

4.1 MERANIE HUSTOTY A TEPLoty VARU ROZTOKOV

CIEĽ LABORATÓRNEHO CVIČENIA

Cieľom laboratórneho cvičenia je namerať hustotu roztokov rôznymi metódami, porovnať namerané hodnoty a následne zmerať teplotu varu v závislosti od koncentrácie.

ÚLOHY LABORATÓRNEHO CVIČENIA

- Stanovenie hustoty roztokov pomocou odmerného valca
- Stanovenie hustoty roztokov pyknometricky
- Stanovenie hustoty roztokov hustomerom
- Stanovenie hustoty roztokov pomocou digitálneho hustomera
- Stanovenie teploty varu roztokov

TEORETICKÝ ÚVOD

Hustota ρ homogénnej látky je definovaná ako pomer jej hmotnosti m k objemu V , ktorý látka zaberá. Vyjadruje vlastnosť látky danú zložením a nezávisí od miesta merania, iba od jeho fyzikálnych podmienok.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.1)$$

kde

ρ	- hustota homogénnej látky	(kg·m ⁻³)
m	- hmotnosť homogénnej látky	(kg)
V	- objem homogénnej látky	(m ³)

Normálna hustota je hustota nameraná za normálnych podmienok, t.j. pri normálnom tlaku $p_0 = 101325$ Pa a normálnej teplote $T_0 = 0$ °C. Pomocou vzťahu (4.1) je možný výpočet hustoty látky priamo použiteľný za predpokladu znalosti hmotnosti telesa a jeho objemu. Z dôvodu malej presnosti sa však v praxi používa len zriedkavo. V dôsledku chýb merania objemu (chyba stanovenia hmotnosti je aj pri bežných váženíach väčšinou menšia ako 0,1%) sa priame určenie objemu nahradzuje obvykle druhým vážením.

Stanovenie hustoty kvapalín možno uskutočniť viacerými metódami. Metódy merania vychádzajú buď z definície veličiny podľa vzťahu (4.1), alebo z vyšetrenie vztlaku v kvapaline.

Pri nižších nárokoch na presnosť je možné určiť hustotu kvapaliny na základe vzťahu (4.1). Hmotnosť daného objemu kvapaliny sa určí vážením a príslušný objem kvapaliny sa stanoví pomocou odmerného valca. Nepresnosť metódy súvisí s chybou merania polohy hladiny, spôsobenou povrchovým napätím kvapaliny.

Presnejšia metóda určovania hustoty kvapaliny je pyknometrická metóda. Pyknometre sú sklené nádoby presne definovaných objemov. Objem pyknometra sa pri danej teplote stanoví vážením pomocou kvapaliny, pre ktorú sú známe presné tabelované hodnoty hustoty v

LABORATÓRNE CVIČENIA Z VLASTNOSTÍ LÁTOK

závislosti od teploty - napr. destilovanej vody. Pyknometrické stanovenie hustoty spočíva v tom, že sa porovná určitý objem meranej látky s rovnakým objemom kvapaliny, ktorej hustota je známa. Pri správnom a presnom dodržaní pracovného postupu je to veľmi presná metóda merania hustoty kvapaliny.

Pre priame určenie hustoty roztoku sa na rýchle meranie hustoty kvapalín používa hustomer. Hustomer je zatavená sklenená trubica prispôbena k plávaniu vo zvislej polohe. V kvapaline sa hustomer ponorí do takej hĺbky, pri ktorej je jeho hmotnosť rovnaká ako hmotnosť ním vytlačenej kvapaliny. Hĺbka ponoru je teda funkciou hustoty meranej kvapaliny. Existujú hustomery pre kvapaliny vyznačujúce sa menšou i väčšou hustotou, ako je hustota vody. Stupnice môžu vyjadrovať hustotu kvapaliny alebo percento rozpustenej či emulgovanej látky.

