

Determinarea Vitezei Undelor Acustice

Considerații teoretice: formarea unei unde longitudinale

Într-un mediu elastic vibrația unui corp se transmite mediului aflat în contact cu el. Datorită elasticității mediului această perturbare nu rămâne localizată lângă sursa perturbatoare ci se propagă. Particulele puse în mișcare de corpul ce vibrează acționează asupra particulelor învecinate care la rândul lor antrenează alte particule și așa mai departe. Astfel se crează unde elastice în mediu, care se propagă de la sursa inițială în întreg spațiul.

Într-un cilindru cu secțiunea S , extins de-a lungul axei Ox , delimităm un corp prin două secțiuni transversale aflate la distanța x și $x+dx$ de originea axei. Acest cilindru infinitesimal este **deplasat** și **deformat** prin intermediul presiunilor $p(x)$ și $p(x+dx)$ de către perturbația care se propagă prin mediu.

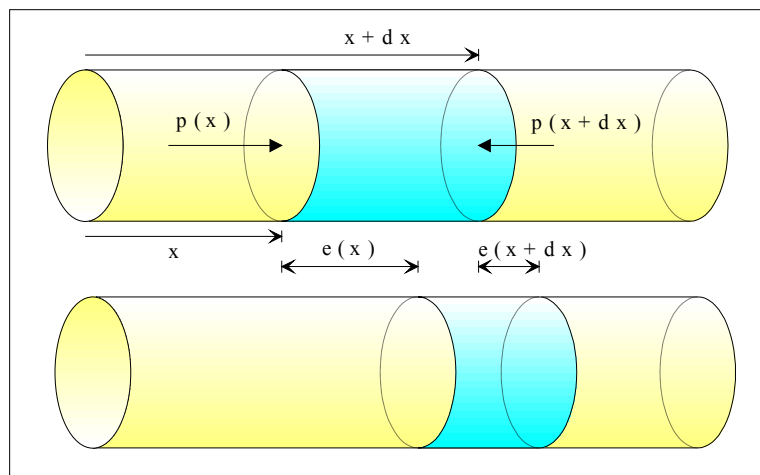


Figura 1. Formarea unei unde datorită legii forței (legea a 2-a a lui Newton) și elasticității mediului (legea lui Hooke).

Deplasarea cilindrului este controlată de **legea a doua a dinamicii**:

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

care după simplificări devine următoarea **ecuație de mișcare**:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -\rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad (2)$$

S-a ținut seama că forța totală care acționează asupra corpului este generată de presiunile ce acționează pe cele două baze ale lui:

$$F = p(x) \cdot S - p(x+dx) \cdot S = -S \cdot dx \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \quad (3a)$$

$$\text{masa lui este: } m = \rho \cdot S \cdot dx \quad (3b)$$

$$\text{și accelerația: } a = \frac{\partial v}{\partial t} \quad (3c)$$

Deformarea corpului este descrisă de **legea lui Hooke**, tensiunea mecanică indusă în corp fiind egală cu forța ce acționează pe una din bazele cilindrului, forța de pe a doua bază fiind forța de reacțiune:

$$p = F/S = -E \cdot \Delta L / L \quad (4)$$

"E" fiind modulul longitudinal (Young) de elasticitate a mediului. Lungimea inițială L a cilindrului este " dx ", iar modificarea lungimii lui este dată de diferența dintre cele două elongații (deplasări) pe care le suferă cele două secțiuni:

$$\Delta L = e(x+dx) - e(x) = (\partial e / \partial x) \cdot dx \quad (5)$$

După simplificări, din (4) obținem **legea lui Hooke** sub forma:

$$p = -E \cdot (\partial e / \partial x) \quad (6)$$

Combinând relația (6) cu relația (2) obținem **ecuația undelor** pentru acest caz simplu al propagării unidimensionale:

$$\frac{\partial^2 e}{\partial x^2} = (1/c^2) \frac{\partial^2 e}{\partial t^2} \quad (7)$$

unde **viteza de propagare** a unde este:

$$c = (E / \rho)^{1/2} \quad (8)$$

Pentru **gaze**, viteza de propagare (8) a undelor longitudinale devine:

$$c = (\gamma p / \rho)^{1/2} \quad (9)$$

unde " p " este presiunea gazului (atmosferică), " ρ " densitatea gazului (a aerului $1,29 \text{ kg/m}^3$), iar " γ " este indicele adiabatic (aer $\gamma=1,41$).

