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 Спеціальна установка для вимірювання довжини стоячої звукової хвилі.
2 Генератор звукової частоти (ГЗЧ).
3 Термометр.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ І МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

$$V = \sqrt{\frac{\gamma R T_a}{M}}, \qquad (1)$$

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

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

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

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

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

Установка 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. **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, стрижні або пластині.

Рівняння стоячої хвилі має вигляд

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

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

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

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

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

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

Відстань між сусідніми пучностями так само, як і відстань між сусідніми вузлами, дорівнює $\lambda / 2$.

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 допомогою шкали на трубі установки. Зробити не менше 6 вимірів (залежно від частоти генератора). Результати занести в табл.1.
3 Двічі змінити частоту і повторити вимірювання. Результати занести в табл.1. Виключити ГЗЧ.

ТАБЛИЦЯ 1

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

ТАБЛИЦЯ 2.

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

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 $\left\langle \Delta x_{пучн} \right\rangle$.

$\left\langle \Delta x_{пучн,1} \right\rangle =$ $\left\langle \Delta x_{пучн,2} \right\rangle =$ $\left\langle \Delta x_{пучн,3} \right\rangle =$

Результати записати в табл.3.
6 Підрахувати довжину біжучої хвилі для кожної з частот.

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

Результати записати в табл.3.

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

$V_{зв,1} =$ $V_{зв,2} =$ $V_{зв,3} =$

Результати записати в табл.3.

8 Знайдемо середнє значення швидкості поширення звукової хвилі в повітрі. Результати записати в табл.3. $\langle V_{зв} \rangle = \frac{1}{3}\left(V_{зв,1} + V_{зв,2} + V_{зв,3}\right)$

$\langle V_{зв} \rangle =$

9 За формулою $\Delta V = \langle V \rangle \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + \frac{\Delta\nu}{\nu} \right)$ підрахуємо 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 $V_T = \sqrt{\frac{\gamma R T_a}{M}}$ для відомої температури повітря в лабораторії підрахувати теоретичне значення швидкості звуку в повітрі і порівняти з даними, отриманими експериментально.

$V_T =$

ТАБЛИЦЯ 3.

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

6 ВИСНОВКИ

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1 Які хвилі називаються пружними? Які типи хвиль Вам відомі? Навести 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 до400К?
9 Як визначається швидкість звуку в газах, рідинах та твердих тілах?
10 Побудуйте графік залежності від часу густини енергії $\omega\left(t, x = \lambda/8\right)$ для стоячої хвилі з одним закритим кінцем. Густина повітря дорівнює ρ_0

Дата виконання лабораторної роботи:_____

Відмітка про виконання лабораторної роботи:_____

Відмітка про захист лабораторної роботи:_____