V súčasnosti sa na rýchle a presné určenie hustoty používajú digitálne hustomery, ktoré sú buď vsádzkové, alebo prietokové.

Var alebo vrenie je zmena skupenstva, pri ktorej sa kvapalina mení na plyn v celom objeme. K varu dochádza pri zahriati kvapaliny na teplotu varu, ktorá je pre rôzne kvapaliny rozdielna. Jej veľkosť závisí priamo od tlaku nad kvapalinou (s vyšším tlakom stúpa teplota varu). K varu dochádza vtedy, keď tlak nasýtených pár nad kvapalinou sa vyrovná vonkajšiemu tlaku. Pri normálnom tlaku $p_0 = 101\,325$ Pa ide o normálnu teplotu varu danej látky.

Ak sú molekuly rozpustnej látky málo prchavé, teda neprispievajú ku zvýšeniu tlaku pár nad kvapalinou, nastane zníženie tlaku pár rozpúšťadla v takom pomere, v akom sa znížilo zastúpenie molekúl rozpúšťadla. Platí vzťah:

$$\Delta p = p^0 \cdot x \quad (4.2)$$

kde

Δp	- tlaková diferencia	(Pa)
p^0	- tlak nasýtených pár čistého rozpúšťadla	(Pa)
x	- hmotnostný zlomok rozpúšťadla	(1)

Daný roztok teda bude mať vyššiu teplotu varu ako čisté rozpúšťadlo. Toto zvýšenie teploty varu sa nazýva depresia a je tým väčšia, čím väčší je obsah rozpustenej látky a čím nižšia je jej mólová hmotnosť. Na tomto princípe je založená tzv. ebulioskopická metóda stanovenia mólových látok.

LABORATÓRNE CVIČENIE

STANOVENIE HUSTOTY ROZTOKOV POMOCOU ODMERNÉHO VALCA

Použitý materiál:

- sacharóza (cukor kryštálový, $C_{12}H_{22}O_{11}$)
- destilovaná voda

Prístroje a pomôcky:

- váhy
- laboratórne sklo (lievik, odmerný valec, lyžička, odmerné banky)

Postup práce:

LABORATÓRNE CVIČENIA Z VLASTNOSTÍ LÁTOK

Na prípravu roztokov sa použije ako rozpúšťadlo destilovaná voda. Rozpustenú látku predstavuje kryštálový cukor pri hmotnostnej koncentrácii 10, 15 a 20%. Objem jednotlivých roztokov je nutné namiešať v objeme minimálne 200 ml podľa vzťahu:

$$c_A^m = \frac{m_A}{m_A + m_0} \quad (4.3)$$

kde

c_A^m	- relatívny hmotnostný zlomok	(1)
m_A	- hmotnosť rozpustenej látky	(kg)
m_0	- hmotnosť rozpúšťadla	(kg)

Odvážte prázdny odmerný valec, čím získate jeho hmotnosť m_1 . Naplňte valec roztokom a odčítajte príslušný objem roztoku V_R . Valec naplnený kvapalinou znova odvážte (m_2). Hmotnosť roztoku m_R sa získa zo vzťahu:

$$m_R = m_2 - m_1 \quad (4.4)$$

Hustota roztoku ρ_R sa vypočíta zo vzťahu:

$$\rho_R = \frac{m_R}{V_R} \quad (4.5)$$

Meranie opakujte viackrát a výsledná hodnota hustoty daného roztoku sa získa ako aritmetický priemer. Postup aplikujte pre všetky tri roztoky.

