

# Viskozita kapalin

---

## Teorie

Viskozita je veličina charakterizující vnitřní tření, které při proudění vzniká uvnitř tekutin vzájemným silovým působením mezi částicemi. O ideální kapalině předpokládáme, že má nulové vnitřní tření. Skutečné kapaliny se od ideální kapaliny liší tím, že u nich při proudění dochází k přeměně části kinetické energie jednotlivých částic kapaliny v tepelnou energii. Kapaliny s vnitřním třením se označují jako viskózní (vazké).

Podle Newtonova zákona platí

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy},$$

kde  $\frac{dv}{dy}$  označuje gradient (růst) rychlosti ve směru kolmém na rychlost,  $\tau$  je tečné napětí a  $\eta$  se nazývá součinitel viskozity (vnitřního tření) nebo dynamická viskozita (vazkost). Uvedený vztah platí pro většinu kapalin, nazývají se newtonské tekutiny, Dynamická viskozita u nich nezávisí na gradientu rychlosti. Existují však také anomální tekutiny, u nichž je viskozita na gradientu rychlosti závislá. Takové kapaliny se nazývají nenewtonské.

Převrácená hodnota dynamické viskozity se nazývá tekutost

$$\varphi = \frac{1}{\eta}.$$

Podíl dynamické viskozity a hustoty kapaliny se označuje jako součinitel kinematické viskozity nebo kinematická viskozita (vazkost)

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}.$$

K měření viskozity se používají viskozimetry: Kapilární - Ostwaldův, Ubbelohdův, Tělískové, Rotační, Torzní, Vibrační, Plovákové.

V této úloze budeme měřit viskozitu kapalin pomocí rotačního viskozimetru. Principem společným všem typům rotačních viskozimetrů je měření momentu síly, který musí překonávat rotující těleso ponořené do kapaliny. Za ideálních podmínek pro velikost tohoto momentu platí:

$$M = k\omega\eta,$$

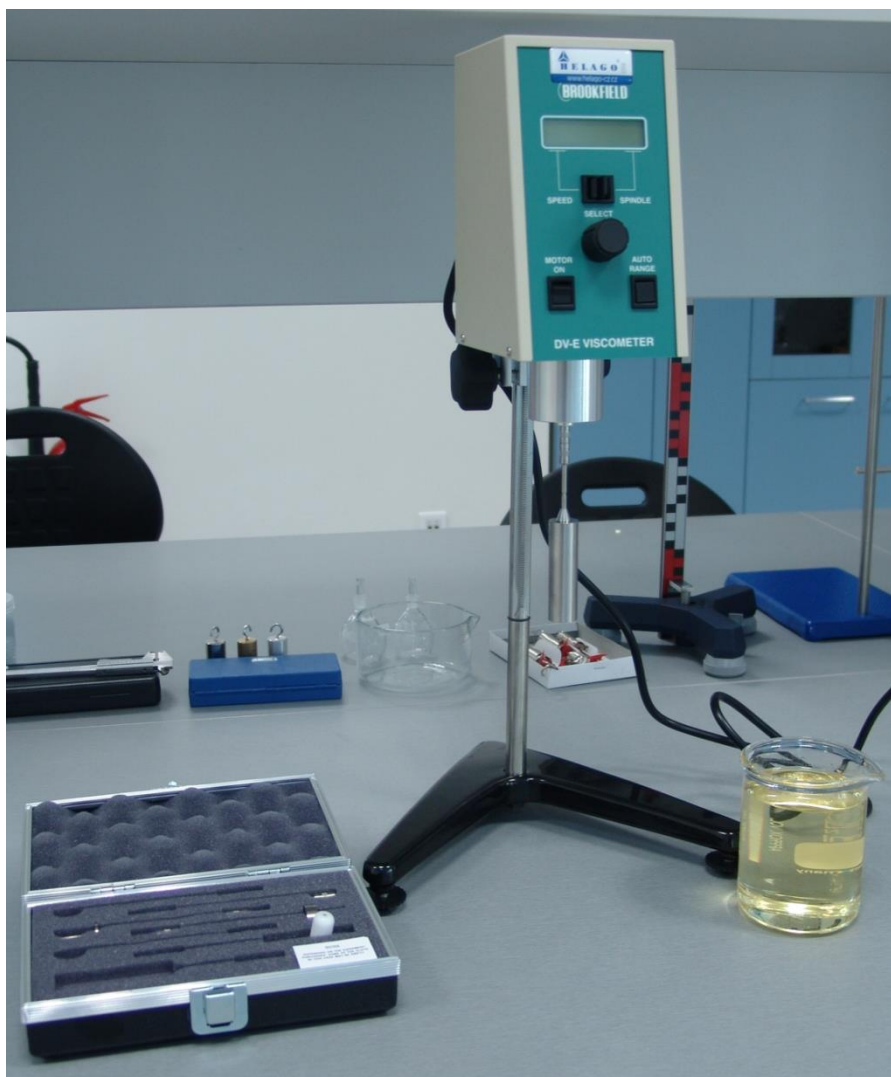
kde  $M$  je moment síly,  $\omega$  je úhlová frekvence rotujícího tělesa,  $\eta$  je dynamická viskozita a  $k$  je konstanta přístroje zahrnující především jeho geometrii. Pochopitelně, rotace tělesa musí být tak pomalá, aby nedocházelo k turbulentnímu proudění. Obvyklou geometrií je válcová nádoba, do které je ponořen rotující válec. Velkou výhodou rotačních viskozimetrů je to, že jsou v principu schopny měřit i viskozitu nenewtonských kapalin.

