

# Stanovení dynamické a kinematické viskozity

## TEORIE

Všechny kapaliny jsou nedokonale tekuté, protože při vzájemném pohybu jejich částí překonávají určité vnitřní tření. To je závislé na teplotě, chemické povaze látky a koncentraci roztoku. Dynamická viskozita  $\eta$  tedy udává odpor, který kladou dvě sousední vrstvy kapaliny vzájemnému pohybu. Jednotkou je  $\text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s} = \text{Pa} \cdot \text{s}$ .

### ➤ DYNAMICKÁ VISKOZITA

Höpplerův viskozimetr patří mezi tělískové viskozimetry. Podstatnou částí tohoto viskozimetru je měřicí trubice, ve které po naplnění kapalinou měříme dobu pádu kuličky. Při ustálené rychlosti kuličky a za předpokladu laminárního proudění kapaliny je proto viskozita definována vztahem:

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 g (\rho_1 - \rho_2)}{v},$$

kde  $r$  je poloměr kuličky,  $g$  je gravitační zrychlení,  $\rho_1$  je hustota kuličky,  $\rho_2$  je hustota kapaliny,  $v$  je rychlost pádu kuličky.

Vzhledem k tomu, že při vlastním měření jsou některé parametry konstantní (např. těsnost kuličky v trubici, její poloměr, sklon trubice, dráha atd.), můžeme tyto parametry zahrnout do konstanty přístroje  $k$ , která je potom rovna:

$$k = \frac{\eta}{(\rho_1 - \rho_2)t},$$

kde  $t$  je čas pádu kuličky ve srovnávací kapalině (destilovaná voda), a hodnoty dalších veličin pro naše konkrétní měření jsou následující:  $\rho_1 = 2247,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $\eta$  je dynamická hustota vody odečtená z tabulky a  $\rho_2$  je hustota vody odečtená z tabulky.

Výpočet dynamické viskozity měřeného vzorku je poté:

$$\eta = k (\rho_1 - \rho_2) t,$$

kde  $t$  je čas pádu kuličky v měřené kapalině,  $\rho_1 = 2247,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $\rho_2$  je hustota kapaliny stanovená pyknometricky,  $k$  je konstanta viskozimetru vypočítaná pomocí předchozího vzorce.

### ➤ PYKNOMETRIE

Pro zjištění dynamické viskozity kapaliny potřebujeme znát její hustotu. K měření hustoty kapaliny se používá pyknometr. Je to nádobka, která pojme vždy stejný objem kapaliny. Při plnění pyknometru dbáme na to, aby byl sloupec kapaliny v celé kapiláře zátky, ale nahoře nesmí být kapka. Správné naplnění pyknometru je klíčové pro dosažení správných výsledků. Hustota neznámého vzorku se vypočítá na základě poměru hmotností s kapalinou o známé hustotě, v našem případě destilované vody. Vztah pro výpočet hustoty neznámé kapaliny:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} \rho_s,$$

kde  $\rho_s$  je hustota srovnávací kapaliny ( $\rho_s$  pro vodu při dané teplotě odečteme z tabulky),  $m_1$  je hmotnost pyknometru,  $m_2$  je hmotnost pyknometru naplněného stanovovanou kapalinou a  $m_3$  je hmotnost pyknometru naplněného srovnávací kapalinou (vodou).

### ➤ KINEMATICKÁ VISKOZITA

Podíl dynamické viskozity a hustoty kapaliny se nazývá kinematická viskozita  $\nu$ . Proto je možné při znalosti hustoty kapaliny z dynamické viskozity vypočítat kinematickou viskozitu a naopak. Zjišťování hodnoty kinematické viskozity probíhá pomocí měření na kapilárních viskozimetrech. Její jednotkou je  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a lze vyjádřit vztahem:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \leftrightarrow \quad \eta = \nu \cdot \rho$$

Zjednodušený výpočet kinematické viskozity pro konkrétní měření je následující:

$$\nu = k \cdot t,$$

kde  $t$  je čas průtoku mezi dvěma ryskami,  $k$  je konstanta viskozimetru deklarovaná výrobcem (v našem případě  $k = 0,005045 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ).

Tabulka pro odečet viskozity a hustoty destilované vody (do protokolu neuvádějte)

Teplota (°C)	Dynamická viskozita (mPa · s)	Hustota (kg · m <sup>-3</sup> )
18	1,0530	998,625
19	1,0270	998,435
20	1,0020	998,234
21	0,9779	998,022
22	0,9548	997,801
23	0,9325	997,569
24	0,9111	997,327
25	0,8930	997,075

### ÚKOL

- Stanovte hustoty všech připravených roztoků a měření na Höpplerově a Ubbelohdeho viskozimetru stanovte jejich dynamickou a kinematickou viskozitu.

