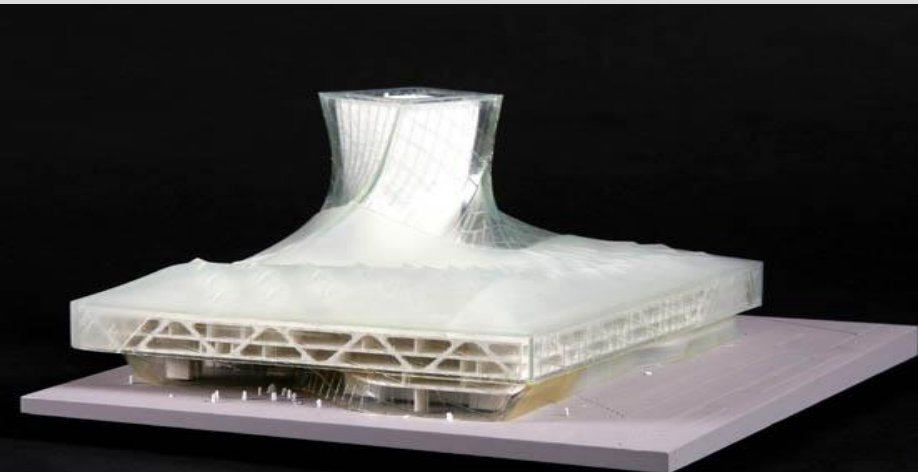




MATERIÁLOVÉ INŽENÝRSTVÍ – viskozita, mikroskop





Viskozita

- Charakterizuje vnitřní tření mezi částicemi a závisí především na přitažlivých silách mezi nimi (kapaliny s větší přitažlivou silou mají vyšší viskozitu) x hustota – hmotnost částic v objemu.
- Udává poměr mezi tečným napětím a změnou rychlosti v závislosti na vzdálenosti mezi sousedními vrstvami proudící kapaliny.
- Ideální kapalina není viskózní.
dynamická a kinematická viskozita = 0

$$\eta = 0 \text{ Pa s}$$

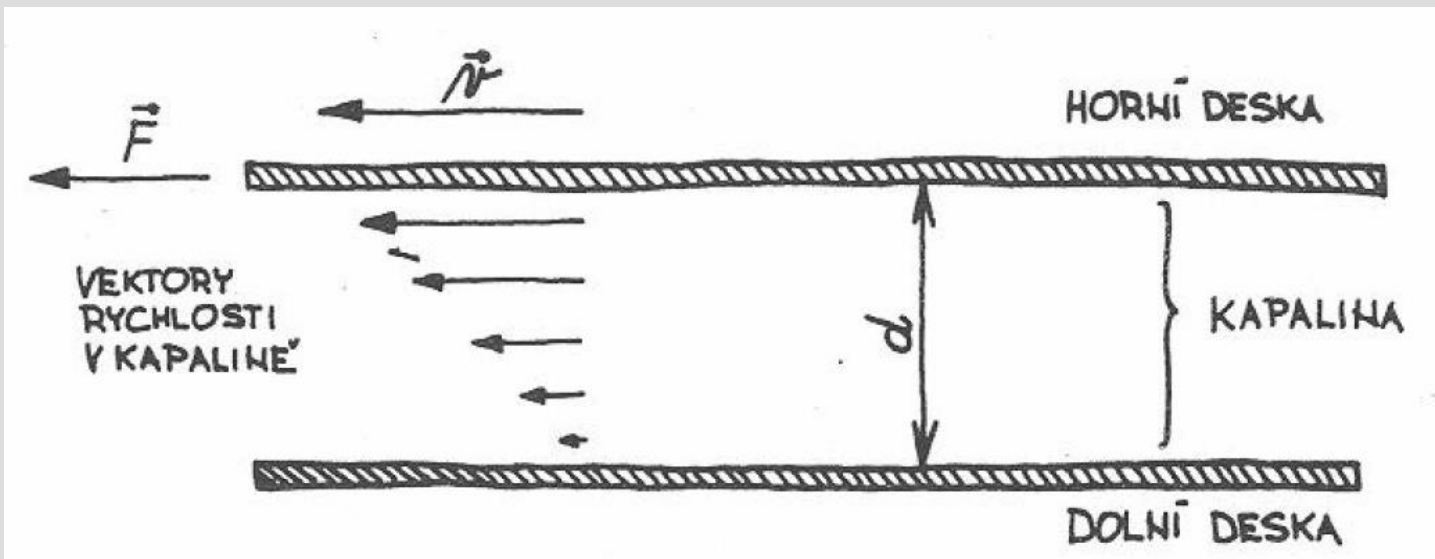
$$\nu = 0 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$





