  $M$  - молярна маса (для повітря  $M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ).

Відстань, на яку поширюється хвиля за час періоду  $T$  коливань частинок середовища називається довжиною хвилі  $\lambda$  :

$$\lambda = VT. \quad (2)$$

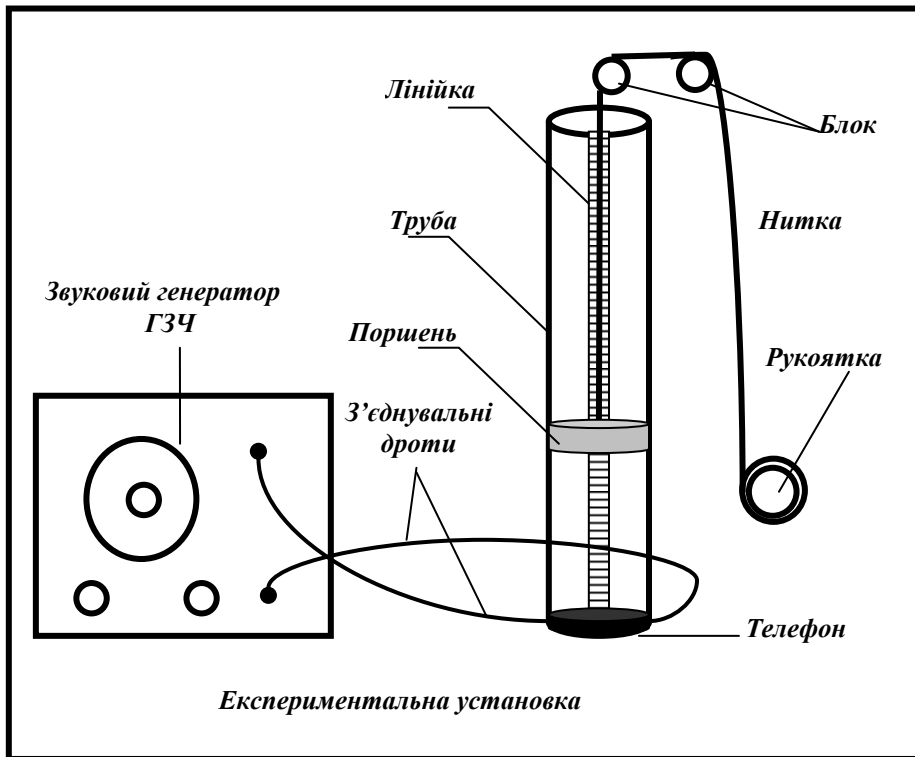
Враховуючи, що  $T = \frac{1}{\nu}$  ( $\nu$  – частота коливань), одержимо

$$V = \lambda \nu. \quad (3)$$

Установа складається з скляної труби, закріпленої у вертикальному положенні на стіні. На трубу наклеєна смужка з міліметровим масштабом. У нижній частині труби встановлений телефон, підключений до звукового генератора. Усередині труби розташований поршень, підвішений на нитці. Нитка перекинута через блок, що знаходиться біля верхньої частини труби, і

прикріплена до іншого блока, за допомогою якого, обертаючи його рукоятку, можна переміщувати поршень у трубі.

В установці виникають стоячі хвилі при накладанні двох зустрічних плоских хвиль з однаковою амплітудою. Рівняння хвиль, що накладаються



прямої, що йде від телефону  $x_1 = A \cos(\omega t - kx)$ ,

і відбитої від поршня  $x_2 = A \cos(\omega t + kx)$ ,

де  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  - хвильове число.

**Стоячою** така хвиля називається тому, що енергія коливального руху не переміщується в просторі, оскільки однакові її кількості переносяться в протилежних напрямках. Практично стоячі хвилі виникають при відбитті хвиль від перешкод, наприклад, при генеруванні коливань у стовпі повітря, в трубі з обмеженим об'ємом рідини, сталевій струні (гітари), стрижні або пластині.

**Рівняння стоячої хвилі має вигляд**

$$y = \left( 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \right) \cos \omega t. \quad (4)$$

$$\text{Амплітуда стоячої хвилі} = 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda}.$$

### 7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1 Які хвилі називаються пружними? Які типи хвиль Вам відомі? Наведіть приклади поздовжніх і поперечних хвиль в пружному середовищі.
- 2 Як обчислюється фазова швидкість поперечних пружних хвиль?
- 3 Як визначається швидкість звуку в ідеальному газі?
- 4 Дайте визначення об'ємної густини енергії пружної хвилі? Як обчислити цю енергію?
- 5 Які коливання називаються вимушеними? Запишіть диференціальне рівняння вимушених коливань.
- 6 Явище механічного резонансу. Яку частоту називають резонансною?
- 7 Що називається інфразвуком і ультразвуком? Їхні прояви в природі та застосування.
- 8 Як зміниться швидкість звуку у повітрі при збільшенні його температури від 100К до 400К?
- 9 Як визначається швидкість звуку в газах, рідинах та твердих тілах?
- 10 Побудуйте графік залежності від часу густини енергії  $\omega(t, x = \lambda/8)$  для стоячої хвилі з одним закритим кінцем. Густина повітря дорівнює  $\rho_0$

