

Úloha č. 3 - Meranie viskozity, hustoty a povrchového napätia kvapalin

Vladimír Domček
394013
Skupina č.8

Astrofyzika
2. semester
29.3.2012

Laboratórne podmienky:

Teplota: 23,1 °C
Tlak: 98,25 kPa
Vlhkosť: 46%

1 Zadanie

Určenie viskozity destilovanej vody pomocou Mariottovej fľaše.

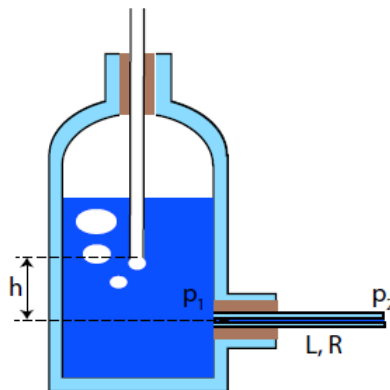
Určenie hustoty pomocou pyknometra.

Určenie povrchového napätia vody, technického liehu a isopropylalkoholu du Notyho metódou.

Meranie rýchlosti vypracovania destilovanej vody a technického liehu

2 Teória

2.1 Mariottova nádoba



Obr.1 Mariottova nádoba

Mariottova nádoba slúži na udržanie stálej výtokovej rýchlosti kvapaliny a to tým spôsobom, že udržiava stály atmosférický tlak na povrchu kvapaliny. Nádoba sa využíva na určenie dynamickej viskozity η , pričom dynamická viskozita je veličina, ktorá vyjadruje úmernosť medzi dotyčnicovým napätím vznikajúcim medzi vrstvami prúdiacej tekutiny a zmenou rýchlosti v smere kolmom k prúdu. Vypočítame ju podľa vzťahu (1):

$$\eta = \frac{\pi R^4 p \tau}{8LV} = \frac{\pi R^4 \rho^2 g (h_1 - h_2) \tau}{8L(m - m_n)} \quad (1)$$

R - polomer kapiláry	L - dĺžka kapiláry
V - objem vytečenej kvapaliny	ρ - hustota kvapaliny
τ - čas vytekania kvapaliny V	p - hydrostatický tlak v hĺbke h
m - hmotnosť kvapaliny	m_n - hmotnosť nádoby

2.2 Pyknometer

Pyknometer je špeciálna nádobka s presne dosadajúcou sklenenou zátkou s kapilárou. Po naplnení pyknometra kvapalinou a jeho uzavretí zátkou vytečie prebytočná kvapalina cez otvor v zátku a v pyknometri ostane vždy rovnaké množstvo kvapaliny.

2.3 Povrchové napätie

Povrchové napätie je sila na rozhraní kvapaliny a plynu alebo dvoch nemiešajúcich sa kvapalín, ktorá pôsobí v povrchu kvapaliny kolmo na jednotku dĺžky. Meria sa ako plošná hustota energie povrchovej vrstvy kvapaliny. Označuje sa σ a jednotkou je N/m.

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (2)$$

2.4 Vyparovanie

Vyparovanie je skupenská premena, pri ktorej sa kvapalina mení na plyn.

3 Postup

3.1 Mariottova nádoba

Po odpísaní základných údajov Mariottovej nádoby zmeriame cez katétometer výšku h. Pomocou stopiek meriame čas, za ktorý nám vytečie z nádoby určité množstvo kvapaliny. To následne zväžíme na digitálnych váhach, aby sme získali objem. Meranie opakujeme 5x, pričom zakaždým si zvolíme časový interval od 1 do 2 minút. Dynamickú viskozitu vypočítame podľa vzťahu (1)

3.2 Pyknometer

Odvažíme si hmotnosť prázdneho pyknometra. Následne si odvažíme hmotnosť pyknometra naplneným destilovanou vodou, technickým liehom. So znalosťou hustoty pre destilovanú vodu dosadíme hodnoty do vzťahu (3) a dopočítame hustotu technického liehu.

