5.3.B. SKYSČIO PAVIRŠIAUS ĮTEMPIMO NUSTATYMAS LAŠŲ METODU

Darbo tikslas

Nustatyti tiriamų skysčių paviršiaus įtempimą lašų metodu.

Darbo užduotys

- Pagal lašų skaičių, kurio reikia žinomų parametrų ir tūrio tiriama skysčiui išlašėti pro kapiliarą, nustatyti tiriamų skysčių paviršiaus įtempimo koeficientus.
- Nustatyti etilo alkoholio tirpalo paviršiaus įtempimo koeficiento priklausomybę nuo tirpalo koncentracijos.

Teorinės temos

- Skysčio agregatinė būsena.
- Skysčių molekulinis slėgis ir paviršiaus įtempimas.
- Paviršiaus įtempimo koeficiento fizikinė prasmė, jo matavimo vienetai.
- Pusiausvyros sąlygos terpių skiriamojoje riboje.
- Skysčio laisvojo paviršiaus kreivumo įtaka slėgiui. Laplaso formulė.
- Tirpalų paviršiaus įtempimas.
- Kapiliariniai reiškiniai.
- Paviršiaus įtempimo koeficiento matavimo būdai.

Darbo priemonės ir prietaisai

Lašintuvas (biuretė) su laikikliu, indeliai su tiriamais skysčiais, menzūrėlės, piltuvas.

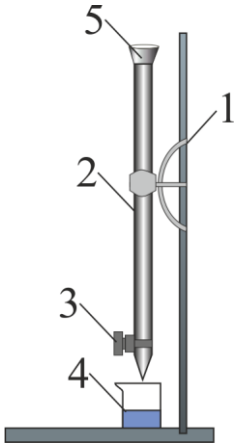
Darbo metodika

Šiame laboratoriniame darbe skysčio paviršiaus įtempimo koeficientas nustatomas leidžiant skysčiui lėtai lašėti ir skaičiuojant lašų skaičių. Pagrindinės skysčio paviršiaus įtempimo matavimo prietaiso dalys pavaizduotos 5.3.B.1 paveiksle. Lašintuvas (arba biuretė, 2), į kurį supiltas tiriamas skystis, įtvirtintas stove 1. Atsukus kranelį 3 skystis iš lašintuvo (biuretės) 1 suteka į stiklinį indą 4. Kad būtų patogiau pilti skystį, lašintuvo (biuretės) viršuje yra piltuvas 5.

Skysčio lašas atitrūksta nuo lašintuvo (biuretės) stiklinio vamzdelio tik tada, kai jo sunkio jėga F_s būna lygi ar truputį didesnė už paviršiaus įtempimo jėgą $F_{\text{įt}}$ (5.3.B.2 pav.). Skysčio lašą veikianti sunkio jėga lygi

$$F_s = m_0 g \ , \qquad (5.3.B.1)$$

čia m_0 – lašo masė, g – laisvojo kritimo pagreitis.

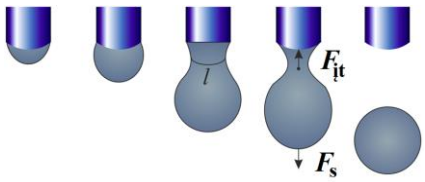


5.3.B.1 pav. Skysčio paviršiaus įtempimo matavimo lašų metodu eksperimento stendas: 1 – stovas, 2 – lašintuvas (biuretė), 3 – kranelis, 4 – stiklinis indas, 5 – piltuvas

Jėga, kuri veikia skysčio paviršių jam statmena kryptimi ir stengiasi sumažinti paviršių iki minimumo, vadinama *paviršiaus įtempimo jėga* $F_{\text{įt}}$:

$$F_{\text{įt}} = \sigma l, \qquad (5.3.B.2)$$

čia l $(l = 2\pi r)$ – pipetės siaurosios angos perimetras, σ – paviršiaus įtempimo koeficientas. SI sistemoje jo matavimo vienetas yra niutonas metrui (N/m).



