

# Determinarea vitezei sunetului prin compunerea a două oscilații perpendiculare de aceeași frecvență

## 1 Considerații teoretice

Considerăm un punct material (PM) supus acțiunii simultane a două forțe elastice de aceeași constantă elastică  $k$ , forțe ce acționează pe direcții perpendiculare, presupunem în lungul axelor de coordonate  $Ox$ , respectiv  $Oy$ . Oscilațiile armonice pe care le efectuează PM, dacă cele două forțe nu acționează simultan, sunt descrise de legile de mișcare (ecuațiile parametrice de mișcare)

$$x(t) = X \sin(\omega t + \varphi_1) \quad (1)$$

$$y(t) = Y \sin(\omega t + \varphi_2). \quad (2)$$

Cele două expresii descriu două oscilații armonice în lungul axei  $Ox$ , respectiv a axei  $Oy$ . Considerăm că cele două forțe acționează simultan. Eliminând timpul între cele două ecuații de mișcare obținem ecuația traiectoriei pe care se deplasează PM supus acțiunii simultane a celor două forțe elastice, traiectorie care este o elipsă generalizată

$$\frac{x^2}{X^2} + \frac{y^2}{Y^2} - 2 \frac{xy}{XY} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (3)$$

Orientarea elipsei și sensul de mișcare pe elipsă a PM sunt dictate de diferența fazelor inițiale,  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ , din ecuațiile parametrice de mișcare (*Figura 1*).

Când diferența de fază este egală cu 0,  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0$ , elipsa degenerază în segment de dreaptă în cadranul I-III, iar când este egală cu  $\pi$ ,  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pi$ , elipsa degenerază în segment de dreaptă în cadranul II-IV. Vizualizând cu ajutorul unui osciloscop catodic traiectoria PM putem determina diferența de fază dintre cele două oscilații. Cunoșcând și frecvența de oscilație a acestora putem determina viteza de propagare a undelor generate de aceste oscilații.

Când amplitudinile celor două oscilații sunt egale elipsa degenerază în cerc.

Diferența de fază,  $\Delta\varphi$ , dintre undele de lungime de undă  $\lambda$  generate de cele două oscilații este legată de diferența de drum,  $\Delta x = x_2 - x_1$ , prin relația

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda}. \quad (4)$$

Determinând pozițiile pentru care elipsa degenerază în segment de dreaptă în cadranul I-III, respectiv II-IV practic determinăm semilungimea de undă a undelor generate de oscilațiile considerate în studiu. Cunoșcând frecvența oscilațiilor putem determina viteza de deplasare a undelor generate de cele două oscilații.

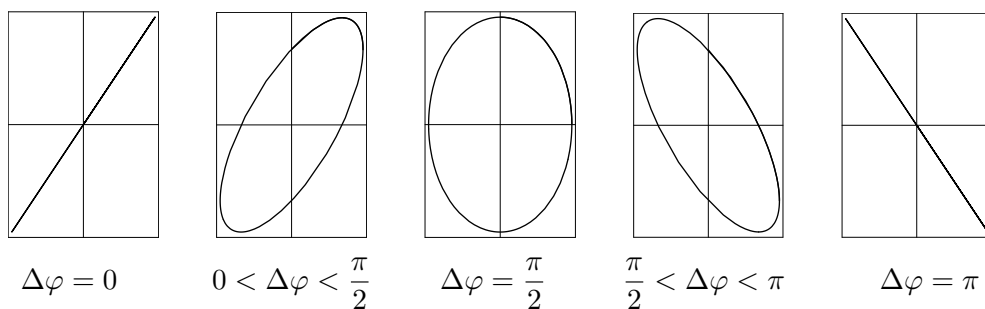


Figura 1

## 2 Prezentarea instalației experimentale

Montajul experimental pentru această lucrare conține un generator de audiofrecvență, un difuzor, un microfon mobil, un amplificator, un osciloscop și cabluri de legătură. O schemă a acestei instalații este dată în Figura 2. Difuzorul se poate deplasa în raport cu microfonul de-a lungul unei tije.