Din ecuația termică de stare și din definiția densității, presiunea este:

$$p = (m/V) \cdot R \cdot T / M = \rho \cdot R \cdot T / M \quad (10)$$

iar expresia vitezei de propagare a unde în gaz devine:

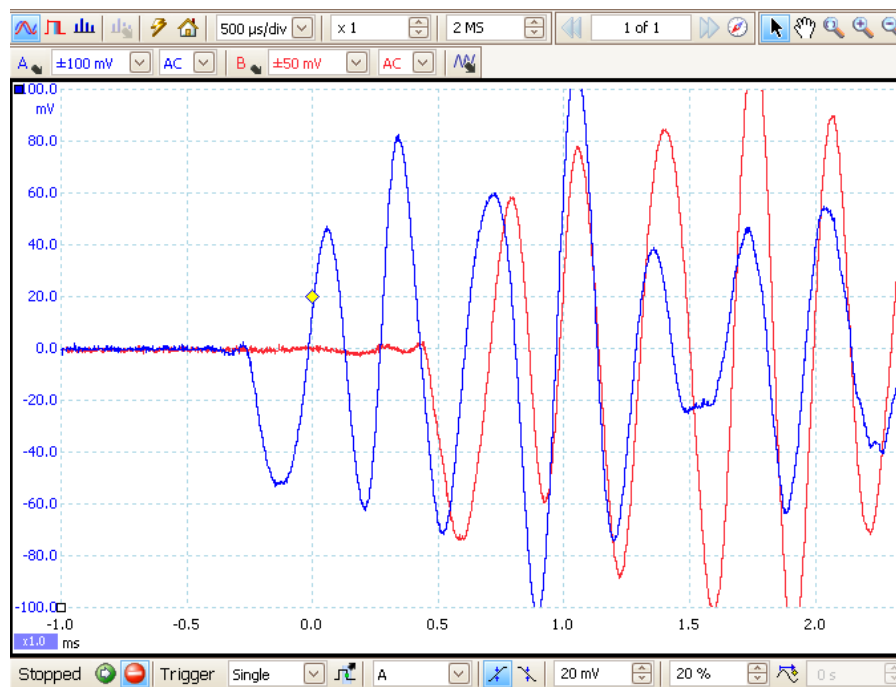
$$c = (\gamma \cdot R \cdot T / M)^{1/2} . \quad (11)$$

unde: T –temperatura gazului în grade Kelvin,
M–masa molară a gazului (aer 29 kg/kmol),
R –constanta universală a gazelor (8310 J/K·kmol)

Viteza de propagare a undei într-un gaz depinde doar de temperatura gazului și de compoziția sa (prin intermediul masei molare), dar nu depinde de presiunea gazului.

Dispozitivul Experimental

Aranjamentul experimental constă din 2 microfoane, unul pe poziție fixă (A), celălalt (B) pe poziție reglabilă la distanța D față de primul. Semnalul de la microfoane este înregistrat de osciloscopul digital.



Osciloscopul este setat pe **bara de SUS**: "collection time" 0.5ms/div (500μs/div), "input range" pe A (B) 100 mV (50 mV), pe **bara de JOS**: "trigger" (declanșare) "single", "trigger channel" A, "threshold" (prag declanșare) 20mV.