5.3.B.2 pav. Skysčio lašo atitrūkimo nuo lašintuvo schema

Kaip minėta, lašo atitrūkimo momentu

$$F_s = F_{\text{įt}} \rightarrow m_0 g = \sigma 2\pi r. \qquad (5.3.B.3)$$

Jei iš lašintuvo (biuretės) stiklinio vamzdelio nulaša n skysčio lašų, kurių suminė masė m, tai vieno lašo masė lygi m_0:

$$m_0 = \frac{m}{n}. \qquad (5.3.B.4)$$

Visų lašų masę m galima išreikšti per tūrį V ir tankį ρ:

$$m = \rho V. \qquad (5.3.B.5)$$

Vadinasi, (5.3.B.3) formulę galima perrašyti taip:

$$\frac{\rho V g}{n} = 2\pi r \sigma \rightarrow \rho V g = n 2\pi r \sigma. \qquad (5.3.B.6)$$

Jei tam tikrame tūryje V vieno (tarkim, žinomo) skysčio, kurio tankis yra ρ_1, lašų skaičius yra n_1, o kito (tarkim, nežinomo) skysčio, kurio tankis ρ, lašų skaičius yra n, tai jiems pagal (5.3.B.6) formulę galima atitinkamai užrašyti tokius sąryšius:

$$\rho_1 V g = n_1 2\pi r \sigma_1 \qquad (5.3.B.7)$$

$$\rho V g = n 2\pi r \sigma. \qquad (5.3.B.8)$$

Padalijus (5.3.B.8) iš (5.3.B.7), išvedamas sąryšis, susiejantis abiejų skysčių parametrus:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \frac{n\sigma}{n_1 \sigma_1}. \qquad (5.3.B.9)$$

Iš šio sąryšio išreiškiamas nežinomo skysčio paviršiaus įtempimo koeficientas:

$$\sigma = \sigma_1 \frac{n_1 \rho}{n \rho_1}. \qquad (5.3.B.10)$$

Žinant pirmojo skysčio paviršiaus įtempimą σ_1 (dažniausiai vandens), galima apskaičiuoti tiriamo skysčio paviršiaus įtempimą σ.

Paviršiaus įtempimo koeficientas priklauso nuo besiribojančių terpių kilmės ir temperatūros. Temperatūrai kylant paviršiaus įtempimas mažėja, nes vidutiniai atstumai tarp molekulių didėja. Todėl mažėja jų tarpusavio sąveikos jėgos, lemiančios paviršiaus įtempimą. Tirpalų paviršiaus įtempimo priklausomybė nuo koncentracijos nevienoda ir priklauso nuo medžiagos aktyvumo tipo. Vadinamosios *paviršinio aktyvumo medžiagos*, pavyzdžiui, muilas, spiritas, nafta, visų pirma pasiskirsto paviršiniame tirpalo sluoksnyje ir tik pakankamai tankiai jų prisipildžius prasiskverbia į vidinį tūrį. Net nedidelė šių priemaišų koncentracija gerokai sumažina paviršiaus įtempimą. *Vidinio aktyvumo medžiagos*, kaip antai cukrus ir druska, atvirkščiai, kaupiasi skysčio viduje ir išstumia paviršinio aktyvumo medžiagas, taip padidindamos tirpalo paviršiaus įtempimą.

Nustatant paviršiaus įtempimą, reikia tiksliai matuoti skysčio ar tirpalo tūrį. Skysčių tūriai matuojami įvairiais matavimo indais: apytikriai matuojama matavimo cilindrais bei menzūromis, tiksliai – įvairios talpos matavimo kolbomis, pipetėmis, biuretėmis. Maži skysčio kiekiai (iki 1 ml) matuojami lašais. Atitrūkstančio lašo masė priklauso nuo lašintuvo išorinio ir vidinio skersmens, skysčio paviršiaus įtempimo, lašintuvo padėties, lašą sudarančio paviršiaus švaros, temperatūros, lašo kritimo aukščio (ypač lakių skysčių). Receptuose nurodomi lašai – tai lašai, ištekantys iš standartinio lašintuvo. Standartinio arba norminio lašintuvo vidinis skersmuo yra 0,6 mm, o išorinis – 3 mm. Iš tokio lašintuvo, esant 20 laipsnių temperatūrai, savitakos būdu išteka standartinio dydžio lašai (distiliuoto vandens lašas sveria 0,05 g, tad viename mililitre vandens yra 20 lašų).

