

## Vaja 22: Viskoznost

Matevž Demšar

Januar 2024

**Opis.** Pri vaji smo merili viskoznost tekočine z opazovanjem vrtenja valja v tekočini.

**Uvod.** Viskoznost tekočine lahko izmerimo tako, da vanjo potopimo koaksialni viskozimeter in ga zavrtimo s konstantnim navorom. Strižne sile v tekočini bodo to vrtenje ustavljale, dokler se kotna hitrost viskozimetra ne ustali. Teda j lahko koeficient viskoznosti izračunamo po formuli:

$$\eta = \frac{mgr_g}{k\omega(\infty)}$$

Koeficient  $k$  lahko izrazimo z dimenzijami viskozimetra, in sicer:  $k = 2\pi h \frac{R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2}$ , kjer je  $h$  višina, do katere potopimo viskozimeter,  $R_1$  in  $R_2$  pa notranji in zunanji radij viskozimetra. Za izračun navora potrebujemo ročico  $r_g$ . Kotno hitrost izmerimo tako, da na os pritrdimo kolo, v katerega so na enakomernih presledkih narejene zareze. Z optičnimi vrati in merilnikom LoggerPro lahko izmerimo hitrost premikanja zareza, nato pa jo delimo z radijem kolesa  $r_k$ , da dobimo kotno hitrost.

$$h = 10 \text{ mm}$$

$$R_1 = 21,9 \text{ mm}$$

$$R_2 = 30,0 \text{ mm}$$

$$k = 4,48 \times 10^{-5} (1 \pm 0,133) \text{ m}^3$$

$$r_g = 27,2 \text{ mm}$$

$$r_k = 43,0 \text{ mm}$$

**Meritve.** Navor na viskozimeter ustvarimo tako, da okoli na njegovo os pritrjenega kolesa ovijemo vrv, jo napeljemo preko škipca in nanjo obesimo utež.

Sila gravitacije na utež bo ustvarjala konstantno silo na vrv in vrtela viskozimeter z navorom  $M = mgr_g - M_{trenja}$ . Kotno hitrost izrazimo z  $\omega = \frac{x}{r_k \Delta t}$  in izračunamo njeno povprečno vrednost. Ker se kotna hitrost ustali šele po nekaj sekundah, proti koncu merjenja pa utež zadane ob tla, prve in zadnje šestine meritev ne upoštevamo. Izmerimo lahko tudi kotni pospešek  $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ , a pričakujemo, da bo njegova vrednost majhna.

Poskus ponovimo večkrat, in sicer z različnimi utežmi: Izmeriti želimo tudi na-

$m$	$\overline{\omega} [s^{-1}]$	$\overline{\alpha} [s^{-2}]$
$m_1 = 5 \text{ g}$	10,37	0,32
	10,37	0,32
	9,80	-0,60
$m_2 = 10 \text{ g}$	20,84	0,26
	21,13	-1,24
	20,57	0,62
$m_3 = 15 \text{ g}$	29,01	-0,48
	29,16	-0,29
	29,10	0,76

vor trenja in vztrajnostni moment viskozimetra, zato opravimo meritev kotnega pospeška, ko viskozimeter ni potopljen v tekočino.

$$\alpha = 0,16 \text{ s}^{-2}$$

$$m = 5 \text{ g}$$

**Izračuni.**

$$\eta = \frac{mgr_g}{k\overline{\omega}}$$

	$\eta$
$m_1 = 5 \text{ g}$	4,54
	4,54
	4,80
$m_2 = 10 \text{ g}$	4,52
	4,46
	4,58
$m_3 = 15 \text{ g}$	4,87
	4,84
	4,85

Vztrajnostni moment viskozimetra lahko izračunamo s pomočjo formule

$$(J + mr_g^2)\alpha = mgr_g - \eta k\omega$$

V odsotnosti viskozne tekočine lahko drugi člen zanemarimo in izrazimo vztrajnostni moment:

$$J = \frac{mgr_g}{\alpha} - mr_g^2$$

$$J = mr_g\left(\frac{g}{\alpha} - r_g\right)$$

$$J = 0,013 \text{ kgm}^2$$

Navor trenja lahko tedaj izračunamo po formuli  $M_{tr} = J \cdot \alpha_{tr}$ . Vrednost  $\alpha_{tr}$  izmerimo tako, da viskozimeter enostavno zavrtimo in merimo kotni pojemek.

$$\alpha = -5,3 \text{ s}^{-2}$$

$$M_{tr} = 0,07 \text{ Nm}$$

**Zapis rezultata z napako.** Do merske napake je v formuli  $\eta = \frac{mgr_g}{k\omega(\infty)}$  lahko prišlo pri vrednostih  $m, r_g, k$  in  $\omega(\infty)$ .

$$\frac{\Delta m}{m} = \pm 0,02$$

$$\frac{\Delta r_g}{r_g} = \pm 0,004$$

$$\frac{\Delta k}{k} = \pm 0,133$$

$$\frac{\Delta \omega(\infty)}{\omega(\infty)} = \pm 0,2$$

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \pm 0,36$$

$$\eta = 4,7 \pm 1,7$$

**Zaključek.** Izmerili smo koeficient viskoznosti tekočine s pričakovanim odstopanjem  $\pm 36\%$ .