$$\rho_1 = (\rho_2 - \rho_v) \frac{m_1 - m}{m_2 - m} + \rho_v \quad (3)$$

3.3 Povrchové napätie

Na digitálne váhy s podvesným vážením zavesíme platínový krúžok. Počas merania sa nedotýkame krúžku. Dbáme na to, aby bol krúžok v jednej rovine s hladinou kvapaliny. Veľkosť sily pôsobiacej počas vyťahovania krúžku z kvapaliny meriame pomocou programu Tensionmeter. Kvapalinu nalejeme do nádoby dostatočného priemeru a

umiestníme ju na doštičku pod váhy s jemným vertikálnym posuvom. Dosku nastavíme do takej polohy, aby sme dokázali krúžok ponoriť a vynoriť jemným posuvom. Spustíme krúžok do kvapaliny a plynule ho vyťahujeme. Potrebné údaje sa nám zaznamenávajú v programe. Pre každú kvapalinu meranie opakujeme 10x. Porchové napätie potom dopočítame podľa vzťahu (2):

$$\sigma = \frac{F_{max}}{2l} \quad (4)$$

3.4 Rýchlosť vyparovania kvapaliny

Zoberieme si nádobu známich rozmerov nalejeme do nej kvapalinu a položíme na citlivé váhy. Môžeme si všimnúť, že okamžite po položení nádoby nám začína klesať číslo na displeji digitálnych váh. To čo pozorujeme je samotný výpar kvapaliny. Zoberieme si stopky a každú minútu po dobu 10 minút zapisujeme hmotnosť, ktorú nám váhy ukážu. Tento experiment vykonáme s dvomi rôznymi kvapalinami a nakoniec výsledky porovnáme.

4 Vyhodnotenie merania

4.1 Mariottova nádoba

$$R = (0,570 \pm 0,001)\text{mm} = (0,000570 \pm 0,000001)\text{m}$$

$$L = (165,0 \pm 0,5)\text{mm} = (0,165 \pm 0,0005)\text{m}$$

$$h_2 = (18,780 \pm 0,002)\text{cm}$$

$$h_1 = (7,600 \pm 0,002)\text{cm}$$

$$\Delta h = (h_2 - h_1) = (11,18 \pm 0,002)\text{cm} = (0,1118 \pm 0,00003)\text{m}$$

$$m_k = (58,382 \pm 0,001)\text{g}$$

$$u_m = 0,001\text{g}$$

$$r_\eta = \sqrt{16r_R^2 + r_h^2 + r_L^2 + r_m^2}$$

	t [s]	m [g]
1.	60,22	74,900
2.	70,66	77,442
3.	81,12	79,826
4.	90,00	82,328
5.	100,19	85,476

Tab.1 Hmotnosť nádoby s kvapalinou vytečenej za čas t

	1.	2.	3.	4.	5.	$\bar{\eta}$
η [N.s.m ⁻²]	0,001005	0,001022	0,001042	0,001036	0,001019	0,001025
u_η [N.s.m ⁻²]	0,000008	0,000008	0,000008	0,000008	0,000008	0,000008

Tab.2 Dynamická viskozita

4.2 Pyknometer

$$m_{pyknometer} = (25,014 \pm 0,001)\text{g} \quad \rho_{vzduch} = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$m_{dest.voda} = (74,835 \pm 0,001)\text{g} \quad \rho_{dest.voda} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$m_{tech.lieh} = (65,589 \pm 0,001)\text{g} \quad \rho_{tech.lieh} = \mathbf{813,37 \text{ kg.m}^{-3}}$$

4.3 Povrchové napätie

Obvod krúžku $l = (60,1 \pm 0,1)\text{mm}$

	$F_{isopropyl}$ [mN]	$F_{tech.lieh}$ [mN]	$F_{dest.voda}$ [mN]
1.	1,36	2,76	8,27
2.	1,37	2,75	8,29
3.	1,62	2,74	8,16
4.	1,65	2,66	8,14
5.	1,99	2,75	8,08
6.	1,79	2,70	8,28
7.	1,47	2,75	8,26
8.	1,82	2,72	8,25
9.	1,56	2,73	8,12
10.	1,37	2,75	8,21
\bar{F}	1,60	2,73	8,21
u_F	0,07	0,01	0,02