Ilustrační příklad

Vrstva kapaliny, která přiléhá k horní desce, se pohybuje spolu s horní deskou, zatímco dolní deska a k ní přiléhající kapalina jsou v klidu. Se vzrůstající vzdáleností d od pohyblivé desky se mění rychlost proudění kapaliny od v k 0.



Obr. 1 Pohyb kapaliny mezi dvěma rovnoběžnými deskami



Měření koeficientu dynamické viskozity

Pokud chceme udržet horní desku v rovnoměrném pohybu vůči desce spodní, musíme na ni působit silou F , která je přímo úměrná ploše tažené desky. Proto je výhodnější zavést tečné napětí τ , které na ploše použité desky nezávisí:

$$F = \eta S \frac{dv_x}{dy} \quad \tau_{xy} = \frac{F}{S} = -\eta \frac{dv_x}{dy}$$

Newtonské kapaliny vykazují lineární závislost mezi napětím a poměrem v/d (dv_x/dy) – koeficient úměrnosti **dynamická viskozita**

$$\tau \approx \frac{v}{d} \approx \frac{dv_x}{dy}$$

Dynamická viskozita – η (éta) [N.s/m²] neboli [Pa.s]



Dynamická viskozita x kinematická viskozita

Dynamická viskozita (vazkost) – η (éta) [N.s/m²] neboli [Pa.s]

$$\tau_{xy} = \frac{F}{S} = -\eta \frac{dv_x}{dy}$$

Kinematická viskozita (vazkost) – [m² s⁻¹]

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

Kapalina	.10 ⁻³ η [Pa.s]
Benzín	0,53
Ethanol	1,2
Glycerol	1480
Krev (37°C)	3,0 – 3,6
Voda (25°C)	0,8937



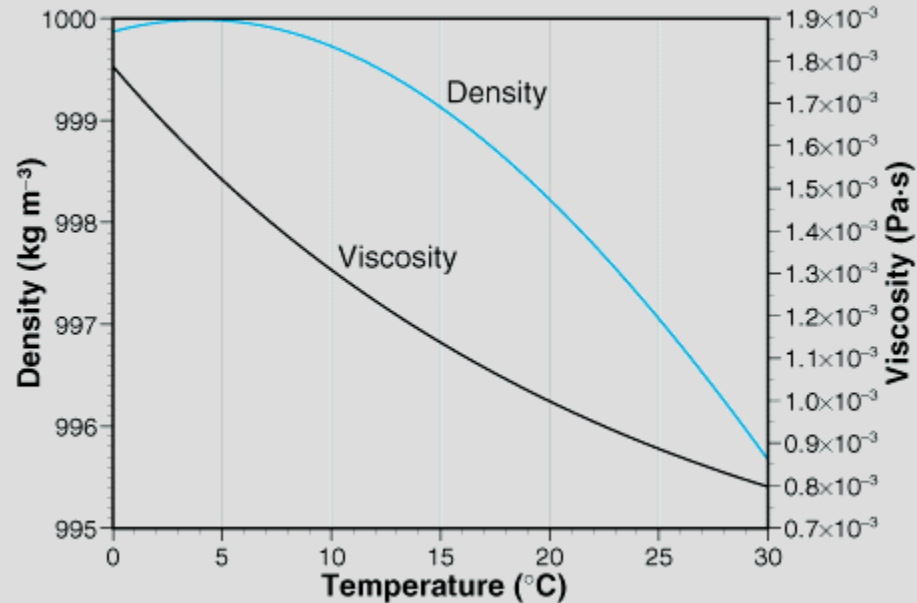
Nenewtonovské kapaliny

změna rychlosti dv v závislosti na vzdálenosti dy (d) není lineární.





