

## LUCRAREA IX

### MĂSURAREA VITEZEI SUNETULUI ÎN AER CU TUBUL KÖNIG

#### Obiectivul experimentului

- determinarea vitezei de propagare a undelor sonore în aer.

#### Teoria lucrării

Fenomenul fizic care stă la baza teoriei acestei lucrări este interferența undelor elastice coerente.

Prin fenomenul de interferență se înțelege fenomenul de suprapunere a două sau mai multe unde coerente. Două unde sunt coerente, dacă vibrează astfel încât diferența de fază dintre ele să fie constantă în timp.

Se consideră două surse care oscilează în fază și produc două unde coerente plane, care ajung la momentul  $t$  în punctele de coordonate  $x_1$ , respectiv  $x_2$ .

Ecuațiile celor două unde elastice, la momentul  $t$ , sunt date de relația (1).

$$\begin{aligned} y_1(t, x_1) &= A_1 \sin(\omega t - k x_1) \\ y_2(t, x_2) &= A_2 \sin(\omega t - k x_2) \end{aligned} \quad (1)$$

unde:  $A_1$  și  $A_2$  – amplitudinile celor două unde;

$k$  – constanta elastică a mediului prin care se propagă undele.

Dacă cele două unde ajung în același punct în spațiu, parcurgând drumuri diferite, se compun după regula superpoziției dată de relația (2)

$$y = y_1 + y_2 \quad (2)$$

și formează o undă rezultantă de aceeași frecvență, dar de amplitudine și fază diferite, dată de relația (3).

$$y = A \sin(\omega t - k \Delta x) \quad (3)$$

Înlocuind relațiile (1) și (3) în relația (2), se obține expresia amplitudinii unde rezultante dată de relația (4).

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos k(x_2 - x_1)} \quad (4)$$

Amplitudinea rezultantă este **maximă** dacă se îndeplinește următoarea condiție:  $\cos k(x_2 - x_1) = 1$ , ceea ce înseamnă că diferența de drum este un număr par de  $\lambda$ , așa cum se observă din relația (5).

$$\begin{aligned} k(x_2 - x_1) &= 2n\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \infty \\ \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x &= 2n\pi \Rightarrow \Delta x = 2n \frac{\lambda}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

Amplitudinea rezultantă este **minimă** dacă se îndeplinește următoarea condiție:  $\cos k(x_2 - x_1) = -1$ , ceea ce înseamnă că diferența de drum este un număr impar de  $\lambda$ , așa cum se observă din relația (6).

$$\begin{aligned} k(x_2 - x_1) &= (2n + 1)\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \infty \\ \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x &= (2n + 1)\pi \Rightarrow \Delta x = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \end{aligned} \quad (6)$$

Relația (6) interesează în mod special în această lucrare, deoarece din considerente tehnice, minimele de interferență sunt mai ușor de identificat prin perceperea directă cu urechea umană.

**Primul minim** se obține pentru  $n = 0$ , când diferența de drum este:  $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$ .

**Al doilea minim** se obține pentru  $n = 1$ , când diferența de drum este:  $\Delta x = \frac{3\lambda}{2}$ .

## Dispozitivul experimental

Tubul König este compus din două tuburi metalice în formă de U, unul de lungime fixă iar altul de lungime variabilă (lungimea lui se poate modifica deplasându-l pe verticală în sus).

Undele sonore sunt emise de un difuzor amplasat într-o incintă izolată care este alimentat de la un generator de audio - frecvență. După ce sunetul produs se dedublează în două sunete (unde) coerente, care se propagă prin cele două tuburi, la celălalt capăt al dispozitivului tuburile metalice se reunesc, iar cele două unde sonore se suprapun și interferează.

Unda sonoră rezultantă se transmite către urechile ascultătorului printr-o ramificație cu două tuburi speciale din cauciuc, ca în figura 1.