Se generează un sunet prin lovirea unei bucăți de lemn. Atenție ca sursa de sunet să fie colineară cu cele 2 microfoane și osciloscopul să aibe butonul verde (stânga jos) apăsat (Running). După achiziția de semnal se activează butonul roșu din stânga jos (Stopped). Ținând cont de asemănarea semnalelor de la cele 2 microfoane, se identifică două vârfuri corespondente, unul pe curba albastră (semnalul de la microfonul A) și celălalt vârf pe curba roșie (semnalul de la B). Se citesc timpii corespunzători: se pune cursorul mouse-ului pe punct, clic stânga, iar calculatorul afișează timpul corespunzător punctului. Te poți ajuta de "lupă" pentru a mări imaginea și a poziționa mai bine cursorul. În tabel treci întârzierea τ , diferența timpilor corespunzători vârfurilor alese. După re poziționarea microfonului mobil, B, se reia ciclul apăsând butonul verde (stânga jos pe ecran).

Prelucrarea datelor experimentale

Se reprezită grafic distanța D dintre microfoane (pe Oy) în funcție de întârzierea semnalului τ (pe Ox). Se trasează dreapta ce trece cel mai aproape de punctele experimentale și prin origine (D=0 implică $\tau=0$). Folosind două puncte de pe dreaptă, cât mai depărtate între ele, se calculează viteza de propagare a sunetului (panta dreptei):

$$c = \text{tg} \alpha = \Delta D / \Delta \tau (= \Delta y / \Delta x) \text{ [m/s]} \quad (12)$$

Ca variantă se calculează viteza medie de propagare ($v = (1/N) \cdot \sum D / \tau$).

Comparați rezultatul experimental cu cel teoretic obținut din relația (11) ținând cont de valorile date acolo și temperatura aerului.

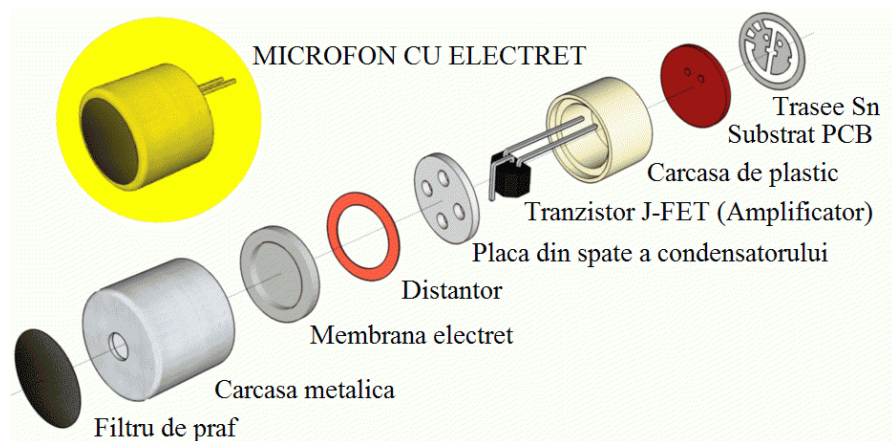
Tabel pentru date experimentale

distanța D (cm)	5	10	15	20	25
întârzierea τ (ms)					
viteza sunetului D/ τ (m/s)					