## Úkol

Určete viskozitu slunečnicového oleje a glycerinu v závislosti na teplotě.

### **Pomůcky:**

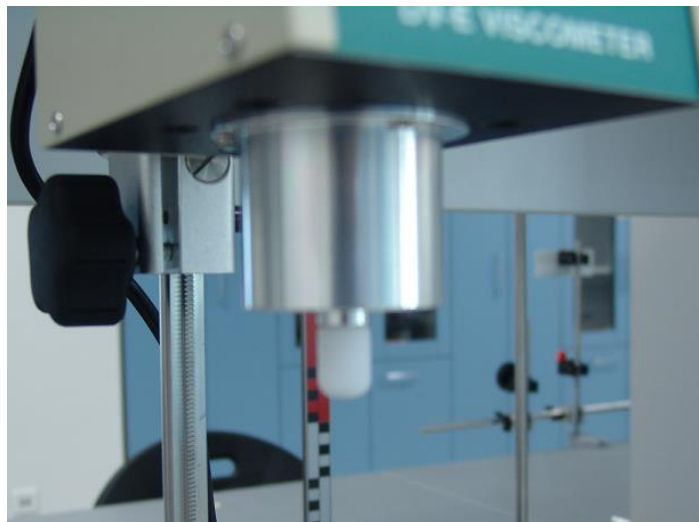
sestava na měření viskozity kapalin (rotační viskozimetr, sada vřeten, 600 ml tlustostěnná kádinka, viz obr. 2), digitální teploměr, plotýnka na vaření, slunečnicový olej, glycerin, hadřík, papírové ubrousky



**Obrázek 1: Sestava na měření viskozity kapalin**

### **Postup:**

- 1) Zkontrolujte sestavu podle obrázku 1. Ujistěte se, že máte všechny díly, tzn. sadu vřeten, rotační viskozimetr, kádinku a měřené kapaliny.
- 2) Ustavte rotační viskozimetr do vodorovné polohy. Vodorovná poloha se nastaví za použití tří nivelačních šroubů v podstavci. Nastavte vodorovnou polohu tak, aby nivelační bublina (na horní straně přístroje) byla ve středu kruhu.
- 3) Odšroubujte ochranný kryt z otočného čepu. **Nezapínejte viskozimetr vybavený ještě ochranným krytem!**



**Obrázek 2: Umístění ochranného krytu otočného čepu**

- 4) Přesvědčte se, že síťový vypínač na zadní straně přístroje je v pozici vypnuto (0). Připojte síťový kabel do zásuvky.
- 5) Přepněte síťový vypínač do pozice ON (zapnuto) a vyčkejte, dokud se na displeji neobjeví nápis, viz obrázek 3. Na prvním řádku vidíte jednotku viskozity  $mPa \cdot s$ . Za tímto údajem se bude během měření ukazovat naměřená hodnota. Na druhém řádku je zapsána rychlost otáčení vřetena (10 otáček za minutu), stav otáčení vřetena (OFF – vypnuto), symbol %, za nímž se objeví aktuální procentuální torze vřetena při nastavené rychlosti. Symbol S61 označuje právě použité vřeteno. Hodnoty na obrázku 3 se mohou od hodnot, které vidíte, lišit. Přístroj si pamatuje poslední používané nastavení.



**Obrázek 3: Detail přední desky rotačního viskozimetru**

- 6) Vyberte vřeteno podle kapaliny, kterou budete měřit (viz tabulka 1). Označení vřetena naleznete na závitě vřetena.

**Tabulka 1: Vřetena vhodná pro měření viskozity daných kapalin**

| Kapalina          | Vřeteno | Symbol |
|-------------------|---------|--------|
| Slunečnicový olej | 61      | S61    |
| Glycerin          | 63      | S63    |

