

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
DREVÁRSKA FAKULTA

Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky



Predmet: Aplikovaná fyzika v POB

Laboratórna úloha: 2 Určovanie dynamickej viskozity oleja Höpplerovým viskozimetrom

Akad. rok:

Dátum:

Meno účastníka skupiny	Úloha	Emócie/dojmy – hodnotenie práce (body)	Podiel člena v %	Hodnotenie
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		

2 Určovanie dynamickej viskozity oleja Höpplerovým viskozimetrom

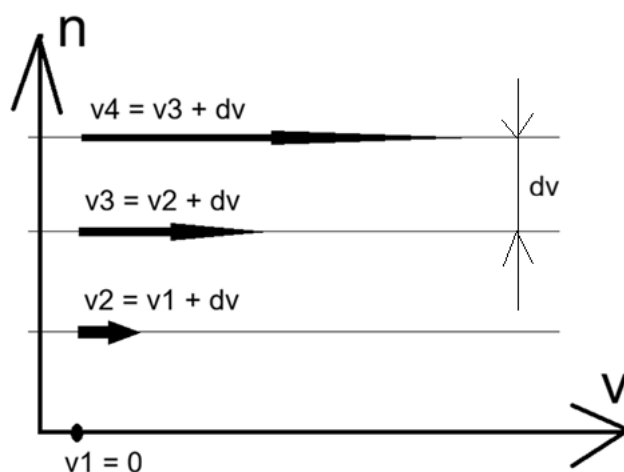
2.1 Teória

Pri laminárnom prúde skutočných kvapalín sa nepohybujú častice kvapaliny v celom priereze trubice rovnakou rýchlosťou. Pri prúde skutočných kvapalín sa uplatňujú kohézne sily, ktoré treba prekonať, ak sa majú navzájom posunúť dve blízke vrstvy kvapaliny. Preto dve susedné vrstvy, pohybujúce sa rôznymi rýchlosťami, pôsobia na seba na stykovej ploche tangenciálnym napätím τ , ktoré je priamoúmerné gradientu rýchlosti v smere kolmom na vektor rýchlosti (obr. 1).

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dn} \quad (1)$$

Konštanta úmernosti v tejto rovnici, charakteristická pre danú kvapalinu, sa nazýva **dynamická viskozita kvapaliny**. Dynamická viskozita η závisí od teploty kvapaliny a s rastúcou teplotou sa znižuje.

Jednotkou dynamickej viskozity v sústave SI je Pa·s (pascal sekunda).



Obr.1. Pohyb jednotlivých vrstiev skutočnej kvapaliny

Na meranie dynamickej viskozity možno využiť laminárne prúdenie kvapaliny (viskozimetre výtokové) alebo poznatok, že kvapaliny kladú v dôsledku vnútorného trenia odpor proti pohybu pevných telies (viskozimetre telieskové).

Na meranie viskozity je vytvorených niekoľko postupov. Jedným z najznámejších je meranie Stokesovou metódou. Stokesov viskozimeter tvorí priehľadná nádoba naplnená skúmanou kvapalinou. Do kvapaliny sa vloží vhodne zvolená guľôčka a meria sa čas pádu guľôčky v kvapaline medzi dvomi značkami so známou vzdialenosťou. Podmienkou je, že pohyb guľôčky musí byť medzi značkami rovnomerný a guľôčka sa nesmie pohybovať v blízkosti steny, takže rozmer nádoby musí byť výrazne väčší ako rozmer guľôčky.

Meranie viskozity Höpplerovým viskozimetrom je založené na podobnom princípe ako meranie viskozity Stokesovou metódou. Je tu však odstránený problém so zabezpečením rovnomerného pohybu guľôčky v kvapaline a problém, že rozmer guľôčky musí byť malý vzhľadom k polomeru nádoby s kvapalinou, v ktorej guľôčka padá. Höpplerov viskozimeter je schematicky znázornený na obr. 1.2. Pozostáva z presne vybrúsenej sklenenej rúrky sklonenej proti vertikále pod uhlom 10 stupňov. Do nej sa naleje meraná kvapalina a v nej meriame čas pádu kalibrovanej guľičky.