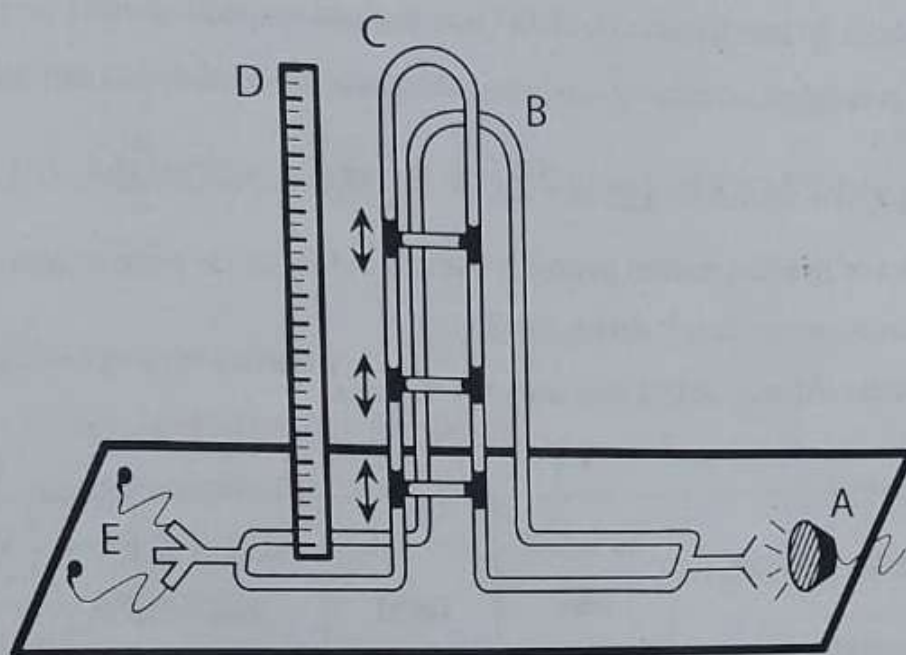


Fig. 1 Reprezentarea schematică a tubului König

## Modul de lucru

Se stabilește intervalul de frecvențe ale sunetelor care vor fi folosite în lucrare, astfel încât pe lungimea etalonată a tubului,  $l = 40$  cm, să se cuprindă cel puțin *două minime* de interferență. Intervalul de frecvențe care îndeplinesc această condiție este **1000 – 2500 Hz**, interval în care se include și frecvența de sensibilitate maximă a urechii umane care este de aproximativ **2400 Hz**.

Se alimentează generatorul de la rețeaua electrică de 220 V c.a. și se fixează prima frecvență de lucru, care se citește pe scala generatorului, astfel încât difuzorul emite un sunet uniform de această frecvență.

Deplasarea tubului metalic mobil trebuie să se facă lent și continuu, pentru a putea fi detectată corect poziția minimelor de interferență. În momentul percepției *primului minim*, se stopează deplasarea și se citește distanța respectivă pe tubul gradat. Dacă  $M$  este această distanță, atunci diferența de drum respectivă este egală cu dublul ei, deoarece sunetul se propagă *dus – întors*. Ținând cont de această precizare și de relația (6), se obține expresia vitezei de propagare a sunetului în aerul din tub, corespunzătoare primului minim, dată de relația (7).



$$\Delta x = 2M, \quad \Delta x = \frac{\lambda}{2}, \quad \lambda = 4M, \quad c = \lambda v = 4Mv \quad (7)$$

Pentru aceeași frecvență, se continuă deplasarea tubului mobil până când se percepe *al doilea minim* de interferență. Dacă  $M'$  este distanța respectivă citită pe tubul gradat, se obține viteza de propagare a sunetului, corespunzătoare celui de-al doilea minim, dată de relația (8).

$$\Delta x = 2M', \quad \Delta x = 3\frac{\lambda}{2}, \quad \lambda = \frac{4}{3}M', \quad c = \lambda v = \frac{4}{3}M'v \quad (8)$$

Se vor face măsurători pentru 5 frecvențe diferite iar pentru fiecare frecvență și pentru fiecare minim, se vor face 2 determinări.

Datele obținute se trec într-un tabel de forma:

$M$ 
 $M'$

Nr. det.	$\nu$ (Hz)	$\Delta x = 2M$ (m)	$c = 4M\nu$ (m/s)	$\Delta x = 2M'$ (m)	$c' = \frac{4}{3}M'\nu$ (m/s)	$\bar{c}$ (m/s)
1.	1000		<i>free</i>			
2.	1100					
3.	1200					
4.	1300					
5.	1400					

Valoarea medie a vitezei trebuie să fie apropiată de valoarea acceptată de 340m/s, corespunzătoare temperaturii de 20°C, în limita erorilor experimentale accidentale.