STANOVENIE HUSTOTY ROZTOKOV PYKNOMETRICKY

Použitý materiál:

- sacharóza (cukor kryštálový, $C_{12}H_{22}O_{11}$)
- destilovaná voda

Prístroje a pomôcky:

- váhy
- laboratórne sklo (pyknometer, lievnik)

Postup práce:

Na analytických váhach odvážte najprv suchý pyknometer so zátkou (m_3). Následne ho naplňte destilovanou vodou až po vrch, uzavrite a pretečenú kvapalinu opatrne utrite z povrchu zátky. Pyknometer naplnený destilovanou vodou znova odvážte, čím získate hmotnosť m_4 . Pri známej hustote destilovanej vody ρ_{H_2O} (pri danej teplote) sa získa presný objem pyknometra:

$$V_P = \frac{m_4 - m_3}{\rho_{H_2O}} \quad (4.6)$$

kde

V_P	- objem pyknometra	(m^3)
-------	--------------------	-----------

LABORATÓRNE CVIČENIA Z VLASTNOSTÍ LÁTOK

Po zistení presného objemu pyknometra destilovanú vodu vylejte a pyknometer nechajte vysušiť v sušiarňi. Následne pyknometer naplňte roztokom, ktorého hustotu chcete zistiť, a zvažte ho (m_5). Hustota roztoku sa vypočíta zo vzťahu:

$$\rho_R = \frac{m_5 - m_3}{V_p} \quad (4.7)$$

Meranie opakujte viackrát a výsledná hodnota hustoty daného roztoku sa získa ako aritmetický priemer. Postup aplikujte pre všetky tri roztoky.

MERANIE HUSTOTY ROZTOKOV HUSTOMEROM

Použitý materiál:

- sacharóza (cukor kryštálový, $C_{12}H_{22}O_{11}$)
- destilovaná voda

Prístroje a pomôcky:

- hustomer
- laboratórne sklo (odmerný valec)

Postup práce:

Odmerný valec naplňte roztokom a ponorte hustomer s požadovaným rozsahom hustoty a odčítajte hustotu kvapaliny priamo z hustomera. Dbajte, aby sa hustomer nedotýkal steny odmerného valca. Meranie opakujte viackrát a výsledná hodnota hustoty daného roztoku sa získa ako aritmetický priemer. Postup aplikujte pre všetky tri roztoky.

MERANIE HUSTOTY ROZTOKOV POMOCOU DIGITÁLNEHO HUSTOMERA

Použitý materiál:

- sacharóza (cukor kryštálový, $C_{12}H_{22}O_{11}$)
- destilovaná voda

Prístroje a pomôcky:

- digitálny hustomer DMA 48
- injekčná striekačka

Digitálny hustomer DMA 48 sa používa na rýchle a presné meranie hustoty kvapalín. Zariadenie s príslušenstvom je zobrazené na obrázku 4.1. Meraná vzorka sa do zariadenia dávkuje injekčnou striekačkou, pričom je potrebné dbať na to, aby v meracom valci nebola vzduchová bublina, ktorá by spôsobila nepresnosť merania. Merací valec je pre lepšiu viditeľnosť podsvietený, avšak pri samotnom meraní je nutné svetlo vypnúť. Nameraná hodnota hustoty roztoku sa priamo odčíta z displeja s presnosťou merania $0,001 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Použitá vzorka sa tlakovým vzduchom odvádza vývodom do odpadu. Merať hustotu je možné v rozsahu od -10°C až po 70°C . Ak by sa merala hustota roztoku pri teplote nižšej ako je teplota v laboratóriu, je nutné zapojiť okruh chladiacej vody, čím sa zariadenie ustáli na požadovanej teplote, ktorá sa prednastaví. Po meraní zariadenie vyčistíme pomocou etanolu a následne vyfúkame tlakovým vzduchom. Kalibrácia zariadenia sa vykonáva destilovanou vodou.

