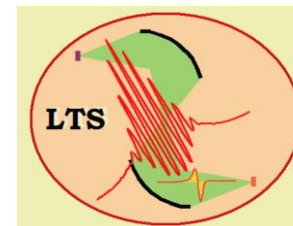


Úloha č. 14 – Non-Newtonian worms

Dalibor Repčák

Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Praha

repcek@fzu.cz



Zadání úlohy

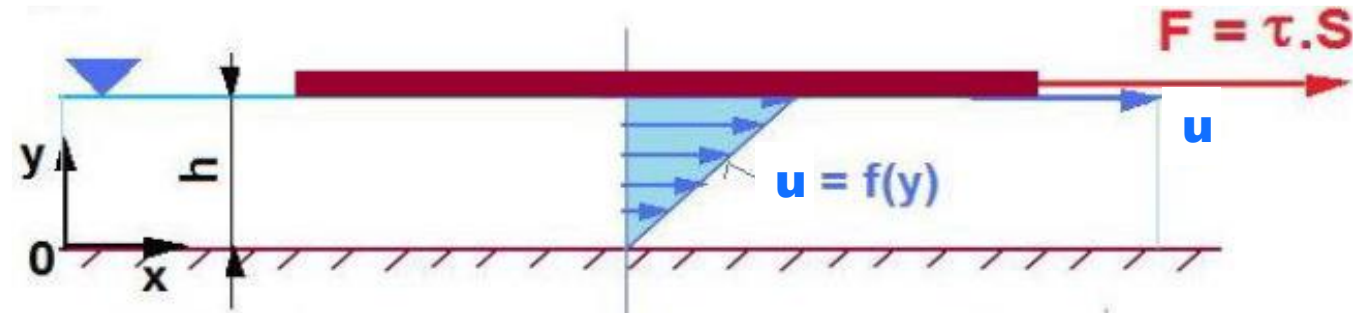
- Original assignment:
A dilatant non-Newtonian fluid (e.g. a suspension of water and cornflour) is vibrated vertically in a reservoir. When certain conditions are met, wormlike structures that rise from the surface may form. Explain and investigate this phenomenon.
- Český překlad:
Pokud je **dilatantní nenewtonská tekutina** (např. suspenze vody a kukuřičné mouky) v nádrži svisle rozkmitávána, mohou se za určitých podmínek vytvářet **červovité struktury**, které vystupují z povrchu. Vysvětlete a prozkoumejte tento jev.

Demonstrate jevu



<https://www.youtube.com/shorts/zfGGGuHGDBQ>

Viskozita



Shear stress [Pa]
(smykové napětí)

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$$

Shear rate $\dot{\gamma}$ [s⁻¹]
(smyková rychlost)

Dynamical viscosity [Pa·s]
(dynamická viskozita)
Též označovaná η



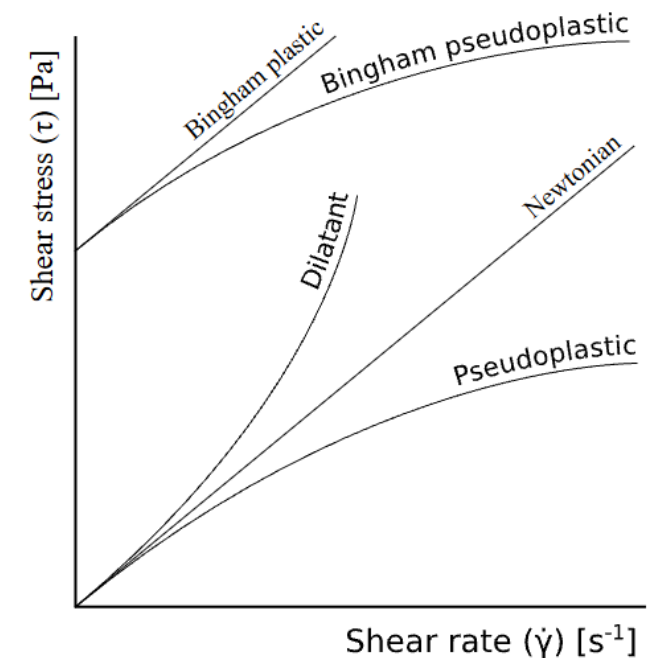
Jednoduchá aproximace:

$$\eta = K \dot{\gamma}^{n-1}$$

$n=1$: newtonská tekutina

$n \neq 1$: nenewtonská t.

