

## Úloha č. 8: Měření viskozity kapalin

## Úkol:

1. Změřte viskozitu destilované vody
2. Změřte viskozitu technického lihu

Höpplerův viskozimetr patří mezi tzv. tělískové viskozimetry. U tohoto druhu viskozimetrů se viskozita určuje z rychlosti pádu tělíška (kuličky) v dané kapalině.

Na kuličku padající v kapalině působí tři síly: tíha  $G$ , vztlak  $F_A$  a odpor prostředí  $F_S$ . Pro kuličku u hustotě  $\rho_K$  a poloměru  $r$  platí:

$$G = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_K g \quad (1)$$

$$F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_V g \quad (2)$$

kde  $F_A$  je Archimedova síla,  $\rho_V$  je hustota vzorku kapalina,  $\rho_K$  je hustota padající kuličky a  $g$  je tíhové zrychlení.

Pro odpor prostředí platí:

$$F_S = 6\pi\eta r v \quad (3)$$

kde  $F_S$  je Stokesova síla,  $\eta$  je dynamická viskozita vzorku a  $v$  je rychlost pádu.

Mezi ryskami viskozimetru se kulička pohybuje pohybem rovnoměrným přímočarým, podle 1. Newtonova zákona tedy platí

$$G - F_A - F_S = 0 \quad (4)$$

Po dosazení:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_K g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_V g - 6\pi\eta r v = 0 \quad (5)$$

odtud

$$\eta = \frac{2r^2(\rho_K - \rho_V) \cdot g}{9v} \quad (6)$$

Provedeme-li experiment tak, že necháme při měření kuličku proběhnout vždy stejnou dráhu a měříme čas  $t$ , za který tuto dráhu urazí, dostaneme

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9s} (\rho_K - \rho_V) \cdot t \quad (7)$$

Konstantu  $K = \frac{2r^2g}{9s}$  nazýváme konstanta kuličky. Je tedy  $\eta = K(\rho_K - \rho_V) \cdot t$ . Měření s tělískovým viskozimetrem využívá srovnávací metody, kde je měřena doba pádu kuličky ve srovnávací kapalině (vodě) o známé viskozitě a v kapalině, jejíž viskozitu chceme stanovit. Je tedy

$$\eta_1 = K \cdot t_1(\rho_K - \rho_{V1}) \qquad \eta_2 = K \cdot t_2(\rho_K - \rho_{V2}) \qquad (8)$$

odtud

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{t_1(\rho_K - \rho_{V1})}{t_2(\rho_K - \rho_{V2})} \qquad (9)$$

a odtud plyne

$$\eta_2 = \eta_1 \frac{t_2(\rho_K - \rho_{V2})}{t_1(\rho_K - \rho_{V1})} \qquad (10)$$

### Orientační postup

- Zkontrolujeme, zda základní deska viskozimetru je umístěna vodorovně (vodováha na přístroji). Pokud ne, upravíme jeho polohu pomocí stavěcího šroubu na noze.
- Ujistíme se, že viskozimetr je zaaretován. Odaretování se provádí vytažením šroubu se zářezem, aretuje se zasunutím zpět do kotvení.
- Odšroubujeme horní uzávěr, čistou a suchou spádovou trubici zcela naplníme studovanou kapalinou a vložíme vhodnou kuličku (dle údajů výrobce). Viskozimetr uzavřeme horním uzávěrem (viz obr. níže). Přebytečná kapalina vyteče.
- Změříme dobu, za kterou horní okraj kuličky spadne od horní rysky trubice viskozimetru k dolní. Pak viskozimetr odaretujeme, tělo viskozimetru otočíme o  $180^\circ$  kolem vodorovné osy a opět zaaretujeme. Opakujeme měření (celkem nejméně třikrát).
- Viskozimetr otevřeme, jeho obsah vylejeme do kádinky (pozor na padající kuličku) a viskozimetr důkladně propláchneme srovnávací kapalinou o známé viskozitě (např. destilovanou vodou).
- Trubicí viskozimetru naplníme srovnávací kapalinou a měření opakujeme.
- Po skončení práce vypustíme srovnávací kapalinu z viskozimetru. Pokud srovnávací kapalinou nebyla destilovaná voda, viskozimetr důkladně vypláchneme. Pak jej necháme otevřený vyschnout.
- Podle údajů výrobce si zapíšeme hustotu použité kuličky.
- Stanovíme hustotu vzorku.
- Výpočet podle vztahu (10).

- |   |       |  |
|---|-------|--|
| A | _____ | horní deska                                  |
| B | _____ | horní uzávěr                                 |
| C | _____ | horní, resp. spodní ryska na spádové trubici |
| D | _____ | spádová trubice                              |
| E | _____ | spodní deska                                 |
| F | _____ | připojení termostatu                         |
| G | _____ | spodní uzávěr                                |
| H | _____ | noha   |
| I | _____ | stavěcí šroub                                |
| J | _____ | vodováha                                     |
| K | _____ | kotvení šroubu se zářezem                    |
| L | _____ | šroub se zářezem                             |