LABORATÓRNE CVIČENIA Z VLASTNOSTÍ LÁTOK



Obr. 4.1 Digitálny hustomer DMA 48

Postup práce:

Nastavte teplotu merania digitálneho hustomeru podľa teploty v priestoroch laboratória. Pomocou injekčnej striekačky dávkujte postupne roztoky do meracieho priestoru zariadenia, pričom dajte pozor aby sa v ňom nenachádzala vzduchová bublina. Prepnite zobrazovanie displeja na ukazovanie hodnoty hustoty. Odčítajte hodnotu z displeja a vyčistite merací priestor tlakovým vzduchom. Meranie opakujte pre všetky koncentrácie roztokov. Po ukončení merania vyčistite merací priestor etanolom.

STANOVENIE TEPLOTY VARU ROZTOKOV

Použitý materiál:

- sacharóza (cukor kryštálový, $C_{12}H_{22}O_{11}$)
- destilovaná voda

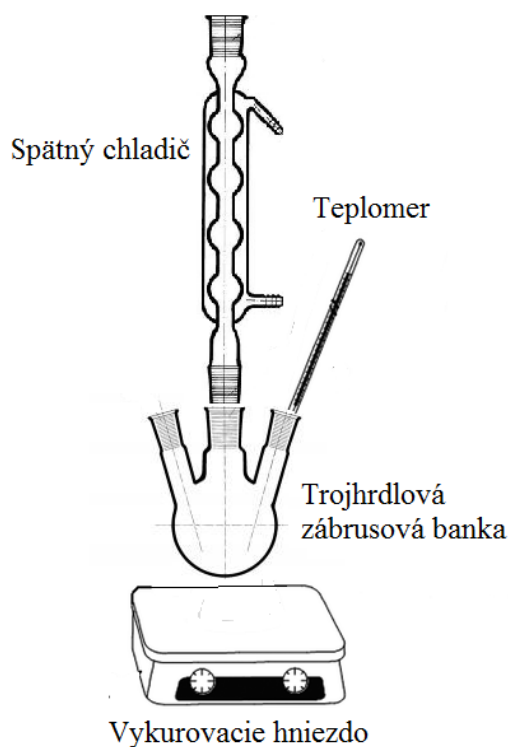
Prístroje a pomôcky:

- váhy
- vykurovacie hniezdo
- stojan
- teplomer
- laboratórne sklo (spätný chladič, odmerné banky, lyžička, trojhrdlová zábrusná banka, zátka)

Opis aparatury:

Pre meranie teploty varu roztoku sa použije litrová trojhrdlová banka. V strednom širšom hrdle je umiestnený spätný chladič, ktorý zabezpečuje kondenzáciu unikajúcich pár rozpúšťadla a ich návrat do roztoku. Týmto sa umožní zachovať konštantné zloženie roztoku počas celého merania. V jednom z užších hrdiel je vsunutý teplomer, ktorý je ponorený v skúmanom roztoku. Druhé užšie hrdlo sa uzavrie zátkou. Banka je vložená do elektrického vykurovacieho hniezda.

Schéma meracej aparatury je na obrázku 4.2.



Obr. 4.2 Schéma aparatury

Postup práce:

Zostavte aparaturu podľa schémy na obrázku 4.2.

Do banky nalejte skúmaný roztok. Aby bolo možné merať priamo teplotu varu roztoku, teplomer musí byť zatopený počas celého merania. Otvorením ventilu spustíte prietok chladiacej vody, aby mohlo dochádzať ku kondenzácii už vypareného rozpúšťadla. Spustite ohrev vo vykurovacom hniezde a počkajte kým nenastane var roztoku. Uistite sa, že vyparované rozpúšťadlo kondenzuje a steká naspäť do roztoku, aby zostalo zachované konštantné zloženie roztoku. Teplota varu roztoku sa stanoví odčítaním teploty na teplomery v čase, keď v banke nastáva var a teplota na teplomery sa ustáli na konštantnej hodnote. Po odčítaní teploty varu roztoku vypnite ohrev a po chvíli aj chladenie. Pre presnejšie získanie hodnoty teploty varu meranie opakujte viackrát. Meranie teploty varu opakujte pre všetky tri koncentrácie roztokov.

ZÁVER