

# Лабораторна робота 2

**Мета роботи:** Вивчення властивостей стоячої хвилі і визначення швидкості звуку в повітрі методом стоячої хвилі.

**Прилади і обладнання:** звуковий генератор, розсувна труба, осцилограф, динамік і мікрофон.

## Хід виконання

1. Увімкнути звуковий генератор та осцилограф і дати їм прогрітись.
2. Установити на звуковому генераторі частоту 1000 Гц.
3. Повільно висуваючи рухому частину труби і спостерігаючи за сигналом на осцилографі, знайти довжину труби  $L_1$ , що відповідає першому максимуму. Значення  $L_1$  занести до таблиці.
4. Продовжити висування труби до її максимальної довжини, спостерігаючи при цьому на осцилографі максимальні значення амплітуди і рахуючи їх кількість. Значення довжини труби  $L_m$  і значення  $m$  для останнього максимуму занести до таблиці.
5. Привести трубу в початкове положення і повторити на цій самій частоті вимірювання ще двічі. Результати занести до таблиці.
6. За формулою нижче обчислити швидкість звуку і занести до таблиці.

$$v = \frac{L_m - L_1}{m - 1} 2\nu$$

7. Повторити пп. 3–6 для частот 1500 Гц та 2000 Гц.
8. Отримати формулу для абсолютної похибки  $\Delta v$  і порахувати значення абсолютної і відносної похибок визначення швидкості звуку.
9. Обчислити теоретичне значення швидкості звуку  $v_T$  за формулою  $v_T = 20.1\sqrt{T}$ , де  $T$  — температура повітря в лабораторії. Порівняти теоретичні розрахунки з

експериментальними результатами.

# Виконання роботи

$T = 297.8\text{K}$

$\nu_1 = 1000 \text{ Гц}$

| $L_1$ | $L_m$ | $m$ | $v$ |
|-------|-------|-----|-----|
| 1.175 | 1.865 | 5   | 345 |
| 1.025 | 1.885 | 6   | 344 |
| 1.045 | 1.915 | 7   | 348 |

$$v_1 = \frac{1.865 - 1.175}{5 - 1} \cdot 2000 = 345 \quad v_2 = \frac{1.885 - 1.025}{6 - 1} \cdot 2000 = 344$$

$$v_3 = \frac{1.915 - 1.045}{6 - 1} \cdot 2000 = 348 \quad v_{1c} = 345.667$$

$$\nu_2 = 1500 \text{ Гц}$$

| $L_1$ | $L_m$ | $m$ | $v$     |
|-------|-------|-----|---------|
| 1.030 | 1.960 | 9   | 348.75  |
| 1.110 | 1.920 | 8   | 347.143 |
| 1.120 | 1.930 | 8   | 347.143 |

$$v_1 = \frac{1.960 - 1.030}{9 - 1} \cdot 3000 = 348.75 \qquad v_2 = \frac{1.920 - 1.110}{8 - 1} \cdot 3000 = 347.143$$

$$v_3 = \frac{1.930 - 1.120}{8 - 1} \cdot 3000 = 347.143 \qquad v_{2c} = 347.679$$

$$\nu_2 = 2000 \text{ Гц}$$

| $L_1$ | $L_m$ | $m$ | $v$     |
|-------|-------|-----|---------|
| 1.015 | 1.965 | 12  | 345.455 |
| 1.010 | 1.960 | 12  | 345.455 |
| 1.035 | 1.985 | 12  | 345.455 |

$$v_1 = \frac{1.965 - 1.015}{12 - 1} \cdot 4000 = 345.455 \qquad v_2 = \frac{1.960 - 1.010}{12 - 1} \cdot 4000 = 345.455$$

$$v_3 = \frac{1.985 - 1.035}{12 - 1} \cdot 4000 = 345.455 \qquad v_{3c} = 345.455$$

