

## Determinarea coeficientului de vâscozitate al lichidelor

### Scopul lucrării

În această lucrare se studiază căderea unei sfere (bile) în interiorul unui lichid vâscos, aflat în repaus, cu scopul de a determina valoarea coeficientului de vâscozitate al lichidului.

### I. Considerații teoretice

*Vâscozitatea* reprezintă proprietatea fluidelor de a se opune deformațiilor (de a opune rezistență la schimbarea formei). Aceasta se manifestă la fluidele în mișcare, prin apariția unor eforturi tangențiale, fiind datorată frecării dintre straturile alăturate de fluid, care se deplasează unele față de altele.

*Vâscozitatea* se mai poate defini ca fiind o proprietate comună tuturor fluidelor, prin care, cu forțe (F) suficient de mici, se pot produce deformații oricât de mari, cu viteze de deformare mici:

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

Așadar, legea frecării interne a fost dată de Newton și arată că forța de frecare internă este direct proporțională cu aria suprafeței straturilor fluide și cu gradientul vitezei pe direcția normală a vitezei.

Mărimea  $\eta$  caracterizează proprietatea de vâscozitate a fluidului și se numește *coeficient de vâscozitate dinamică* sau *vâscozitate dinamică*. Sensul fizic al acestei mărimi este acela de tensiune tangențială care se dezvoltă în interiorul unui fluid omogen, când gradientul vitezei este unitar. Unitatea de măsură a vâscozității dinamice în Sistemul Internațional este  $[N \cdot s / m^2]$ .

Pentru a măsura vâscozitatea unui lichid se va folosi *metoda lui Stokes*. Această metodă constă în măsurarea vitezei limită de cădere a unei sfere (bile) într-un lichid.

Astfel, considerăm o bilă ce se deplasează printr-un lichid. Lichidul din vecinătatea bilei este pus în mișcare astfel încât stratul din imediata vecinătate a bilei se mișcă cu viteza acesteia, iar cele mai îndepărtate se mișcă cu viteze din ce în ce mai mici. Între straturile vecine ia naștere o forță de *frecare internă*, sau de *vâscozitate*. În cazul deplasării bilei cu viteze mici, adică în condițiile unei curgeri laminare, forța de rezistență ce acționează asupra bilei din cauza vâscozității fluidului, este dată de legea lui Stokes:

$$F_r = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (2)$$

unde  $\eta$  este coeficientul de vâscozitate dinamică al lichidului,  $r$  este raza sferei (bilei), iar  $v$  este viteza bilei.

Dacă se lasă să cadă o bilă într-un lichid vâscos, asupra ei acționează simultan trei forțe (Fig. 1): forța de greutate,  $G$ , forța arhimedică,  $F_A$ , și forța de rezistență,  $F_r$ .

Dacă sfera omogenă (bila) cade cu viteză constantă, atunci rezultanta forțelor ce acționează asupra sferei (bilei) este egală cu zero, adică:

$$\vec{G} + \vec{F}_A + \vec{F}_r = 0 \text{ sau } G - F_A - F_r = 0 \quad (3)$$

Forța de greutate este dată de relația:

$$G = mg = V\rho_0g = \frac{4\pi r^3}{3} \rho_0g \quad (4)$$

unde  $\rho_0$  este densitatea bilei,  $r$  este raza bilei, iar  $g$  este accelerația gravitațională.

Forța arhimedică se obține din legea lui Arhimede enunțată astfel: *un corp, scufundat parțial sau total într-un lichid, este împins de către lichid, de jos în sus, cu o forță egală cu greutatea lichidului dezlucuit de către corp*. Deci, forța arhimedică este dată de relația:

$$F_A = V\rho g = \frac{4\pi r^3}{3}\rho g \quad (5)$$

unde  $\rho$  este densitatea lichidului.

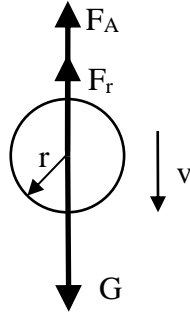


Fig. 1.

Înlocuind relațiile (2), (4) și (5) în relația (3) se obține expresia coeficientului de vâscozitate dinamică a lichidului considerat:

$$\eta = \frac{2g \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot r^2}{9 \cdot v} \quad (6)$$

## II. Metodica experimentală

### II.1. Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental utilizat în această lucrare este format dintr-un suport vertical de lemn, pe care este fixat un tub cilindric de sticlă închis la capătul de jos, și o tijă pentru ridicarea bilei deasupra nivelului superior al lichidului (Fig. 2). Tubul poate conține ulei sau apă. Timpul de cădere a bilei în lichid se măsoară cu un cronometru electronic.

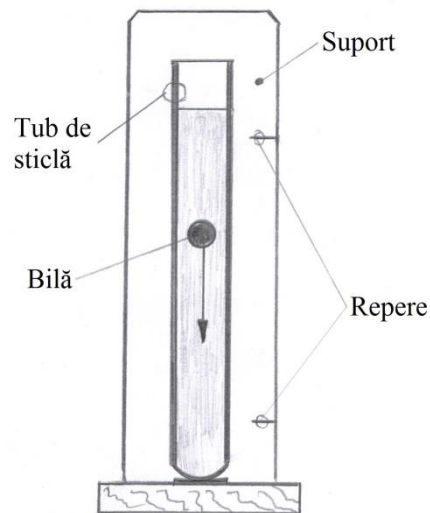


Fig. 2

## II.2. Modul de lucru

Pentru a determina valoarea coeficientului de vâscozitate dinamică a lichidului, sunt necesare următoarele etape:

- Se măsoară distanța  $h$  dintre două repere fixe, între care ne interesează să aflăm timpul de cădere al bilei prin lichid;
- Cu ajutorul tijei ridicăm bila până deasupra nivelului de la care urmează să pornim cronometrul. Lăsăm bila să cadă în lichid și înregistrăm timpul  $t$  în care aceasta parcurge distanța  $h$ ;
- Se repetă măsurătorile de 10 ori;
- Datele obținute se trec în tabelul 1.

Tabelul 1.

$\rho$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$	$\rho_0$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$	$h$ (m)	$t$ (s)	$\bar{t}$ (s)	$v$ $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$	$\eta$ $\left(\frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}\right)$	$\frac{\Delta\eta}{\eta}$ (%)

## II.3. Prelucrarea datelor experimentale

- Se cântărește bila cu o balanță a cărei precizie este de 0,1 dg, și se măsoară raza bilei cu un micrometru, care are precizia de 0,01 mm;
- Se calculează densitatea bilei cu ajutorul relației:

$$\rho_0 = \frac{m}{V} \quad (7)$$

unde,  $V$  este volumul bilei.

- Se calculează viteza medie de cădere a bilei cu ajutorul relației:

$$v = \frac{h}{\bar{t}} \quad (8)$$

- Cunoscându-se densitatea lichidului se calculează coeficientul de vâscozitate dinamică a lichidului cu ajutorul relației (6);

- Eroarea relativă pentru coeficientul de vâscozitate dinamică se determină cu ajutorul relației:

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta t}{t} + 2 \frac{\Delta r}{r} \quad (9)$$