### POMŮCKY A CHEMIKÁLIE

- Ubbelohdeho viskozimetr; Höpplerův viskozimetr; teploměr; 5× 50ml odměrná baňka; 2× kádinka; 2× dělená pipeta (25 ml); 2× pipetovací nástavec; stojan; pyknometr; fén; lihobenzín; ether; zásobní roztok glukózy (2,5 mol · dm<sup>-3</sup>).

## POSTUP

### ➤ DYNAMICKÁ VISKOZITA

- Ze zásobního roztoku glukózy ( $2,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) připravíme řadu 5 roztoků o koncentracích 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 a  $2,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  do 50ml odměrných baněk. Před odebráním potřebného množství zásobního roztoku tento roztok důkladně promícháme!
- **Pyknometricky stanovíme hustotu** všech roztoků glukózy. Pokud je pyknometr vlhký, vymyjeme jej lihobenzínem a etherem a vysušíme fénem. Suchý pyknometr zvážíme. Veškeré vážení provádíme na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Pyknometr plníme po okraj, aby při zazátkování byl přebytek kapaliny vytlačen kapilárou ven – poté jej zvenku osušíme buničitou vatou. Takto pyknometr naplníme srovnávací kapalinou (destilovaná voda) a zjistíme hmotnost  $m_3$ . Kapalinu vylijeme, pyknometr vymyjeme další měřenou kapalinou a znovu naplníme. Vážením zjistíme hmotnost  $m_2$ . Stanovení hmotnosti  $m_2$  provedeme pro všechny roztoky glukózy.

- Pomocí Höpplerova viskozimetru **stanovíme dynamickou viskozitu** vody a roztoků glukózy. Na začátku měření se přesvědčíme, že je viskozimetr zaaretován stavěcím šroubem (1). Odšroubujeme vrchní kovový uzávěr (2). Viskozimetr vymyjeme destilovanou vodou a poté měřeným vzorkem, a to tak, že jej naplníme kapalinou, odaretujeme vytažením šroubu ze zářky, otočíme a vylijeme do kádinky. Poté otočíme viskozimetr zpět do výchozí polohy, naplníme až po okraj měřenou kapalinou a zašroubujeme víčko. V uzavřeném viskozimetru by neměly být žádné bubliny! Poté otočíme viskozimetr o  $180^\circ$  a opět zaaretujeme. Pozorujeme pád



kuličky (3) mezi dvěma vyznačenými ryskami (4,5) a měříme dobu pádu. Pro každou měřenou kapalinou (destilovaná voda, všechny roztoky glukózy) měření provedeme 2×. Po měření vždy necháme kuličku dopadnout až na dno trubice, kde by měla zůstat i při vylévání měřené kapaliny. Po ukončení práce s viskozimetrem jej několikrát důkladně promyjeme destilovanou vodou.

## ➤ **KINEMATICKÁ VISKOZITA**

- Ze zásobního roztoku glukózy ( $2,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) připravíme řadu 5 roztoků o koncentracích 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 a  $1,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  do 50ml odměrných baněk. Před odebráním potřebného množství zásobního roztoku tento roztok důkladně promícháme!
- Pomocí Ubbelohdeho viskozimetru **stanovíme kinematickou viskozitu** vody a roztoků glukózy. Viskozimetr připevníme na stojan a nalijeme do něj nejširší trubici (1) měřený vzorek, tak aby byla hladina kapalina ve spodní baňce mezi dvěma ryskami (2). Na trubici s horní baňkou (3) nasadíme pipetovací nástavec, ucpeme nejtenčí trubici (4) prstem a začneme nasávat kapalinu. Kapalinu nasajeme nad nejvyšší rysku (5). Poté uvolníme obě trubice a necháme vzorek volně vytékat. Měříme čas průchodu mezi dvěma ryskami (5,6). Pro každou měřenou kapalinu (destilovaná voda, všechny roztoky glukózy) měření provedeme 2×. Po ukončení práce s viskozimetrem jej několikrát důkladně promyjeme destilovanou vodou.



## **PROTOKOL**

- Pyknometrie: navážky, výpočty a stanovené hustoty všech vzorků.
- Höpplerův viskozimetr: naměřené časy, průměrné hodnoty, výpočet konstanty viskozimetru (včetně jednotek); stanovené dynamické viskozity všech vzorků.
- Graf závislosti dynamické viskozity na koncentraci roztoku glukózy.
- Ubbelohdeho viskozimetr: naměřené časy, průměrné hodnoty a stanovené kinematické viskozity všech vzorků.
- Graf závislosti kinematické viskozity na koncentraci roztoku glukózy.