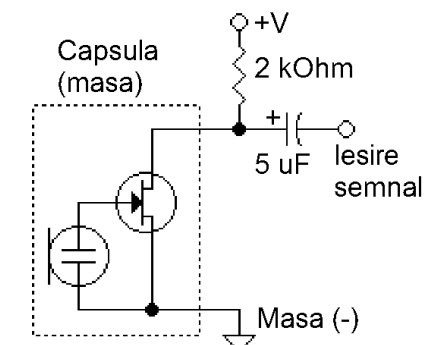
Microfonul cu electret



Aspect exterior



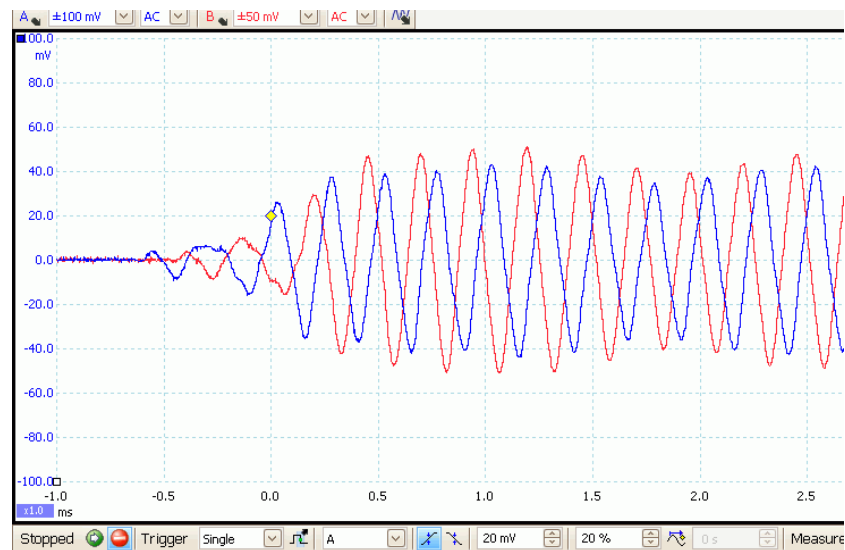
Structura unui microfon cu electret



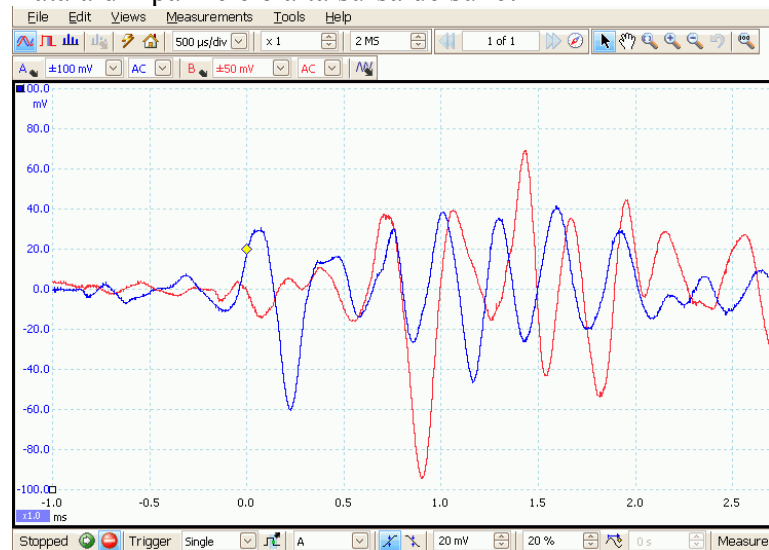
Schema de utilizare

Surse alternative de sunet

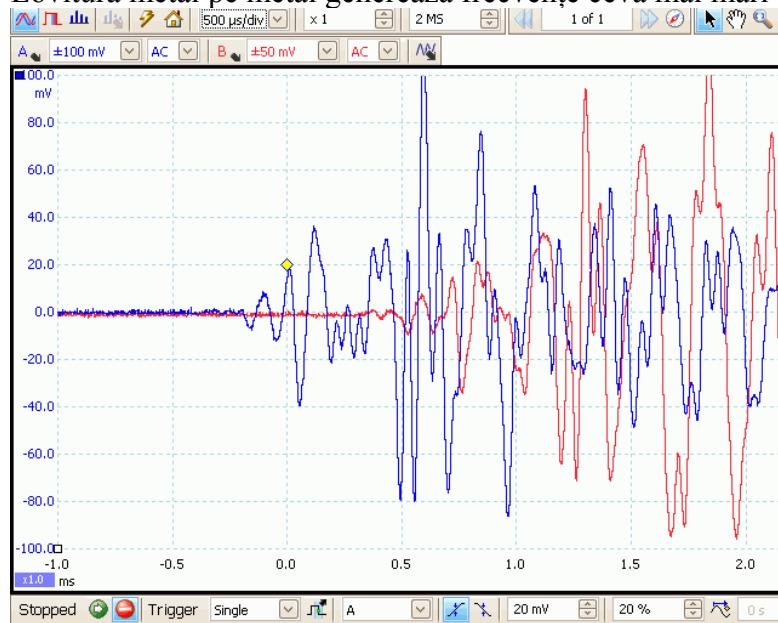
Ca sursă de sunet se poate folosi montajul asociat lucrării, care din 5 în 5 secunde generează un semnal aproximativ sinusoidal. Semnalul fiind mai slab, sursa trebuie plasată la 5-10 cm de microfonul fix (A).