$n > 1$: dilatantní t. (shear-thickening)

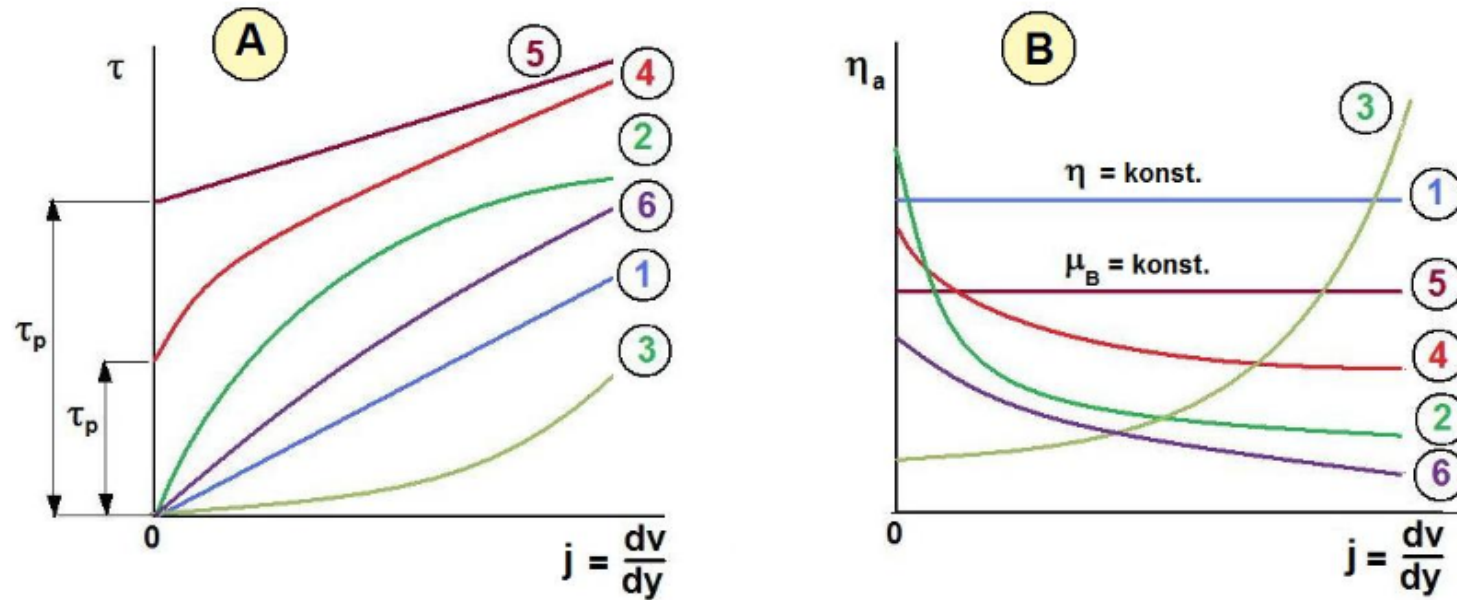


JANALÍK, J.: Viskozita tekutin a její měření, VŠB-TU Ostrava, 2010, 66 s.

Dostupné z: <https://nextcloud.vsb.cz/s/fgHA6sKLjnkqQFF?dir=/&editing=false&openfile=true>

https://en.wikipedia.org/wiki/Non-Newtonian_fluid

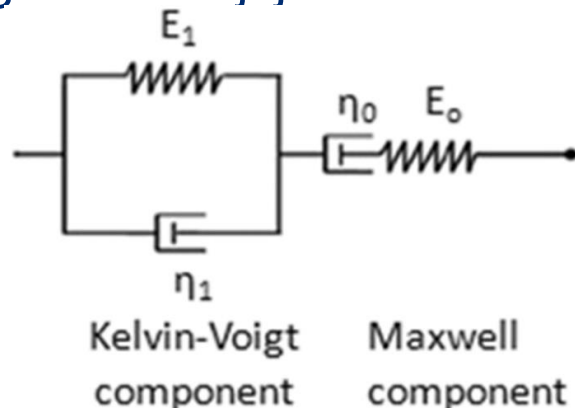
Viskozita



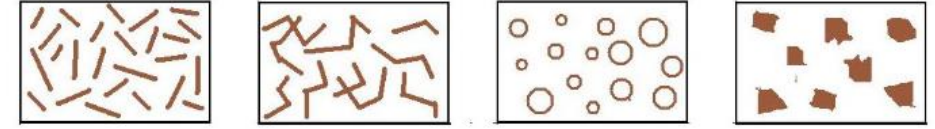
Obr. 2.1 Reogramy a zdánlivá viskozita vybraných nenewtonských kapalin A - reogram; B – zdánlivá viskozita – [4]
 1. newtonská kapalina; 2. pseudoplastická kapalina; 3. dilatantní kapalina; 4. skutečná plastická kapalina; 5, Binghamova – ideálně plastická kapalina; 6. Eyringův model

Viskozita a elasticita

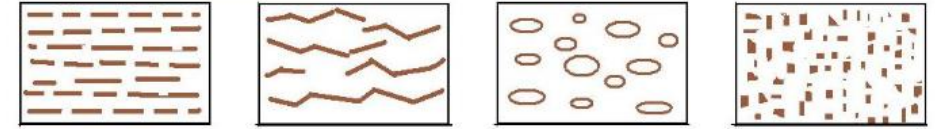
- Viskozní látky: rychlost deformace = 0 $\leftrightarrow$ $\tau=0$
- Elastické látky: deformace = 0 $\leftrightarrow$ $\tau=0$
- Viskoelastické látky: kombinace předchozích
- Frekvenční závislost při periodickém buzení
- Př. specifického škrobu (*shear thinning!*)
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.192>



