

Úloha 14: Stanovení dynamické viskozity Höpplerovým viskozimetrem

Pomůcky

Höpplerův viskozimetr, termostatická lázeň, teploměr, válec naplněný glycerinem, hustoměr

Úkol

Stanovte závislost dynamické viskozity glycerinu η na teplotě t pomocí Höpplerova viskozimetru.

Dílčí úkoly

1. Změřte hustotu ρ_k a teplotu t_k glycerinu ve válci.
2. Změřte dobu pohybu kuličky ve viskozimetru pro teploty od 30 °C do 60 °C po 5 °C.
3. Graficky znázorněte měřené hodnoty závislosti $\eta = f(t)$.
4. Předpokládejte teoretickou exponenciální závislost $\eta(t) = \eta_0 e^{-kt}$. Logaritmujte vztah a určete konstanty k a η_0 lineární regresí. Po nalezení konstant přidejte do grafu z předchozího úkolu křivku $\eta(t) = \eta_0 e^{-kt}$.
5. Dosad'te do nalezeného teoretického vztahu teplotu t_k z dílčího úkolu 1 a porovnejte hodnotu výsledné dynamické viskozity s výsledkem měření v úloze 13.

Poznámky k měření

- Válec naplněný glycerinem najdete spolu s hustoměrem a teploměrem u úlohy 13.
- Termostatickou lázeň naplňte vodou o teplotě nižší než 30 °C. Na teploměru termostatu nastavte měřicí teplotu (začněte na 30 °C). Po dosažení teploty překlopte viskozimetr a změřte dobu průchodu kuličky mezi krajními ryskami. Následně zvýšte teplotu o 5 °C a měření opakujte až do teploty 60 °C.
- Dynamickou viskozitu η_{t_i} pro danou teplotu t_i je třeba vypočítat vždy z naměřeného času τ_{t_i} podle vztahu, který udává výrobce:

$$\eta = K (\rho_t - \rho_k) \tau .$$

- Hustotu kuličky ρ_t a konstantu K uvádí výrobce: $\rho_t = 7710 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $K = 0,662 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
- Logaritmování vztahu $\eta(t) = \eta_0 e^{-kt}$ vede na lineární vztah $\ln \eta = \ln \eta_0 - kt$.

Poznámky a návod k výpočtu nejistot

- Relativní maximální chyba dynamické viskozity je pro tento typ viskozimetru 2 %.
- Výrobce zaručuje platnost vztahu $\eta = K (\rho_t - \rho_k) \tau$, je-li čas průchodu kuličky τ větší než 30 s. Nejistoty má tedy smysl stanovovat pouze pro teploty, kdy je tato podmínka splněna.
- Nejistoty pro koeficienty η_0 a k se neurčují.

Podněty k diskusi

- Dynamická viskozita glycerinu η je tabulkovou hodnotou. V tabulkách je uvedena vždy pro určitou teplotu (zpravidla 20 °C). Dosad'te tuto teplotu do nalezeného teoretického vztahu a porovnejte. Diskutujte vliv koncentrace glycerinu.

Poznámka: Glycerin je v tabulkách často uváděn pod názvem glycerol.

- Hustota glycerinu s rostoucí teplotou též klesá. Diskutujte vliv tohoto jevu na přesnost měření.

Pomůcka: Zjistěte, jak se hustota změní v intervalu měřených teplot. Odhadněte relativní chybu rozdílu hustot $m_{r\Delta\rho}$ a porovnejte s relativní maximální chybou dynamické viskozity od výrobce, případně s relativní chybou z jednorázového měření času.