

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCUREȘTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

LABORATORUL DE TERMODINAMICĂ ȘI FIZICĂ STATISTICĂ

BN 119

**DETERMINAREA EXPONENTULUI ADIABATIC AL
GAZELOR, γ , PRIN METODA ACUSTICĂ**

2005

DETERMINAREA EXPONENTULUI ADIABATIC AL GAZELOR, γ , PRIN METODA ACUSTICĂ

1. Scopul lucrării

Scopul acestei lucrări de laborator este de a determina valoarea exponentului adiabatic al gazelor. Pentru aceasta va fi folosită metoda acustică, care se bazează pe dependența vitezei de propagare a undelor acustice în gaze, de parametrii de material (în particular de exponentul adiabatic).

2. Teoria lucrării

Într-un proces adiabatic, parametrii de stare ai unui gaz ideal, verifică relația:

$$p \cdot V^\gamma = \text{const} \quad (1)$$

unde γ este exponentul adiabatic dat de relația:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i} \quad (2)$$

În relația (2), C_p și C_v reprezintă căldurile molare la presiune respectiv volum constant iar i reprezintă numărul gradelor de libertate ale moleculelor gazului ($i = 3$ pentru gaze monoatomice, $i = 5$ pentru gaze biatomice, $i = 6$ pentru gaze poliatomice).

Metoda acustică de determinare a exponentului adiabatic al gazelor, are la bază dependența vitezei de propagare a undelor longitudinale din gaze de parametrii mediului. Pentru a determina această dependență, vom considera inițial un mediu solid cu densitatea ρ și modulul de elasticitate E ; undele acustice longitudinale se vor propaga în acest mediu cu o viteză v_l dată de relația lui Newton:

$$v_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3)$$

Pentru gaze, modulul de elasticitate este înlocuit cu modulul de elasticitate volumică χ definit prin:

$$\chi = -V \cdot \frac{dp}{dV} \quad (4)$$

Corespunzător, viteza undelor sonore devine:

$$v_l = \sqrt{\frac{\chi}{\rho}} \quad (5)$$

La frecvențe mari, procesul de propagare al sunetului într-un gaz poate fi considerat un proces adiabatic. În acest caz putem diferenția ecuația de stare (1) și obținem:

$$dp \cdot V^\gamma + \gamma \cdot p \cdot V^{\gamma-1} \cdot dV = 0 \quad (6)$$

Împărind cu V^γ rezultă imediat relația:

$$\chi = p \cdot \gamma \quad (7)$$

Din ecuația de stare a gazului ideal $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$ (unde M este masa molară a gazului), obținem densitatea gazului:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} \quad (8)$$

Introducând (8) și (7) în (5), rezultă:

$$v_l = \sqrt{\gamma \cdot \frac{R \cdot T}{M}} \quad (9)$$

Extrăgând pe γ din relația (9), obținem în final dependența căutată:

$$\gamma = \frac{M \cdot v_l^2}{R \cdot T} \quad (10)$$

Relația (9) ne arată că putem determina constanta adiabatică γ , dacă cunoaștem M , R , și T , respectiv viteza de propagare a undelor acustice în gaz.

3. Descrierea instalației experimentale

Pentru măsurarea vitezei undelor în gaze, se folosește o metodă interferențială care are la bază montajul prezentat în figura 1.

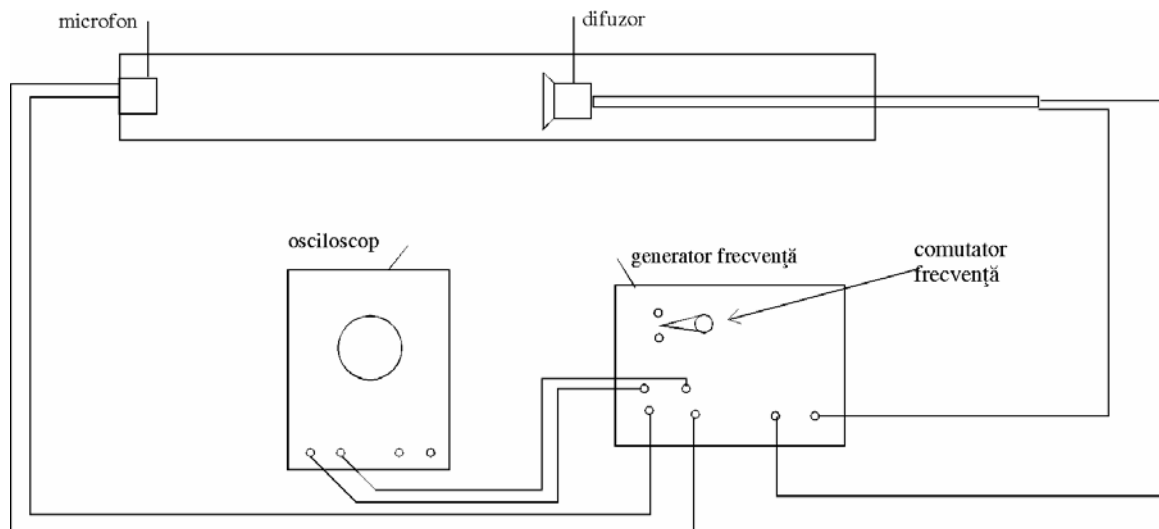


Fig. 1

Sursa de unde sonore constă dintr-un difuzor (D) cuplat la un generator de frecvență variabilă. În microfonul M ajung următoarele unde:

- Unda directă care parcurge distanța $x = DM$.
- Unda reflectată de microfon și apoi de difuzor, care parcurge traseul $DMDM = 3x$.

Se consideră că undele care ajung în microfon în urma reflexiilor multiple (parcurgând distanțele $5x, 7x, \dots$) au un aport neglijabil în procesul de interferență, deoarece amplitudinea undei scade rapid prin reflexii succesive.

În urma interferenței, în microfon va apărea o undă rezultantă; amplitudinea sa va trece prin maxime și minime, în funcție de distanța x dintre difuzor și microfon. Unda acustică este convertită în semnal electric de către microfon; semnalul este vizualizat de osciloscop permițând determinarea maximelor și minimelor semnalului acustic. Distanța dintre două maxime sau două minime învecinate, este $d = \lambda / 2$, unde λ este lungimea de undă a undelor sonore din gaz. Din relația de definiție, avem:

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{v_l}{2 \cdot \nu} \quad (11)$$

Extrăgând v_l din (11) și înlocuind în (10), obținem:

$$\gamma = \frac{4 \cdot M \cdot \nu^2 \cdot d^2}{R \cdot T} \quad (12)$$

Din această relație se observă că determinarea lui γ se reduce la măsurarea frecvenței ν și a distanței d dintre două minime ale undelor staționare (se consideră că temperatura și masa molară a gazului sunt cunoscute!).

În această lucrare frecvența este cunoscută și variabilă în trepte fixe. Distanța d este măsurată prin deplasarea tubului T, care, solidar cu difuzorul, va modifica distanța dintre microfon și difuzor. Astfel, dacă x_1 și x_2 sunt distanțele microfon-difuzor la care sunt observate două minime succesive, vom avea:

$$d = |x_2 - x_1|. \quad (13)$$

4. Modul de lucru

a) Se pornesc generatorul de frecvență și osciloscopul. Generatorul se fixează pe prima din frecvențele prestabilite, ale căror valori sunt date mai jos:

$$\nu_1 = 1908 \text{ Hz}; \quad \nu_2 = 3071 \text{ Hz}; \quad \nu_3 = 3750 \text{ Hz}.$$

b) Se reglează amplificarea osciloscopului pentru ca semnalul captat de microfon să fie redat pe cât posibil mai fidel, fără distorsiuni majore, pe ecran. Reglajul se va face în situația maximului de semnal în microfon (obținut prin deplasarea corespunzătoare a tijeii T).

c) Se deplasează tija T pentru a detecta pe ecranul osciloscopului două minime de interferență învecinate. Măsurând distanțele x_1 și x_2 dintre microfon și difuzor corespunzătoare minimelor, se calculează distanța d dintre ele cu relația (13). Vor fi efectuate cat mai multe determinări distincte la fiecare frecvență, datele fiind trecute în tabelul de mai jos:

$\nu(\text{Hz})$	ν_1			ν_2			ν_3			
	nr crt.	x_1	x_2	d	x_1	x_2	d	x_1	x_2	d
1										
2										
:										
\bar{d}										

5 Indicații pentru prelucrarea datelor experimentale

1) Se calculează valoarea medie \bar{d} a distanțelor dintre două minime și se trece în tabel. Pentru această valoare se calculează exponentul adiabatic $\bar{\gamma}$ cu ajutorul relației (12). Temperatura va fi citită de la termometrul laboratorului iar pentru restul parametrilor din (12), avem: $M = 28 \text{ kg/kmol}$; $R = 8310 \text{ J/kmol}\cdot\text{K}$.

2) Se determină abaterea pătratică medie σ_γ a exponentului adiabatic cu formula propagării erorilor. Rezultatele vor fi prezentate sub forma standard, $\gamma = \bar{\gamma} \pm \sigma_\gamma$.

6. Intrebari

a. Analizati modul in care se modifica expresia vitezei de propagare a undelor sonore în gaze, dacă se consideră că transformarea suferita de gaz este una izotermă (modelul Newton).

b. Argumentați din punct de vedere fizic faptul că, la frecvențe mari, procesul de propagare a sunetului într-un gaz poate fi considerat un proces adiabatic.