Kapalina v klidu



Kapalina v pohybu



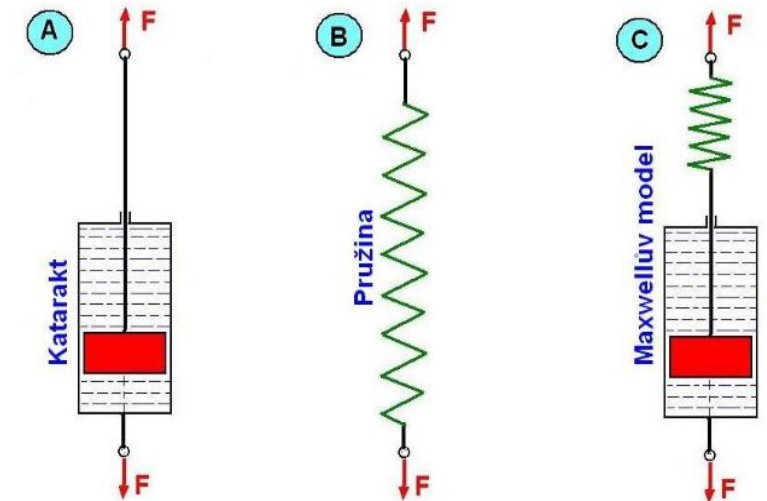
orientace

napřímění

deformace

rozmělnění

Obr. 2.3 Vliv toku na uspořádání částic v neneutonské kapalině – [2]

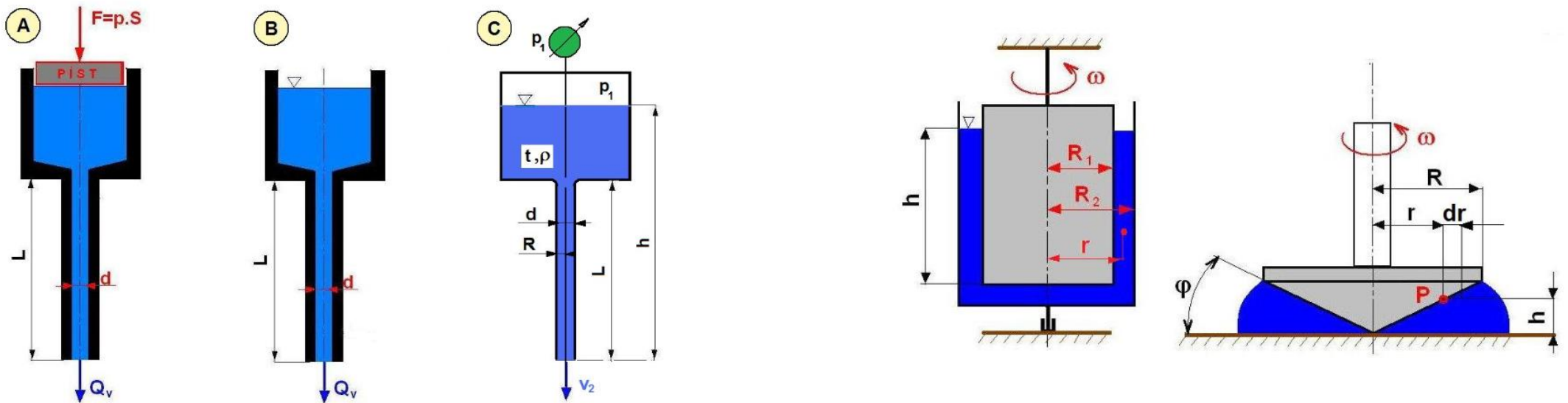


Obr. 2.4 Mechanické modely reologického chování látek
a) čistě viskozni kapalina, b) elastická látka, c) viskoelastická látka-Maxwellův model

Měření viskozity

Zjišťování tokových křivek nenewtonovských kapalin je úloha obtížná, hlavně u suspenzí.

- Zejména kapilární a rotační viskozimetry
- Sedimentace suspenze u kapilárního viskozimetru
- Odstřed'ování suspenze u rotačního viskozimetru



Červovité struktury



Celistvost – tvar nádoby?

Uspořádanost – Faradayovy obr.

Dynamika –
nenewtonskost?



Postup řešení

https://kit.ilyam.org/FDD_2027_IYPT_Reference_kit.pdf



Aspekty ke zkoumání

- Proč pomalí červi vznikají v rychlém kmitání?
- Reologické vlastnosti suspenze
- Fázový přechod newtonská vs. nenewtonská kapalina
 - Podíl škrobu
- Amplituda a frekvence buzení
- Objem suspenze, výška hladiny
- Homogenita suspenze (sedimentace škrobu)
- Geometrie nádoby
- Mikroskopické vlastnosti škrobu – velikost a rozdělení částic

Shrnutí

Přednosti

Výzvy



Vizuální atraktivita

Nenáročnost pozorování

Fenomenologická rozmanitost

Vysvětlení jevů

Kontrola parametrů

Specifická oblast fyziky

Kvantitativní experiment

Vytyčení směru řešení

Teoretický popis

Srovnání teorie vs experiment