

DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE VÂSCOZITATE DINAMICĂ A AERULUI

Considerații teoretice

Vâscozitatea este generată de forța de frecare internă din fluide. Ea se manifestă la gaze și mult mai evident la lichide. În mișcarea fluidului apar forțe de rezistență tangente la straturile cu viteze diferite, forțe care au tendința să egaleze valorile vitezelor. Newton a dat expresia rezistenței dintre două straturi de fluid:

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

unde: S – suprafața lor de contact ,
 dv/dx – gradientul vitezei pe o direcție perpendiculară celei de curgere,
 η – coeficientul de vâscozitate dinamică, $[\eta]_{SI} = N \cdot s/m^2$.

La creșterea temperaturii, valoarea lui η scade la lichide și crește la gaze. Coeficientul de vâscozitate cinematică ν , este definit ca:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\nu]_{SI} = m^2/s \quad (2)$$

ρ fiind densitatea fluidului.

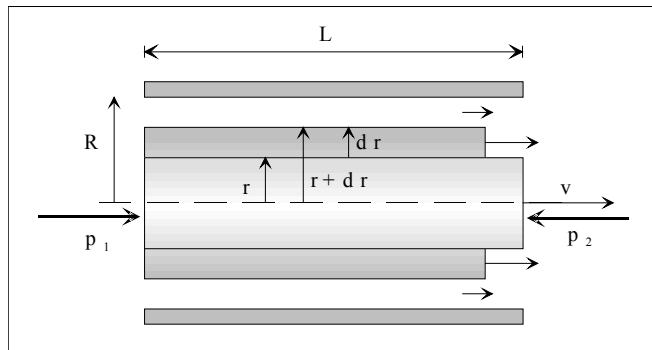


Figura 1. Curgerea laminară în conducte (curgere Poiseuille).

Determinarea coeficientului de vâscozitate dinamică se poate face cu ajutorul curgerii fluidului printr-un tub capilar, fenomen la care se aplică *legea lui Poiseuille*. O asemenea curgere în care viteza nu este prea mare, este o *curgere laminară*. Viteza fluidului este maximă în

centrul tubului și minimă lângă pereți. Deplasarea fluidului este similară cu cea a unor tuburi coaxiale care alunecă unele față de altele, tubul central înaintând cel mai rapid. În cazul unei conducte cilindrice cu raza interioară R , se poate deduce variația vitezei în funcție de rază. Pentru un element cilindric de fluid de rază r și lungime ℓ , curgerea apare datorită diferenței de presiune dintre capetele tubului:

$$F = (p_1 - p_2) \cdot \pi \cdot r^2 \quad (3)$$

care va fi echilibrată de forța de rezistență de la suprafața cilindricului:

$$F = -2 \cdot \pi \cdot r \cdot \ell \cdot \eta \cdot dv/dr \quad (4)$$

(semnul minus apare deoarece $dv/dr < 0$). Egalând expresiile (3) și (4) obținem:

$$F = (p_1 - p_2) \cdot \pi \cdot r^2 = -2 \cdot \pi \cdot r \cdot \ell \cdot \eta \cdot dv/dr \quad (5)$$

sau:

$$-dv/dr = r \cdot (p_1 - p_2) / (2 \cdot \ell \cdot \eta) \quad (6)$$

relație ce arată variația rapidă a vitezei de la o valoare maximă în centrul conductei ($r=0$), la valoarea zero pe pereții conductei ($r=R$). Integrând:

$$-\int_v^0 dv = \frac{p_1 - p_2}{2l\eta} \cdot \int_r^R r dr$$

vom obține:

$$v = \frac{p_1 - p_2}{4l\eta} \cdot (R^2 - r^2) \quad (7)$$

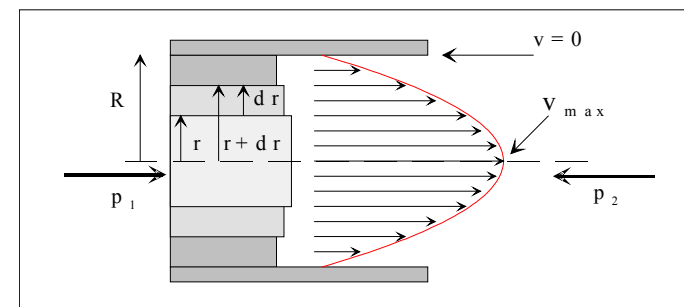


Figura 2. Distribuția vitezelor straturilor de fluid în tubul capilar.

