

Úloha č. 4: Měření hustoty, viskozity a povrchového napětí kapalin

Datum: 3.5.2005

Vypracoval: Petr Novotný

Podmínky: $t=23^{\circ}\text{C}$, $p=733,8\text{torr}$, $\varphi=75\%$

Počítáme s tíhovým zrychlením $g=9,81\text{ms}^{-2}$

1. Měření viskozity vody pomocí Mariottovy láhve

Změříme čas, za který bylo z Mariottovy láhve vypuštěno množství vody, které zvážíme, abychom mohli zjistit její objem (počítáme s hustotou vody $\rho=1000\text{kgm}^{-3}$). Hmotnost vody byla 33,141g, čas, za který vytekla, byl 180,26s.

Dynamickou viskozitu η vypočítáme podle vztahu

$$\eta = \frac{\pi R^4 p t}{8VL}$$

kde R je poloměr kapiláry, L je délka kapiláry, V je objem vody, $R=0,57\text{mm}$, $L=165\text{mm}$, $V=m/\rho$, p je hydrostatický tlak, $p=\Delta h\rho g$, kde Δh je výškový rozdíl mezi kapilárou a trubicí vedoucí z láhve, $\Delta h=h_1-h_2$, obě hodnoty změříme katetometrem: $h_1=81,5\text{mm}$, $h_2=14,3\text{mm}$

Po upravení dostaneme vztah

$$\eta = \frac{\pi R^4 g \rho^2 t (h_1 - h_2)}{8Lm}$$

Po dosazení výše uvedených hodnot dostaneme $\eta=0,9 \cdot 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$

2. Měření viskozity lihu Englerovým viskozimetrem

Měříme dobu, za kterou z Englerova viskozimetru vyteče stanovené množství lihu a vody, tím dostaneme viskozitu v Englerových stupních E , kinematickou viskozitu získáme z Voegelova vzorce

$$\nu = 10^{-6} E 7,6^{\left(1 - \frac{1}{E^3}\right)}$$

kde $E = \frac{t_{\text{lihu}}}{t_{\text{vody}}}$ podíl času, za který vyteče lih, a času, za který vyteče voda.

V našem případě $t_{\text{lihu}}=64,70\text{s}$, $t_{\text{vody}}=57,95\text{s}$

Dosazením dostaneme $E=1,165$, $\nu=2,45 \cdot 10^{-6}\text{m}^2\text{s}^{-1}$

3. Měření hustoty lihu pyknometrem

Pyknometr je nádoba o známém objemu, která má v uzavěru kapiláru, která odvádí přebytečné množství kapaliny při zavírání pyknometru.

Pro hustotu lihu platí

$$\rho_{\text{lihu}} = (\rho_{\text{vody}} - \rho_v) \frac{m_{\text{lihu}} - m}{m_{\text{vody}} - m} + \rho_v$$

kde m je hmotnost prázdného pyknometru, m_{lihu} je hmotnost pyknometru naplněného lihem, m_{vody} je hmotnost pyknometru naplněného vodou, ρ_v je hustota vzduchu ($\rho_v=1,153\text{kgm}^{-3}$), ρ_{vody} je hustota vody ($\rho_{\text{vody}}=1000\text{kgm}^{-3}$), ρ_{lihu} je neznámá hustota lihu.

Hmotnosti dostaneme zvážením prázdného pyknometru, pyknometru neplněného vodou a pyknometru naplněného lihem:

$m=17,138\text{g}$

$m_{\text{vody}}=41,891\text{g}$

$m_{\text{lihu}}=38,175\text{g}$

Po dosazení dostaneme $\rho_{\text{lihu}}=850,05\text{kgm}^{-3}$

4. Měření hustoty lihu Mohrovými vážkami

Mohrovy vážky jsou nerovnoramenné váhy, na jejichž jednom konci je zavěšeno ponorné tělísko.

Jsou vyvážovány závažími o hmotnostech v poměru 100/10/1, která lze zavěsit na rameno rozdělené na 10 dílků. Nejprve ponoříme ponorné těleso do kapaliny o známé hustotě (voda,

$\rho=1000\text{kgm}^{-3}$) a vyvážíme, poté jej ponoříme do lihu, jehož hustotu chceme zjistit, a vyvážíme. Hustotu lihu získáme ze vztahu

$$\rho_{\text{lihu}} = \rho_{\text{vody}} \frac{M_{\text{lihu}}}{M_{\text{vody}}}$$

kde M jsou momenty závaží vzhledem k ose otáčení pro jednotlivé kapaliny. Vzhledem k tomu, že tyto momenty jsou v poměru, nemusíme hmotnosti závaží ani délky ramene závaží vyjadřovat pomocí základních jednotek a stačí počítat s dílky.

Naměřili jsme tyto hodnoty: $M_{\text{vody}}=1070$, $M_{\text{lihu}}=923$

Po dosazení dostaneme $\rho_{\text{lihu}}=862,62\text{kgm}^{-3}$

5. Měření povrchového napětí vody a lihu odtrhací metodou

Měříme pomocí torzních vah, na jejichž ramenu je zavěšena speciální hrazdička. Nejprve vyvážíme hrazdičku tak, aby se volně vznášela těsně pod hladinou. Poté zvyšujeme odtrhovou sílu až do okamžiku odtržení hrazdičky.

Povrchové napětí získáme ze vztahu

$$\sigma = \frac{g(m_2 - m_1)}{2l}$$

kde l je délka hrazdičky ($l=13,6\text{mm}$), g je tíhové zrychlení, m_1 je údaj na vahách v okamžiku, kdy je hrazdička těsně pod hladinou, m_2 je údaj na vahách v okamžiku odtržení.

Pro vodu i líh měříme třikrát:

| <i>voda</i> | | | <i>líh</i> | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| <i>m_1/mg</i> | <i>m_2/mg</i> | <i>σ/Nm^{-1}</i> | <i>m_1/mg</i> | <i>m_2/mg</i> | <i>σ/Nm^{-1}</i> |
| 54 | 275 | 0,080 | 74 | 122 | 0,017 |
| 48 | 279 | 0,083 | 57 | 122 | 0,023 |
| 76 | 281 | 0,074 | 61 | 130 | 0,025 |

Průměrné hodnoty jsou $\sigma=0,079\text{Nm}^{-1}$ pro vodu a $\sigma=0,022\text{Nm}^{-1}$ pro líh