Tab.3 Namerané hodnoty F_{max}

$$\sigma_{isopropyl} = (0,01 \pm 0,04) \text{ N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{tech.lieh} = (0,023 \pm 0,004) \text{ N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{dest.voda} = (0,068 \pm 0,003) \text{ N.m}^{-1}$$

4.4 Rýchlosť vyparovania kvapaliny

t [min]	$m_{dest.voda}$ [g]	$m_{tech.lieh}$ [g]
0	85,450	93,370
1	85,443	93,357
2	85,435	93,345
3	85,428	93,332
4	85,420	93,319
5	85,414	93,308
6	85,406	93,297
7	85,399	93,286
8	85,393	93,274
9	85,386	93,262
10	85,379	93,249

Tab.4 Vyparovanie kvapaliny

$$\bar{d} = (7,111 \pm 0,005)\text{cm}$$

$$\bar{S} = (181,98 \pm 0,01)\text{cm}^2$$

$$\frac{\Delta \bar{m}_{dest.voda}}{1min} = (0,007 \pm 0,001) \text{ g.min}^{-1} = (0,43 \pm 0,06)\text{g.h}^{-1}$$

$$\frac{\Delta \bar{m}_{tech.lieh}}{1min} = (0,012 \pm 0,001) \text{ g.min}^{-1} = (0,73 \pm 0,06)\text{g.h}^{-1}$$

5 Záver

Dynamická viskozita meraná pomocou Mariottovej flaše nám vyšla $(1,025 \pm 0,008) \cdot 10^{-3}$ Pa.s. Pre teplotu 20°C sme v tabuľkách našli hodnotu $1,002 \cdot 10^{-3}$ Pa.s, a teda môžeme vidieť, že sa nám naša hodnota len mierne líši od tabuľkových hodnôt. Môže to byť spôsobené napríklad inými laboratórnymi podmienkami.

Pyknometrickou metódou sme pomocou znalosti hustoty vody vypočítali, akú hustotu má nami použitý technický lieh. Výsledok $\rho_{tech.lieh} = 813,37 \text{ kg.m}^{-3}$ sa najviac blíži k tabuľkovým hodnotám denauturovaného liehu, kde je hustota pri teplote 20°C udávaná $\rho = 813,72 \text{ kg.m}^{-3}$.

Povrchové napätie sme merali du Notyho metódou malým krúžkom, ktorý sme ponárali do nádoby s kvapalinou, pričom sme zisťovali silu, ktorá pôsobí na krúžok vplyvom kontaktu s kvapalinou. Pre jednotlivé kvapaliny nám vyšli nasledujúce výsledky:

$$\sigma_{isopropyl} = (0,01 \pm 0,04) \text{ N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{tech.lieh} = (0,023 \pm 0,004) \text{ N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{dest.voda} = (0,068 \pm 0,003) \text{ N.m}^{-1}$$

príčom tabuľky udávajú nasledujúce hodnoty:

$$\sigma_{isopropyl} = 0,022 \text{ N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{tech.lieh} = 0,022 \text{ N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{dest.voda} = 0,073 \text{ N.m}^{-1}$$

Po porovnaní výsledkov vidíme, že sa nám až na isopropylalkohol výsledky približne zhodujú s tabuľkovými hodnotami. Odchýlky môžu byť spôsobené napríklad deformáciou krúžku. Problém pri meraní isopropylalkoholu bol ten, že kvapalina sa odtrhla od krúžku ešte predtým, než bol celý vynorený. Preto nám rozsah nameraných síl vyšiel tak veľký, a teda aj neistota, že výsledok nemá žiadnu výpovednú hodnotu. Ďalším dôvodom nepresnosti meraní môže byť napríklad kontaminácia nádoby pozostatkom inej kvapaliny.

Pri meraní výparu kvapaliny sme dospeli k záveru, že v laboratórných podmienkach sa nám z plochy veľkosti $S = 181,98 \text{ cm}^2$ vyparí technický lieh približne 1,7x rýchlejšie ako destilovaná voda.