Дата виконання лабораторної роботи: \_\_\_\_\_

Відмітка про виконання лабораторної роботи: \_\_\_\_\_

Відмітка про захист лабораторної роботи: \_\_\_\_\_

У точках, де  $2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm n\pi$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ), амплітуда коливань досягає максимального значення ( $2A$ ). Ці точки називаються **пучностями стоячої хвилі**.

$$x_{\text{пучн}} = \pm n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots). \quad (5)$$

У точках, для яких  $2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm \left( n + \frac{1}{2} \right) \pi$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ), амплітуда

коливань обертається в нуль. Ці точки називаються **вузлами стоячої хвилі**. Точки середовища, що знаходяться у вузлах, у коливаннях участі не беруть.

**Координати вузлів** мають значення

$$x_{\text{вузл}} = \pm \left( n + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots). \quad (6)$$

Відстань між сусідніми пучностями так само, як і відстань між сусідніми вузлами називається довжиною стоячої хвилі. Вона дорівнює половині довжини біжучої хвилі

$$\lambda_{\text{ст}} = \frac{\lambda}{2}. \quad (7)$$

### 4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

**1** Включити ГЗЧ, установити зазначену викладачем частоту. Прогріти генератор протягом 5 хвилин. Встановити поршень у крайнє нижнє положення.

**2** Повільно і рівномірно відсовуючи поршень від телефону, за максимальною гучністю звуку встановити положення пучностей стоячої хвилі, зафіксувавши його за по шкалі на трубі установки. Виконати 6 вимірювань (залежно від частоти генератора). Результати занести в табл.1.

**3** Двічі змінити частоту і повторити вимірювання. Результати занести в табл.1. Виключити ГЗЧ.

**4** Визначити значення відстані між сусідніми пучностями для кожної частоти. Результати записати в табл.2.

5 Визначити середнє значення відстані між сусідніми пучностями для кожної частоти  $\langle \Delta x_{\text{пучн}} \rangle$ .

$$\langle \Delta x_{\text{пучн},1} \rangle = \quad \langle \Delta x_{\text{пучн},2} \rangle = \quad \langle \Delta x_{\text{пучн},3} \rangle =$$

Результати записати в табл.3.

**ТАБЛИЦЯ 1**

$\nu_1 =$	$x_{\text{пучн}}$												
$\nu_3 =$	$x_{\text{пучн}}$												
$\nu_3 =$	$x_{\text{пучн}}$												

**ТАБЛИЦЯ 2.**

$\nu_1 =$	$\Delta x_{\text{пучн}}$												
$\nu_3 =$	$\Delta x_{\text{пучн}}$												
$\nu_3 =$	$\Delta x_{\text{пучн}}$												

6 Підрахувати довжину біжучої хвилі для кожної з частот.

$$\lambda_{\text{біж},1} = \quad \lambda_{\text{біж},2} = \quad \lambda_{\text{біж},3} =$$

Результати записати в табл.3.

7 З використанням формули  $V = \lambda \nu$  визначити швидкість звуку.

$$V_{\text{зв},1} = \quad V_{\text{зв},2} = \quad V_{\text{зв},3} =$$

Результати записати в табл.3.

8 Знайти середнє значення швидкості поширення звукової хвилі в повітрі.

$$\text{Результати записати в табл.3. } \langle V_{\text{зв}} \rangle = \frac{1}{3}(V_{\text{зв},1} + V_{\text{зв},2} + V_{\text{зв},3})$$

$$\langle V_{\text{зв}} \rangle =$$

9 За формулою  $\Delta V = \langle V \rangle \left( \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta \nu}{\nu} \right)$  підрахувати абсолютну похибку

вимірювань. При цьому  $\Delta \lambda$  розраховується за результатами вимірювань, в той час як  $\Delta \nu$  можна визначити за допомогою шкали ГЗЧ (або за паспортними даними ГЗЧ).

$$\Delta V =$$

10 За формулою  $V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$  для відомої температури повітря в лабораторії

підрахувати теоретичне значення швидкості звуку в повітрі і порівняти з даними, отриманими експериментально.

$$V_T =$$

**ТАБЛИЦЯ 3.**

$\nu,$ Гц	$\langle \Delta x_{\text{пучн}} \rangle,$ м	$\lambda_{\text{біж}},$ м	$\Delta \lambda_{\text{біж}},$ м	$V_{\text{зв}},$ м/с	$\langle V_{\text{зв}} \rangle,$ м/с	$\Delta V_{\text{зв}},$ м/с	$V = \langle V_{\text{зв}} \rangle \pm \Delta V_{\text{зв}},$ м/с
$\Delta V =$							

**6 ВИСНОВКИ**