Meranie viskozity Höpplerovým viskozimetrom vychádza z rovnice z rovnováhy medzi tiažovou, vztlakovou a Stokesovou silou:

$$m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g + 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (2)$$

pri páde guľôčky polomeru r . Túto je možné upraviť na tvar:

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\eta} \cdot g \cdot r^2 \quad (3)$$

Odtiaľ

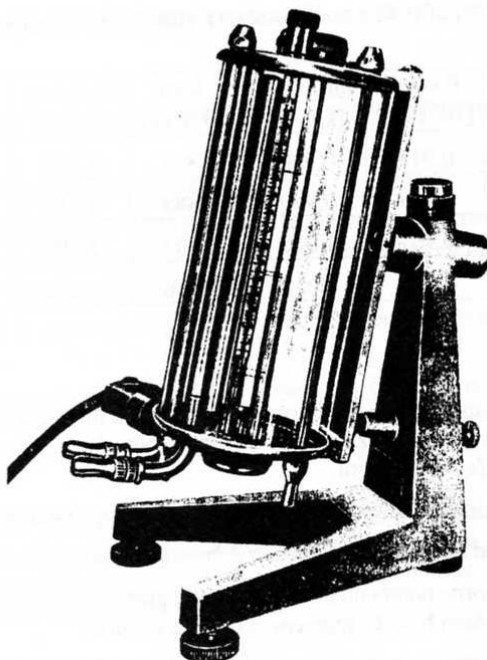
$$\eta = \frac{2}{9} \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot \frac{r^2 t}{s} \quad (4)$$

kde ρ_1 a ρ_2 sú postupne hustoty padajúcej guľôčky a meranej kvapaliny, v je rýchlosť pohybu guľôčky. Je samozrejmé, že pri meraní je potrebné vziať do úvahy ešte rozmery guľôčky, trubice a iné parametre zariadenia. Ak ale prepíšeme rovnicu (4) do tvaru

$$\eta = K \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot t \quad (5)$$

kde K je konštanta, ktorá sa u toho istého kalorimetra dá pre každú guľôčku experimentálne zistiť, postup merania bude veľmi jednoduchý. S továrenskými Höpplerovými viskozimetrami je dodávaná séria vopred okalibrovaných guľičiek, ktoré

sa používajú a pre konkrétne meranie vyberajú tak, že guľôčka padá vo viskozimetri čo najrovnomernejšie, rádovo od 30 do 200 sekúnd.



Obr. 2. Höpplerov viskozimeter

Viskozimeter používaný v laboratórnych cvičeniach na TU vo Zvolene je vybavený oceľovou guľôčkou s hustotou $\rho_1 = 8100 \text{ kg.m}^{-3}$ a olejom $\rho_2 = 760 \text{ kg.m}^{-3}$. Pre meranie viskozity bola v zmysle vyššie uvedeného spôsobu merania vybraná guľôčka s priemerom 15,560 mm. Konštanta K pre túto guľôčku je:

$$K = 1,11 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \quad (6)$$

Cieľ:

Cieľom úlohy je pochopiť proces trenia vo vnútri kvapalín a zákony, ktorým podlieha.

Pomôcky:

Höpplerov viskozimeter, stopky, transformátorový olej.

Pracovný postup:

1. Stopkami odmeriame 10 krát čas pádu guľôčky t medzi prvou a treťou značkou na trubici viskozimetra, ktoré uvedieme v tab. 1. Priemernú hodnotu času uvedieme v tab. 2.
2. Použitím vzťahu (5) vypočítame experimentálnu hodnotu dynamickej viskozity oleja η_E , kde za konštantu K dosadzujeme hodnotu podľa vzťahu (6) a za hustoty ρ_1 a ρ_2 použijeme hodnoty 8100 kg.m^{-3} a 760 kg.m^{-3} v poradí, ktorú uvedieme v tab. 2.

3. Určíme percentuálnu odchýlku PO (%) od tabuľkovej hodnoty $\eta_T = 0,12 \text{ Pa.s}$ pomocou vzťahu $PO = |\eta_E - \eta_T| \cdot 100\% / \eta_T$, ktorú rovnako uvedieme v tab. 2.

Kontrolné otázky:

A.

1. Prečo musí guľôčka vo viskozimetri padať pomaly?
2. Prečo musí guľôčka vo viskozimetri padať rovnomerne?

B.

1. Vypočítajte percentuálnu odchýlku medzi dynamickou viskozitou oleja zistenou podľa vzťahu (5) a jej tabuľkovou hodnotou $\eta_T = 0,12 \text{ Pa.s}$.

Vyhodnotenie:

Tab. 1. Časy pádu guľôčky medzi prvou a druhou značkou viskozimetra

Hodnota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t (s)										

Tab. 2. Priemerné hodnoty času pádu guľôčky (t), experimentálna hodnota dynamickej viskozity (η_E), teoretická hodnota dynamickej viskozity (η_T) a percentuálna odchýlka PO (%)

Parameter	t (s)	η_E (Pa.s)	η_T (Pa.s)	PO(%)
Priemer			0,12	