Laborator de Fizică

DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE TENSIUNE SUPERFICIALA

I. Considerații teoretice

In condiții date de temperatură şi presiune o masa de lichid are un volum bine definit deşi forma variază după cea a vasului care îl conține. Forțele de coeziune care se manifesta intre moleculele lichidului sunt forțe de tip Van der Waals şi scad in valoare odată cu creşterea distanței dintre molecule. Distanța de la care forțele de coeziune devin neglijabile ($\approx 10^{-7}$ m) defineşte sfera de acțiune moleculară. Forțele de atracție care se manifestă intre molecule de natură diferită (solid-lichid, lichid-gaz) se numesc forțe de adeziune. Forțele de adeziune şi coeziune determină fenomenele superficiale.

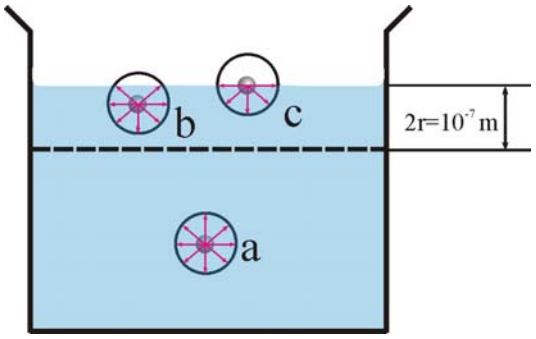

Figura 1

Efectul forțelor de coeziune se manifestă diferit în funcție de localizarea moleculei față de suprafața de separare a celor doua faze. Astfel pentru o moleculă aflată în interiorul lichidului aceasta va fi supusă unor forțe egale uniform distribuite a căror rezultantă este nulă (Fig.1 a). Dimpotrivă, efectul forțelor de coeziune se manifestă puternic în regiunea periferică a oricărui fluid. Moleculele aflate în stratul superficial de separare lichid-gaz sunt supuse la forțe de atracție diferite; aceste forțe nu vor mai fi egale ca mărime, nici uniform distribuite aşa ca vor da o rezultantă diferită de zero, îndreptată înspre interiorul lichidului şi perpendicular pe suprafața liberă (fig.1.b.c.).

Toate moleculele aflate sub suprafața aparentă a lichidului, până la o adâncime egala cu raza sferei de acțiune moleculară alcătuiesc ***stratul superficial*** sau periferic. Acest strat exercită asupra restului de lichid o apăsare ca şi cum ar fi o membrană eleatică în extensiune, care ar înconjura lichidul din toate părțile. Raportată la unitatea de suprafața aceasta apăsare reprezintă ***presiunea internă*** a lichidului. O proprietate a presiunii interne la fluide este dependența ei de forma păturii periferice, adică de forma meniscului; s-a stabilit ca pentru acelaşi fluid si aceeaşi temperatura:

$$p_{convex} > p_{plan} > p_{concav}$$

Atracția reciprocă care se manifestă intre moleculele stratului periferic are ca efect apropierea cat mai mare a moleculelor intre ele, deci are tendința să micşoreze cât mai mult suprafața aparentă. Astfel suprafața unui lichid se comportă ca o membrană elastică în extensiune, care căuta sa revină la forma inițiala de arie cât mai mică. Forța care are tendința să micşoreze cât mai mult aria acestei suprafețe periferice se numeşte ***forța de tensiune superficială***. Existenta acestei tensiuni o dovedeşte şi forma sferică a picaturilor mici de lichid, deoarece sfera este corpul care, pentru un volum dat, prezintă o suprafața minimă. Raportul dintre forța de tensiune superficială şi lungimea *l* a stratului periferic pe care acționează aceasta forță este influențat de natura lichidului, de temperatura şi compoziția fazei gazoase cu care este in contact. Mărimea

$$\sigma = \frac{F}{l}\left[\frac{N}{m}\right], \tag{1}$$

este specifică lichidului şi se numeşte ***coeficient de tensiune superficială***. Aceasta se defineşte ca fiind energia potențiala înmagazinata în unitatea de suprafață liberă a lichidului sau este numeric egal cu lucrul mecanic necesar pentru a mări suprafața membranei periferice cu unitatea, deci:

$$\sigma = \frac{\Delta L}{\Delta S}\left[\frac{N}{m}\right] \tag{2}$$

Tensiunea superficială explică multe fenomene caracteristice stării lichide ca: formarea picaturilor la scurgerea lichidelor printr-o deschidere mică, formarea spumei, adeziunea lichidelor, capilaritatea etc. Pentru măsurarea tensiunii superficiale a lichidelor se folosesc metode statice si dinamice, după cum suprafața aparenta este imobila sau în mişcare.

