

DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE VÂSCOZITATE LA LICHIDE PRIN METODA STOKES

Scopul lucrării:

În această lucrare se studiază mișcarea unui corp sferic în interiorul unui lichid vâcos, aflat în repaus, și se determină valoarea coeficientului de vâscozitate a lichidului.

Principiul fizic al metodei

Asupra unei bile care este lăsată să cadă într-un lichid vâcos acționează simultan trei forțe: greutatea G , forța arhimedică, F_a și forța de rezistență, R ; aceste ultime două forțe se opun mișcării (Fig. 1).

Prin deplasarea bilei, lichidul din vecinătatea sa este pus în mișcare: stratul din imediata vecinătate a bilei se mișcă cu viteza acesteia, iar cele mai îndepărtate - cu viteze din ce în ce mai mici. Între straturile vecine ia naștere, astfel, o forță de *frecare internă* sau de *vâscozitate*. În cazul deplasării cu viteze mici, în condițiile unei curgeri laminare (în absența formării vârtejurilor în lichid în urma corpului mobil), forța de rezistență la înaintare este dată de formula lui Stokes:

$$R = 6\pi\eta \cdot v \cdot r \quad (1)$$

în care η este coeficientul de frecare internă (sau de vâscozitate al lichidului), v - viteza bilei, iar r - raza acesteia. Toate cele trei forțe care acționează asupra bilei au direcție verticală. Greutatea bilei și forța arhimedică sunt constante, însă forța de rezistență crește odată cu creșterea vitezei; este posibil ca, la un moment dat, rezultanta celor trei forțe să devină nulă. Dacă această echilibrare a forțelor a avut loc, din acel moment bila se va mișca, datorită inerției, rectiliniu și uniform cu o viteză constantă v_0 (se spune că bila se află în echilibru dinamic). În această situație putem scrie:

$$G - F_a - R_0 = 0 \quad (2)$$

Dacă în această ultimă relație înlocuim:

$$G = mg = \frac{4\pi r^3}{3} \cdot \rho \cdot g \quad (3) \text{ și}$$

$$F_a = \frac{4\pi r^3}{3} \cdot \rho_l \cdot g \quad (4)$$

iar pe R cu valoarea dată de (1) obținem:

$$\frac{4\pi r^3}{3} \cdot \rho \cdot g - \frac{4\pi r^3}{3} \cdot \rho_l \cdot g - 6\pi\eta \cdot r \cdot v_0 = 0 \quad (5)$$

unde ρ este densitatea materialului bilei, ρ_l este densitatea lichidului, iar g este accelerația gravitațională.

Din relația (3) se obține expresia coeficientului de vâscozitate dinamică:

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{\rho - \rho_l}{v_0} \cdot g \cdot d^2 \quad (6)$$

unde $d (=2r)$ este diametrul bilei.

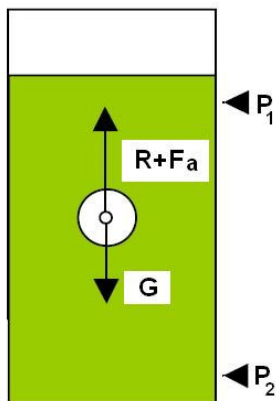
Formula (4) este valabilă în cazul în care bila cade într-un lichid care se întinde până la distanțe foarte mari în jurul ei. Practic, în laborator, această condiție nu se poate realiza, deoarece lichidul se găsește într-un vas de mici dimensiuni (fapt care implică prezența frecării și între lichid și pereții vasului). De aceea, în formula anterioară se introduce o corecție, așa încât ea devine:

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{\rho - \rho_l}{v_0(1 + 2,4d / D)} g d^2 \quad (7)$$

unde D este diametrul interior al vasului cilindric în care se deplasează bila.

Descrierea dispozitivului experimental:

Dispozitivul utilizat în această lucrare (Fig.1) se compune dintr-un cilindru de



sticlă umplut cu un lichid (glicerină) și un sistem mecanic pentru scoaterea bilei din lichid. Pentru măsurarea vitezei bilei se utilizează un sistem format din două porți optice cuplate la interfața LabPro, ce face conexiunea între experiment și computer.

Sunt, de asemenea, necesare bile din diferite materiale, un șubler și o balanță de laborator.

Modul de lucru:



Pentru a determina valoarea coeficientului de

Fig. 1 vâscozitate dinamică a glicerinei se parcurg următoarele etape:

- 1) Se măsoară diametrul mediu al bilelor (d);
- 2) Se măsoară masa bilelor și se calculează densitatea acestora;

- 3) Se măsoară diametrul interior al vasului cu glicerină (D);
- 4) Se efectuează câteva experiențe preliminare (folosind bilele metalice aflate în cutia de plastic de pe masa din apropiere), urmărindu-se identificarea poziției unde va fi trebui plasată poarta optică superioară (P_1), astfel încât în momentul trecerii prin dreptul său, viteza bilei să fie constantă;
- 5) Se măsoară distanța dintre cele două porți optice și se introduc astfel încât fasciculul infraroșu să treacă prin centrul vasului;
- 6) Se lansează fișierul “Stokes” aflat pe Desktop, introducându-se valoarea distanței dintre cele două porți optice în formula de calcul a vitezei;
- 7) Se apasă butonul ”Collect” și se introduc pe rând bilele în vasul cilindric. (Programul înregistrează automat viteza bilelor);
- 8) Se completează tabelul ;

Tabelul nr. 1

Determinarea coeficientului de vâscozitate a uleiului

Nr. det.	d (cm)	D (cm)	m (g)	ρ (g/cm ³)	ρ_1 (g/cm ³)	v_0 (cm/s)	η (daP)	$\Delta \eta$ (daP)
1.								
2.								
...								

- 9) Se efectuează calculul erorilor;
- 10) Rezultatul final se scrie sub forma:

$$\eta = \bar{\eta} \pm \overline{\Delta\eta} \quad \text{și} \quad \varepsilon = \overline{\Delta\eta} / \bar{\eta}$$

Notă: 1. Densitatea lichidului utilizat (glicerină) este $\rho_1 = 1260 \text{ kg/m}^3$.

2. Unitatea de măsură pentru coeficientul de vâscozitate este “deca Poise” (daP).

$1P = \frac{1g}{cm * s}$. (Poise este unitate de măsură din sistemul CGS.). Dacă se efectuează

calculele se observă că $1daP = \frac{1kg}{m * s}$. Unitatea de măsură pentru coeficientul de

vâscozitate în SI fiind: $[\eta]_{SI} = \frac{1kg}{m * s}$ (adică 1 daP)