Závislost dynamické viskozity na teplotě – voda



Viskozita s rostoucím tlakem vzrůstá

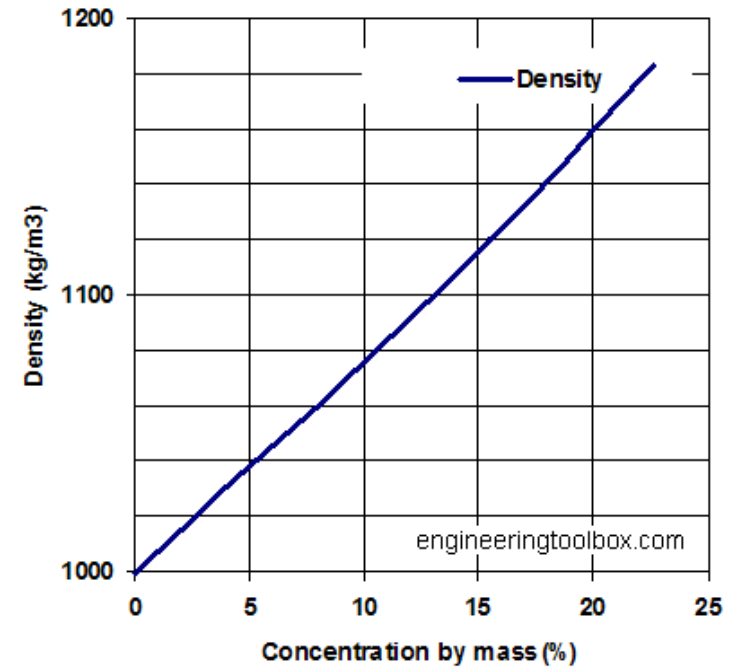
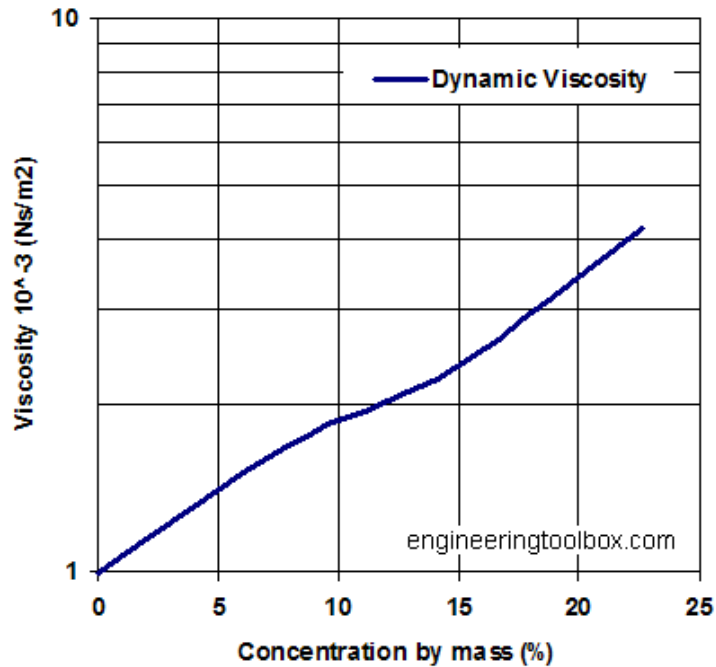
Viskozita s rostoucí teplotou klesá

Anomálie vody: max. hustota při 3,98°C.

Zdroj: Čmelík, M., Machonský, L., Šíma, Z. *Fyzikální tabulky*. Liberec: TU Liberec, 2001.