II. Metodica experimentală (Metoda picăturilor)

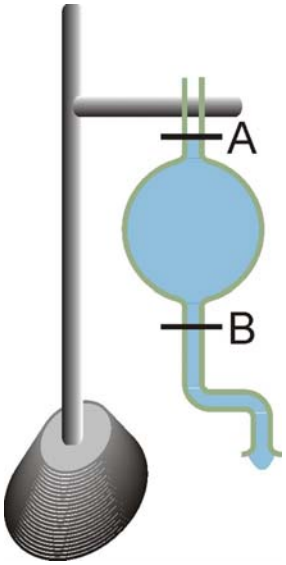

Figura 2

Daca un lichid curge dintr-un tub cu orificiul strâmt, nu se produce o curgere continua, ci intermitentă, prin picături. Numărul de picaturi în care se fracționează un volum dat de lichid depinde de tensiunea superficiala a acestuia.

Picătura care se formează la capătul capilarului se desprinde numai atunci când greutatea ei (G) devine egală cu forța de tensiune superficială (F). Daca *r* este raza orificiului de curgere, iar 2πr conturul lui, atunci, ținând cont de coeficientul de tensiune superficiala, σ, forța de tensiune superficială pe întregul contur va fi:

$$F = 2\pi r\sigma \tag{3}$$

Daca V_1 este volumul unei picături, atunci greutatea ei este:

$$G = mg = V_1\rho g \tag{4}$$

Echilibrul celor doua forțe permite calcularea lui σ :

$$\sigma = \frac{V_1\rho g}{2\pi r} \tag{5}$$

Fie ***n*** numărul de picături in care se fracționează volumul V al lichidului intre doua repere, atunci volumul unei picaturi V_1 este dat de raportul :

$$V_1 = \frac{V}{n}\ ; \quad \text{iar} \quad \sigma = \frac{V\rho g}{2\pi r n} \tag{6}$$

Folosirea unei metode relative permite eliminarea măsurătorilor de volum şi rază. Determinând numărul de picaturi pentru un lichid cu valoarea coeficientului de tensiune superficiala σ_0 cunoscut, aflat intr-un volum egal de lichid cu cel studiat, obținem:

$$\sigma_0 = \frac{V\rho_0 g}{2\pi r n_0} \tag{7}$$

Făcând raportul relațiilor (5) si (7) obținem :

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\rho n_0}{\rho_0 n} \tag{8}$$

formula cu care putem determina tensiunea superficiala σ a lichidului de studiat cu densitate ρ:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\rho n_0}{\rho_0 n} \tag{9}$$

III. Metodica experimentală

a) Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental consta dintr-un stalagmometru ***Traube*** fixat pe un stativ (conform figurii 2). Volumul V este delimitat de două repere ale stalagmometrului.

b) Modul de lucru

1. Se toarnă apa distilata in stalagmometrului până deasupra reperului superior.
2. Se număra picaturile de apa (n_0) cuprinse intre cele doua repere, iar rezultatul se trece in tabelul 1.
3. In mod analog se procedează cu lichidul de studiat (de exemplu soluții de alcool-apa de diferite concentrații).
4. Pentru fiecare lichid se fac doua trei determinări.

IV. Prelucrarea datelor experimentale

Cunoscând densitatea soluțiilor, cu ajutorul relației (9) se calculează coeficienții de tensiune superficială. Pentru fiecare soluție se determina valoarea medie a coeficientului de tensiune superficiala, σ. Coeficientului de tensiune superficiala, σ se reprezintă grafic in funcție de concentrație, ***c*** a soluțiilor, σ = f(c). Pe grafic se marchează pentru fiecare măsurătoare alături de valorile experimentale şi barele de eroare. Din graficul de etalonare obținut se pot determina concentrații necunoscute ale soluțiilor studiate.

Tabelul 1.

c (%)	n_0	ρ_0 (kg/m^3)	σ_0 (N/m)	n	ρ (kg/m^3)	σ (N/m)	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ (%)
0				–	–	–	
15	–	–	–				
30	–	–	–				
50	–	–	–				
70	–	–	–				
90	–	–	–				
x	–	–	–				

V. Calculul erorilor

Se utilizează formula:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta n_0}{n_0} + \frac{\Delta n}{n} \ ,$$

unde se consideră $\Delta n_0 = \Delta n$, deoarece eroarea măsurării este aceeaşi.