Curba din figura 2 ne arată reprezentarea grafică a vitezei în funcție de rază. În fiecare punct viteza este proporțională cu gradientul de presiune $(p_1 - p_2)/\ell$.

Volumul "dV" al fluidului care traversează suprafața "dS=2·π·r·dr" în timpul "dt" este "v·dt·dS", sau:

$$dV = \frac{p_1 - p_2}{4l\eta} (R^2 - r^2) \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot dt \quad (8)$$

Volumul care traversează întreaga secțiune se obține integrând în intervalul r=0 și r=R, de unde obținem:

$$V = \pi \cdot R^4 \cdot \Delta p \cdot \Delta t / (8 \cdot \eta \cdot \ell) \quad (9)$$

relație numită *legea lui Poiseuille* din care vom determina coeficientul de vâscozitate dinamică a aerului:

$$\eta = \pi \cdot R^4 \cdot \Delta p \cdot \Delta t / (8 \cdot V \cdot \ell) \quad (10)$$

Metoda experimentală

Dispozitivul experimental cuprinde un vas de capacitate mare (1) umplut cu apă. Deschizând robinetul (2) apa va curge din balon, în volumul liber absorbindu-se aer din atmosferă prin tubul capilar (4). Datorită forțelor de frecare internă ale aerului, presiunea la capetele capilarului (4) nu va fi aceeași iar diferența Δp o vom obține cunoscând denivelarea Δh de la manometrul cu apă (5). Volumul de aer ce trece prin capilar în timpul Δt cât durează experiența, este măsurat de volumul de apă ce se scurge din vasul (1).

Modul de lucru

1. Se umple vasul de absorbție cu apă.
2. Se deschide robinetul (2) lăsând apa să curgă în vasul gradat.
3. Când apa ajunge în dreptul primului reper (a) de pe vas se pornește cronometrul, măsurând timpul necesar scurgerii până la reperul (b).
4. În momentul opririi cronometrului se citește și denivelarea Δh a lichidului din manometru.
5. Se închide robinetul și se repetă determinările pentru noile volume (c-d, e-f).

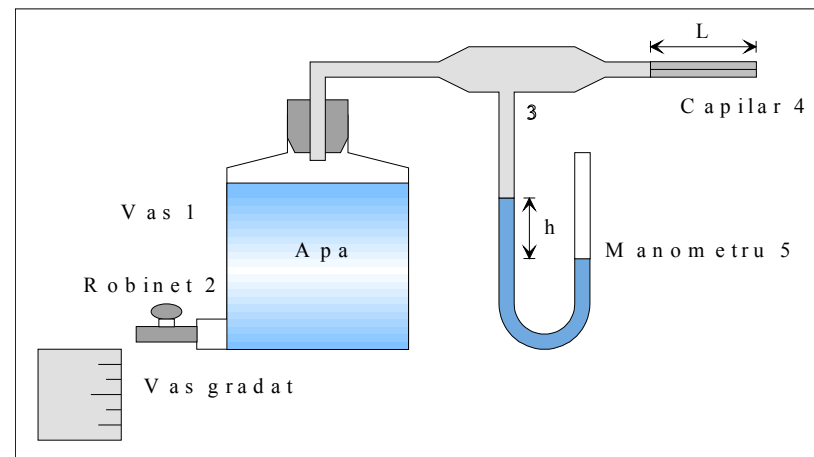


Figura 3. Schema dispozitivului experimental.

Prelucrarea datelor experimentale

Cunoscând denivelarea Δh se calculează variația presiunii datorită vâscozității din capilar:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (11)$$

Coeficientul de vâscozitate dinamică η se determină cu relația:

$$\eta = \pi \cdot R^4 \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot \Delta t / (8 \cdot V \cdot \ell) \quad (12)$$

Tabel cu date experimentale

Nr. det.	T _{cameră} (°C)	R (m)	ℓ (m)	V (m ³)	Δt (s)	Δh (m)	η (N·s/m ²)	η _{mediu} (N·s/m ²)
1.								
2.								
3.								

Eroarea relativă pentru coeficientul de vâscozitate η are expresia:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = 4 \cdot \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta \ell}{\ell} + \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta (\Delta t)}{(\Delta t)} + \frac{\Delta (\Delta h)}{(\Delta h)} \quad (13)$$