Ploname vamzdelyje susidarantis įgaubtas arba iškilas skysčio paviršius yra atitinkamai vadinami apatiniu ir viršutiniu *menisku*. Skaidrių ir spalvotų skysčių tūris nustatomas pagal apatinio, o drumstų ir spalvotų – pagal viršutinio menisko lygį. Matavimo induose, ypač siauruose, skysčio paviršius yra įgaubtas. Jo aukštis nustatomas pagal žemiausią menisko lygį viename lygyje su akimi.

Matavimo paklaida tiesiogiai proporcinga matavimo indo spindulio kvadratui. Negalima matavimams naudoti biurečių ar pipečių, kurių vidinių sienelių paviršių tiriamas skystis prastai drėkina arba visai nedrėkina. Svarbus skysčių matavimo tikslumo veiksnys – ištekėjimo greitis. Skysčiui tekant labai greitai, didėja matavimo paklaidos, nes dalis skysčio nespėja nutekėti nuo indo sienelių. Iš biuretės, pasukus čiaupo rankenėlę lygiagrečiai su biuretės ašimi, išleidžiamas visas skystis. Skysčiui ištekėjus, čiaupas 2–3 s paliekamas atidarytas.

Darbo eiga

1. Pasirinktas distiliuoto vandens tūris įpilamas į biuretę 2 (5.3.B.1 pav.), kuri įtvirtinama stove 1 (5.3.B.1 pav.).
2. Kranelis 3 (5.3.B.1 pav.) atsukamas taip, kad skystis <u>nedideliu dažnumu</u> iš biuretės 1 (5.3.B.1 pav.) lašėtų į stiklinį indą 4 (5.3.B.1 pav.).
3. Skaičiuojamas lašų skaičius n pasirinktame išlašėjusiame skysčio tūryje V.
4. Eksperimentas kartojamas su tuo pačiu skysčio tūriu kelis kartus ir apskaičiuojamas vidutinis lašų skaičius n.
5. 1–4 punktai kartojami pakeitus tiriamą skystį (imant skirtingos koncentracijos etilo alkoholio tirpalus, muilo tirpalą ir kt.). Skysčio tūris visuose eksperimentuose turėtų būti vienodas. Be to, reikia pasistengti skystį lašinti panašiu greičiu.
6. Pagal (5.3.B.10) formulę suskaičiuojama tiriamo tirpalo įtempimo koeficiento vertė. Matavimų ir skaičiavimų rezultatai surašomi į lentelę (1 lentelė).
7. Nubraižomas etilo alkoholio tirpalo paviršiaus įtempimo koeficiento priklausomybės nuo tirpalo koncentracijos $\sigma = \sigma(c)$ grafikas.
8. Įvertinamos absoliučiosios ir santykinės šių matavimų paklaidos.

1 lentelė. Matavimų ir skaičiavimų rezultatai

Nr.	ρ_1 (kg/m^3)	ρ (kg/m^3)	n_1	n	σ (N/m)	$\Delta\sigma$ (N/m)	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$

2 lentelė. Vandens paviršiaus įtempimas esant 0–31 °C temperatūrai

t (°C)	σ (N/m)	t (°C)	σ (N/m)
0	0,07549	16	0,07311
1	0,07535	17	0,07295
2	0,07520	18	0,07282
3	0,07505	19	0,07265
4	0,07490	20	0,07252
5	0,07475	21	0,07235
6	0,07460	22	0,07222
7	0,07445	23	0,07208
8	0,07415	24	0,07193
9	0,07430	25	0,07178
10	0,07401	26	0,07163
11	0,07385	27	0,07148
12	0,07370	28	0,07133
13	0,07355	29	0,07118
14	0,07341	30	0,07103
15	0,07325	31	0,07088

Literatūra

1. J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikčius, R. Gadonas, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius, *Fizika biomedicinos ir fizinių mokslų studentams*, Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2003.
2. Физический практикум. Молекулярная физика и термодинамика. Учебное пособие; Составители: Александр Михайлович Борганцоев, Ольга Михайловна Алыкова.
3. Kirsten Franklin, Paul Muir, Terry Scott, Lara Wilcocks, Paul Yates ir kiti, *Introduction to Biological Physics for the health and Life Sciences*, Singapūras: John Wiley and Sons, 2010.
4. Laurie Cree, Sandra Rischmiller, *Science in Nursing*, Četsvudas: Elsevier Australia, 2001.
5. Mark Foss, Tony Farine, *Science in Nursing & Healthcare*. 2-asis leidimas, Dorčesteris: Pearson Education Limited, 2007.