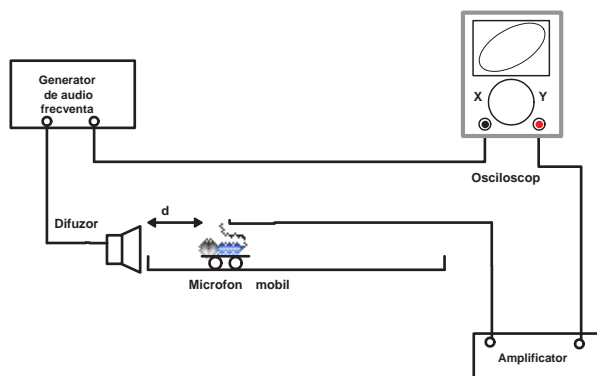


Figura 2

## 3 Modul de lucru

Scopul acestei lucrări îl constituie determinarea vitezei de deplasare în aer a undelor elastice (sonore) emise de difuzor.

Pentru realizarea obiectivelor lucrării se va proceda conform secvenței:

1. se alimentează instalația și se reglează din butoane astfel încât să fie un semnal bun de la generator.
2. tensiunea de la generator, de frecvența aleasă, pe de o parte se duce la intrarea X pe osciloscop, iar pe de altă parte se pune pe difuzor, care va emite un sunet de această frecvență.
3. microfonul recepționează acest sunet și prin amplificatorul din instalație este dus la intrarea Y a osciloscopului.
4. se selectează de la generatorul de joasă frecvență semnalele ale căror frecvențe sunt chiar valorile din tabelul de mai jos.
5. semnalul electric provocat de cele două oscilații va duce la formarea unei elipse ce se va roti și deforma în funcție de diferența de fază dintre cele două oscilații.

6. diferența de fază  $\Delta\varphi$ , este legată de diferența de drum,  $\Delta x = d$ , prin relația  $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda}$ .
7. se completează coloanele 4 și 5 din tabelul de mai jos cu pozițiile microfonului pentru care elipsa degenerază în dreaptă în cadranele I-III, respectiv II-IV.

Tabelul 1

| 1        | 2             | 3              | 4             | 5             | 6                               | 7                | 8                                | 9                            | 10                  | 11                  | 12  |
|----------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---|
| Nr. crt. | $\nu$<br>[Hz] | $1/\nu$<br>[s] | $x_1$<br>[cm] | $x_2$<br>[cm] | $\lambda/2 = x_2 - x_1$<br>[cm] | $\lambda$<br>[m] | $c = \lambda \cdot \nu$<br>[m/s] | $\langle c \rangle$<br>[m/s] | $\Delta c$<br>[m/s] | $\sigma_c$<br>[m/s] | $\langle c \rangle \pm \sigma_c$<br>[m/s] |
| 1        | 700           |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 2        | 800           |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 3        | 900           |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 4        | 1000          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 5        | 1100          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 6        | 1200          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 7        | 1300          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 8        | 1400          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 9        | 1500          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 10       | 1600          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 11       | 1700          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 12       | 1800          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 13       | 1900          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |
| 14       | 2000          |                |               |               |                                 |                  |                                  |                              |                     |                     |   |

## 4 Prezentarea rezultatelor

- după efectuarea măsurătorilor se completează celelalte coloane din tabelul de măsurători
- se reprezintă grafic datele din coloana a 7-a în funcție de datele din coloana a 3-a, pe hârtie milimetrică sau utilizând un program de fitare. Datele se înscriu pe o dreaptă. Panta dreptei, determinată din considerente de geometrie analitică sau cu programul de fitare, constituie chiar viteza sunetului în aer a undelor generate de difuzor.
- se discută calitativ valorile pentru viteza sunetului determinate prin cele două metode: analitică, respectiv grafică.

## 5 Bibliografie

- Marcu Cristian și colectiv - Lucrări de laborator FIZICA, Litografia IPTV Timișoara, 1981