Závislost dynamické viskozity na teplotě – solný roztok



Viskozita s rostoucí koncentrací soli roste

Hustota s rostoucí koncentrací soli roste



Měření viskozity

- Hopperův viskozimetr

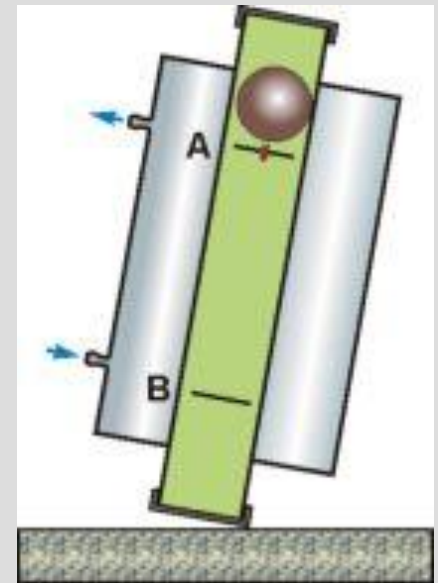
měření doby pádu kuličky trubicí s náklonem 10° . Pohyb kuličky musí být pomalý, aby v kapalině nevznikalo vírové proudění = rovnoměrný přímočarý pohyb.

Výpočet viskozity

$$\eta = \frac{6 \cdot m - \pi \cdot d^3 \cdot \rho_k}{18 \cdot \pi \cdot d \cdot l} \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \tau$$

neboli $\eta = t(\rho_1 - \rho_2)K$

, kde K je konstanta kuličky udávaná výrobcem.



kde t je pádový čas kuličky (s), ρ_1 je hustota koule ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), ρ_2 je hustota kapaliny při teplotě ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a K je konstanta ($\text{mPa}\cdot\text{cm}^3\text{g}^{-1}$).

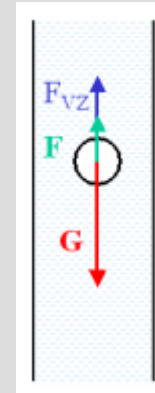


$$F_{vz} + F_{Stokes} = G$$

$$F_{vz} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_2 g$$

$$F_{Stokes} = 6\pi\eta r v$$

$$G = mg = V\rho_1 g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_1 g$$



Nakloněná trubice:

$$G = mg \cos \alpha$$

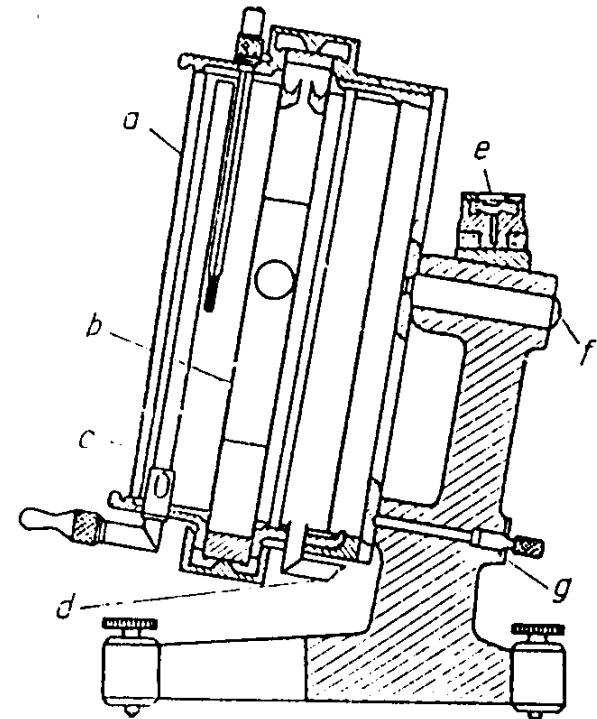
ρ_1 – hustota kuličky

ρ_2 – hustota kapaliny

r – poloměr kuličky

v – rychlost pádu kuličky

m – hmotnost kuličky





ÚKOL

Změřte pyknometricky hustotu vody a glycerínu (glycerolu).

Změřte dynamickou viskozitu vody a glycerínu (glycerolu) pomocí Hopplerova viskozimetru .

Spočítejte kinematickou viskozitu vody a glycerínu (glycerolu).

Zjištěné hodnoty porovnejte s tabulkovými hodnotami.

Prohlédněte si vybrané stavební materiály pomocí optického mikroskopu.

Samostatně nastudujte elektronovou mikroskopií.