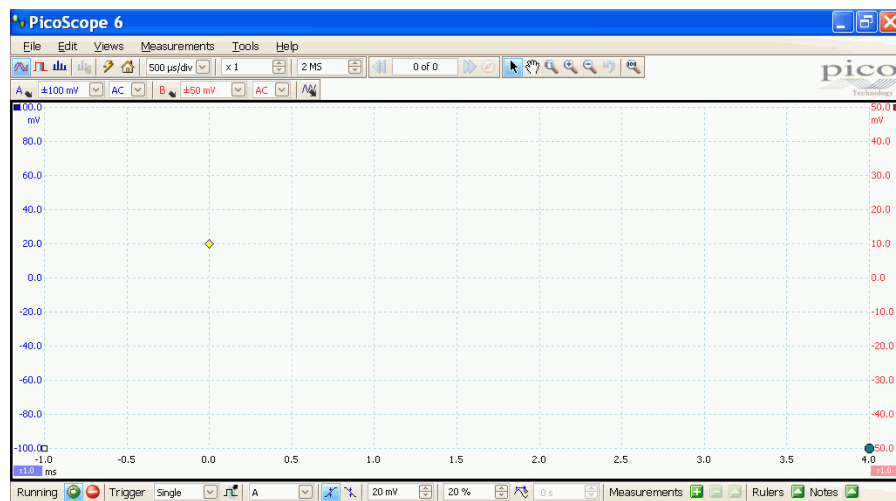
Bătaia din palme e o altă sursă de sunet



Lovitura metal pe metal generează frecvențe ceva mai mari

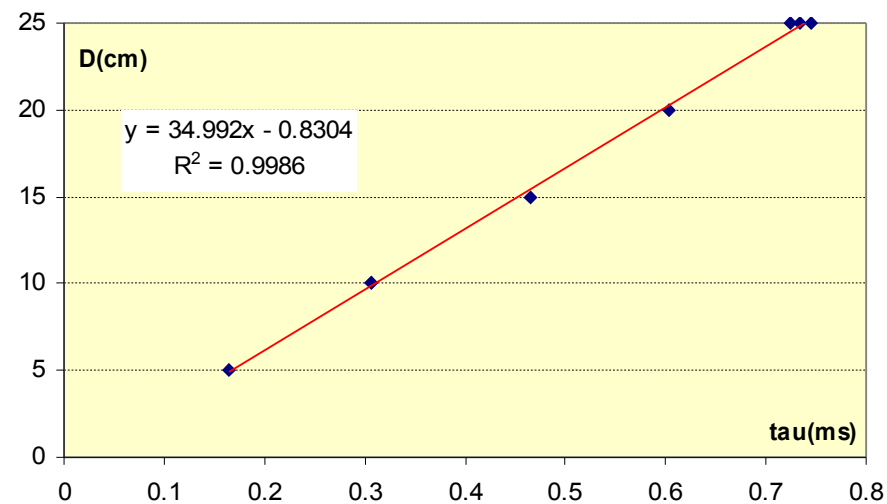


Ecranul inițial



Remarcă butonul verde (stânga-jos) apăsat (Running).

Grafic



$$v = \Delta D / \Delta \tau (\Delta y / \Delta x) = 349.9 \text{ m/s}$$

Tau(ms) D(cm)

0.1638	5
0.3066	10
0.3065	10
0.4651	15
0.6025	20
0.7455	25
0.72402	25
0.73383	25