

## 21. Skysčio klampos koeficiento priklausomybės nuo temperatūros tyrimas kapiliariniu viskozimetru

### Užduotis

1. Ištirti skysčio klampos koeficiento priklausomybę nuo temperatūros.
2. Rasti molekulinės aktyvacijos energiją.

### Pagrindiniai teoriniai klausimai

1. Klamos jėga.
2. Skysčių klamos koeficiento priklausomybė nuo temperatūros.
3. Puazeilio formulė.
4. Kapiliarinis viskozimetras

### Tyrimo metodika

Matavimo aparatūrą sudaro kapiliarinis viskozimetras V, esantis kaitinimo inde su vandeniu (1 pav.).

Temperatūra keičiama elektriniu kaitintuvu K (M – maišiklis, T – termometras). Viskozimetro kapiliaro apatinė dalis sujungta su trumpu platesniu vamzdeliu, esančiu rezervuare C, o viršutinė – su sferos pavidalo rezervuarais A ir B. Į rezervuarą C įpilta tiriamojo skysčio, kad vamzdelis, sujungtas su kapiliaru, panirtų beveik visas. Po to skystį siurbiamo užpildydami rezervuarą B maždaug iki pusės. Leidžiame skysčiui tekėti ir išmatuojame trukmę  $t$ , per kurią jis nuslūgs nuo žymės **b** iki žymės **a**. Skysčio tekėjimą kapiliaru sąlygoja hidrostatinis slėgis. Matavimo metu skysčio stulpelio aukštis kinta. Jo vidutinę vertę atitinkantis slėgių skirtumas:

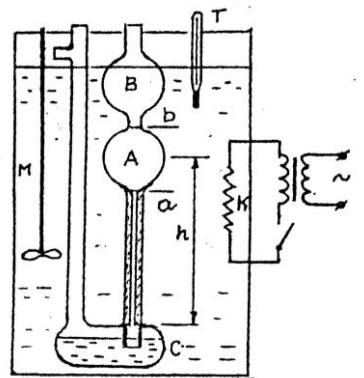
$$p_2 - p_1 = \rho gh. \quad (1)$$

Klamos koeficientą  $\eta$  rasime panaudoję Puazeilio formulę  $V = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2)}{8\eta l}$ :

$$\eta = \frac{\pi r^4 \rho g h t}{8lV}; \quad (2)$$

čia  $V$  – skysčio, esančio rezervuare A tarp žymių **a** ir **b**, tūris;  $r$  – sferos spindulys,  $l$  – skysčio tankis,  $h$  – vidutinis skysčio stulpelio aukštis,  $t$  – skysčio tekėjimo trukmė,  $l$  – kapiliaro ilgis. Temperatūrą reguliuojame keisdami kaitinimo trukmę. Trukmę  $t$  matuojame tada, kai temperatūros kitimas gana mažas.

Skysčio klamos koeficiento priklausomybė nuo temperatūros aprašoma eksponentine funkcija:



1 pav. Klamos koeficiento matavimo kapiliariniu viskozimetru schema

$$\eta = Ae^{\frac{E_A}{kT}}; \quad (3)$$

čia  $A$  – konstanta,  $k$  – Boltzmann'o konstanta, o  $E_A$  – energija, kurią reikia suteikti molekulei, kad ji peršoktų į kitą pusiausvyros padėtį, vadinama aktyvacijos energija. Ordinačių ašyje atidėję  $\ln(\eta)$ , o abscisių –  $1/T$ , gausime tiesę, kurios krypties koeficientas

$$\frac{\ln \eta_2 - \ln \eta_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} = \frac{E_A}{k}; \quad (4)$$

čia  $\eta_1$  ir  $\eta_2$  – klamos koeficientų vertės atitinkamai  $T_1$  ir  $T_2$  temperatūrose. Taigi, aktyvacijos energija,

$$E_A = k \frac{\ln \eta_2 - \ln \eta_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}. \quad (5)$$

#### Darbo eiga:

- Įjunkite skysčio temperatūros matavimo įrenginį.
- Naudodami kriaušę tiriamo skysčio lygį pakelkite iki rezervuaro B pusės ir patraukę kriaušę leiskite skysčiui laisvai tekėti žemyn.
- Laikmačiu išmatuokite skysčio nuslūgimo nuo žymos  $b$  iki žymos  $a$  trukmę  $t$ . Matavimą pakartokite 3–5 kartus, kad galėtumėte įvertinti matavimų paklaidas. Tam tikros temperatūros skysčio nuslūgimo trukmes rašykite į lentelę:

<i>Temperatūra, T (°C)</i>	<i>Trukmė, t (s)</i>	<i><math>\eta</math> (Pa·s)</i>
<i>Pradinė skysčio temperatūra</i>		
<i>Pradinė <math>T+n \times 5^\circ\text{C}</math> (kur <math>n=1,2,3\dots</math>)</i>		
...	...	

- Įjunkite kaitintuvą ir šildykite skystį iki norimos temperatūros. Atkreipkite dėmesį, kad skysčio kaitinimas yra inertiškas, t.y. išjungus kaitinimą, skysčio temperatūra dar pakyla  $\sim 0,5^\circ\text{C}$ , todėl išjunkite šildytuvą bent  $0,5^\circ\text{C}$  anksčiau, nei pasiekama norima temperatūra. Šildymo metu atsargiai maišykite vandenį.
- Kartokite 2, 3 ir 4 žingsnius didindami skysčio temperatūrą kas 5 laipsnius nuo esamos kambario temperatūros iki  $T = 50^\circ\text{C}$ .
- Kiekvienai temperatūrai, pagal (2) išraišką, apskaičiuokite skysčio klamos koeficiento vidutinę vertę.
- Nubraižykite grafiką abscisių ašyje atidėdami temperatūrą  $T(^\circ\text{C})$ , ordinačių – klamos koeficiento  $\eta$  vertes.
- Raskite aktyvacijos energiją. Nubraižykite grafiką abscisių ašyje atidėdami temperatūrą  $1/T$  ( $\text{K}^{-1}$ ), ordinačių – klamos koeficiento natūrinio logaritmo  $\ln \eta$  vertes. Pagal (5) išraišką apskaičiuokite aktyvacijos energijos vertę.
- Suformuluokite darbo išvadas.

**Laboratorinio stendo fizikiniai parametrai:**

$\rho_s = 1,26 \cdot \text{g/cm}^3$ ;  $r = 2,0 \text{ mm}$ ;  $\rho_{\text{rut}} = 7,20 \cdot \text{g/cm}^3$ ;  $R = 17,5 \text{ mm}$ .

**Literatūra:**

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. J. Kaladė, V. Mickevičius, D. Grabauskas, „Termodinamika ir statistinė fizika“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 380 p.