- 7) Jednou rukou lehce nadzvedněte a podržte spojovací (otočný) šroub. Druhou rukou pozvolna přišroubujte vřeteno. Pamatujte, že vřeteno a spojka mají levý závit.
- 8) Zadejte do přístroje kód vřetena následujícím způsobem:
  - a. Přepínač mezi polohami SPEED, neutrální a SPINDLE přepněte do pozice SPINDLE.
  - b. Otáčejte knoflíkem SELECT dokud se na displeji neobjeví symbol daného vřetena.
  - c. Přepínač přepněte do neutrální polohy.
- 9) Navolte na přístroji rychlost 50 otáček za minutu následujícím způsobem:
  - a. Přepínač přepněte do pozice SPEED.
  - b. Otáčejte knoflíkem SELECT dokud se na displeji neobjeví 50.
  - c. Přepínač přepněte do neutrální polohy.
- 10) Za použití otočného šroubu na stojanu vysuňte přístroj do nejvyšší možné polohy. Tato poloha je označena. **Nevysouvejte přístroj výše, neboť by spadl ze stojanu.**
- 11) Kádinku s kapalinou, jejíž viskozitu měříme, postavte na podstavec.
- 12) Spouštějte rotační viskozimetr po stojanu dolů. **Nesmí dojít k bočnímu nárazu na vřeteno!** Ponořte a vycentrujte (posunutím kádinky) vřeteno v měřeném roztoku dokud hladina kapaliny nebude sahat po drážku vyznačující ponor, vyrytou do hřídele vřetena.
- 13) Zapněte rotaci vřetena přepnutím tlačítka MOTOR ON do horní polohy. Vřeteno se nyní otáčí a místo nápisu OFF se objeví nápis RPM (rotations per minute).
- 14) Vyčkejte, dokud se hodnoty neustálí (přibližně 30 s).
- 15) **Pro dosažení maximální přesnosti je třeba se vyhnout údajům pod 10% torze vřetena. Pokud se na displeji zobrazuje nižší procentuální hodnota, je třeba nastavit vyšší rychlost otáčení vřetena.** Nastavení rychlosti lze provádět při spuštěném otáčení vřetena, a to podle návodu v bodě 9.
- 16) Opište naměřené hodnoty do tabulky 2.
- 17) Vypněte rotaci vřetena přepnutím tlačítka MOTOR ON do dolní polohy.
- 18) Digitálním teploměrem změřte teplotu kapaliny. Při měření dbejte, abyste se jehlou teploměru nedotýkali ani kádinky ani vřetena. Zapište hodnotu do tabulky.

**Tabulka 2: Tabulka pro zápis naměřených hodnot**

| Slunečnicový olej |                   |                   |                | Glycerin     |                   |                   |                |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Teplota (°C)      | Torze vřetena (%) | Viskozita (mPa·s) | Rozsah (mPa·s) | Teplota (°C) | Torze vřetena (%) | Viskozita (mPa·s) | Rozsah (mPa·s) |
|                   |                   |                   |                |              |                   |                   |                |
|                   |                   |                   |                |              |                   |                   |                |
|                   |                   |                   |                |              |                   |                   |                |
|                   |                   |                   |                |              |                   |                   |                |
|                   |                   |                   |                |              |                   |                   |                |

- 19) Vysuňte přístroj do nejvyšší možné polohy a opatrně vyjměte kádinku. Pod visící vřeteno umístěte hadřík, který zachytí kapalinu odkapávající z vřetena.
- 20) Umístěte kádinku na varnou plotýnku. Zapojte varnou plotýnku do sítě a otočením knoflíku zapněte zahřívání. Spuštění zahřívání je indikováno rozsvícenou kontrolkou.

- 21) Ponořte jehlu teploměru do kapaliny a tu promíchejte. Jakmile naměříte na teploměru teplotu přibližně 35°C, sejměte opatrně kádinku z plotýnky a položte ji na připravený ubrousek. Plotýnku vypněte otočením knoflíku do mezní polohy, kdy kontrolka nesvítí. **Dbejte zvýšené bezpečnosti v blízkosti zahřáté plotýnky.**
- 22) Kapalinu v kádince ještě jednou dobře promíchejte.
- 23) Změřte viskozitu ohřáté kapaliny stejným způsobem, jakým jste ji měřili poprvé, tzn., opakujte postup od bodu 12. Při ustalování hodnot na displeji viskozimetru nyní čekejte alespoň 60 s, a to z důvodu ustalování teploty v celém objemu kapaliny.
- 24) Naměřte hodnoty viskozity pro teploty, které se liší přibližně o 10°C. Tzn., že v tabulce budou hodnoty viskozity kapaliny při teplotách přibližně 25°C, 35°C, 45°C, 55°C a 65°C. **Nezahřívajte dané kapaliny nad teplotu 70°C!**
- 25) Po naměření hodnot pro jednu kapalinu přepněte tlačítko MOTOR ON do dolní polohy. Odejměte kádinku s kapalinou a pod vřeteno umístěte hadřík. Jednou rukou lehce nadzvedněte a podržte spojovací (otočný) šroub. Druhou rukou pozvolna odšroubujte vřeteno. Pamatujte, že vřeteno a spojka mají levý závit.
- 26) Vřeteno otřete o hadřík, abyste jej zbavili nejhrubší nečistoty. Poté vřeteno omyjte jarem, opláchněte pod tekoucí vodou a papírovými ubrousky vysušte. Pokud se dostala voda do závitu, smotejte roh papírového ubrousku a vodu vysušte. Vyperte hadřík a vyždímejte jej pro další použití.
- 27) Měření opakujte pro druhou kapalinu.
- 28) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a grafy závislosti viskozity daných kapalin v závislosti na teplotě. Do závěru napište, k čemu jste dospěli a diskutujte možné chyby měření.