## Похибка вимірювань

Теоретичне значення:  $v_T 20.1 \sqrt{T} = 20.1 \sqrt{297.8} = 346.863 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Абсолютна похибка:

$$\begin{aligned} \Delta v = |v_T - v_c| &= \left| 346.863 - \frac{347.679 + 347.679 + 345.455}{3} \right| = \\ &= |346.863 - 346.938| = 0.075 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

Відносна похибка:

$$\delta = \frac{\Delta v}{v_T} \cdot 100\% = \frac{0.075}{346.863} \cdot 100\% = 0.0216$$

## Висновок

Під час виконання лабораторної роботи було визначено швидкість поширення звуку в повітрі методом стоячої хвилі. Метод ґрунтується на фіксації пучностей стоячої хвилі при зміні довжини труби та реєстрації амплітуд. Знаючи довжину хвилі та частоту, можна визначити швидкість звуку. Додаткові розрахунки та аналіз похибок забезпечили точність і надійність результатів.

## Контрольні питання

### 1. Вивести рівняння стоячої плоскої хвилі.

Стояча хвиля утворюється внаслідок інтерференції двох однакових за частотою та амплітудою біжучих хвиль, що поширюються в протилежних напрямках. Беремо дві хвилі:

$$\xi_1 = A_0 \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$$

$$\xi_2 = A_0 \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda)$$

Де  $A_0$  - амплітуда,  $\omega$  - циклічна частота,  $\lambda$  - довжина хвилі.

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = A_0 \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda) + A_0 \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda)$$

Оскільки  $\cos(a) + \cos(b) = 2 \cos((a+b)/2) \cdot \cos((a-b)/2)$ :

$$a = \omega t - 2\pi x/\lambda$$

$$b = \omega t + 2\pi x/\lambda$$

$$(a+b)/2 = (2\omega t)/2 = \omega t$$

$$(a-b)/2 = (-4\pi x/\lambda)/2 = -2\pi x/\lambda$$

$$\xi = A_0 2 \cos(\omega t) \cos(2\pi x/\lambda)$$

### 2. Які головні відмінності між біжучою і стоячою хвилями?

- У **біжучій хвилі** енергія переноситься від джерела в напрямку поширення.
- У **стоячій хвилі** енергія не переноситься - вона коливається в межах певних ділянок простору.
- У біжучій хвилі амплітуда однакова в усіх точках, у стоячій - змінюється від нуля (у вузлах) до максимуму (у пучностях).

### 3. Що називають вузлом і пучністю стоячої хвилі?



- **Вузол** - це точка, у якій амплітуда коливань дорівнює нулю, тобто середовище залишається нерухомим.
- **Пучність** - точка, у якій амплітуда коливань максимальна.  
Відстань між сусідніми вузлами або пучностями дорівнює половині довжини хвилі  $\lambda/2$ .

**4. За якої умови виникає стояча хвиля в стовпі повітря, обмеженому трубою?**

Стояча хвиля в повітряному стовпі виникає, коли виконується резонансна умова:

$$L = n \frac{\lambda}{2}; \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

**5. Які коливання (поперечні, поздовжні) наявні в стовпі повітря стоячої хвилі?**

У стовпі повітря виникають поздовжні коливання - частинки повітря коливаються вздовж напрямку поширення звуку.

**6. Чи відбувається перенесення енергії стоячою хвилею?**

Стояча хвиля не переносить енергію в просторі.

**7. Як визначають швидкість звуку за методом стоячої хвилі?**

Швидкість звуку визначають за формулою:

$$v = f\lambda,$$

де  $f$  - частота коливань,  $\lambda$  - довжина хвилі.

Довжину хвилі знаходять, вимірюючи відстань між послідовними вузлами або пучностями:

$$\lambda = 2\Delta L,$$

де  $\Delta L$  - різниця довжин стовпа повітря між двома сусідніми резонансами.

**8. Від чого залежить швидкість поширення звуку в різних середовищах?**

Швидкість звуку залежить від:

- густини та пружності середовища;
- температури (у газах із підвищенням температури швидкість зростає);
- агрегатного стану (у твердих тілах - найбільша, у рідинах - середня, у газах - найменша).