

# STRUKTURA A VLASTNOSTI KAPALIN

## • Teplotní objemová roztačnost kapalin

→ většina kapalin s rostoucí teplotou zvětšuje svůj objem

$$V = V_1(1 + \beta \cdot \Delta T)$$

$\beta$  = teplotní součinitel objemové roztačnosti

↳ o dost větší než u pevných těles -  $H_2O$ :  $\beta = 1,8 \cdot 10^{-4} K^{-1}$

## • Změna hustoty kapalin

$\rho = \rho_1(1 - \beta \cdot \Delta T)$  → s rostoucí teplotou se hustota snižuje

## • Anomálie vody

- $0^\circ C \rightarrow 4^\circ C$ : objem se snižuje a hustota rovine
  - $4^\circ C \rightarrow \dots$ : objem se rovine a hustota snižuje
- } ohřívání

## • Povrchová vrstva kapaliny

→ povrch kapaliny se chová jako pružná blána

→ na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou přitažlivou silou směřující do kapaliny

⇒ tato síla vyvolá uvnitř kapaliny vnitřní kohezní tlak

## • Povrchové napětí - $\sigma$

$$\sigma = \frac{F}{l}$$

•  $F$  - povrchová síla

•  $l$  - délka obryje povrchové blány

$$[\sigma] = N \cdot m^{-1}$$

$$\sigma = \frac{E}{S}$$

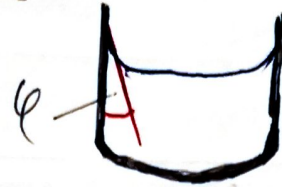
•  $E$  = povrchová energie celé blány

•  $S$  = povrch povrchové blány

## červý na rozhraní pevného tělesa a kapaliny

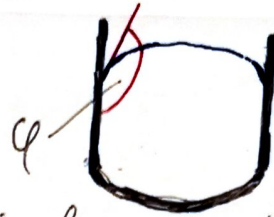
→ kapalina smáčející povrch nádoby

→ vytváří dutý povrch



→ kapalina nemesáčející povrch nádoby

→ vytváří vypouklý povrch



→ pod zakřiveným povrchem kapaliny je kapilární slouč

→ u dutého povrchu zvláštěje vnitřní slouč, u vypouklého zvláštěje

→ u kulové bubliny je tím větší, čím menší je poloměr koule

→ kapilární slouč -  $p_k$

$$\bullet \underline{p_k = \frac{2\sigma}{R}}$$

- u kulového vrchlíku (kapsa vody)

→  $R$  = poloměr kulového povrchu

$$\bullet p_k = \frac{4\sigma}{R}$$

- u tenké bubliny se dvěma povrchy (mýdlová bublina)

→ stýčkový úhel -  $\varphi$

•  $\varphi = 0^\circ$  - dokonale smáčí

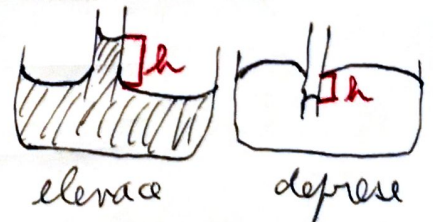
•  $\varphi = 90^\circ$  - povrch není zakřivený

•  $\varphi = 180^\circ$  - dokonale nemesáčí

## Kapilární jevy

• kapilární elevace - smáčivé kapaliny

• kapilární deprese - nemesáčivé kapaliny



→ rovnost hydrostatického a kapilárního  $p$

$$\Rightarrow p_h = h \cdot \rho \cdot g = \frac{2\sigma}{R} = p_k$$

→  $\varphi$  = stýč. úhel

$$\Rightarrow h = \frac{2\sigma}{\rho \cdot g \cdot R} \Rightarrow \underline{h = \frac{2\sigma}{\rho \cdot g \cdot R} \cdot \cos(\varphi)}$$

→  $\cos(\varphi) = 1 \Leftrightarrow$  dokonale smáčí



- 1) Rtuťová kapka má tvar koule o poloměru 1,5 mm. Vypočítejte:  
 a) povrchovou energii kapky, když povrchové napětí rtuti je  $0,485 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$   
 b) kolikrát se zvětší povrchová energie rozdělením kapky na dvě menší, stejně velké kapky.

$$(E = 4\pi r^2 \sigma \doteq 13,7 \mu\text{J}; \frac{E'}{E} = \frac{2r'^2}{r^2} = \sqrt[3]{2} \doteq 1,26)$$

- 2) Vypočítejte maximální poloměr

- a) měděného drátu  
 b) hliníkového drátu,

který se udrží na povrchové vrstvě vody. Povrchové napětí vody je  $73 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ , tíhové zrychlení  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , hustota mědi  $8\,900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , hliníku  $2\,700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

$$(r = \sqrt{\frac{2\sigma}{\pi g \rho}}; \text{ a) } r \doteq 0,73 \text{ mm}; \text{ b) } r \doteq 1,32 \text{ mm})$$

- 3) Kapalina o hustotě  $1\,050 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  vystoupala v kapiláře o vnitřním poloměru 0,4 mm do výšky 13,1 mm nad okolní hladinu. Vypočítejte povrchové napětí kapaliny za předpokladu, že kapalina smáčí stěnu kapiláry a tíhové zrychlení je  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

$$(\sigma = \frac{h\rho g r}{2} \doteq 0,027 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1})$$

- 4) Aceton v nádobě má při teplotě  $35^\circ\text{C}$  objem 1,5 l. Jaký bude jeho objem při teplotě  $-15^\circ\text{C}$ ? Teplotní součinitel objemové roztažnosti acetonu je v intervalu uvedených teplot  $1,43 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

$$(V = V_1(1 + \beta(t_2 - t_1)) \doteq 1,39 \text{ l})$$

$$t_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ l}$$

$$t_2 = -15^\circ\text{C}$$

$$\beta = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$V_2 = ?$$

$$V_2 = V_1 (1 + \beta (t_2 - t_1))$$

$$V_2 = 1,5 (1 + 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot (-50)) \text{ l}$$

$$\underline{\underline{V_2 \doteq 1,39 \text{ l}}}$$

$$1) R = 1,5 \text{ mm} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma = 0,485 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$a, E = ?$$

$$b, 2 \text{ menší kuličky} \rightarrow \frac{E'}{E} = ?$$

$$a, \sigma = \frac{F}{S} \Rightarrow E = \sigma \cdot S = \sigma \cdot 4\pi R^2$$

$$E = 4\pi \cdot 48,5 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ J} = \underline{\underline{13,7 \mu\text{J}}}$$

$$b, \frac{E'}{E} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot S'}{\sigma \cdot S} = \frac{2 \cdot 4\pi \cdot R'^2}{4\pi R^2} = 2 \left( \frac{R'}{R} \right)^2$$

$$R': V = 2 \cdot V' \Rightarrow \frac{4}{3}\pi R^3 = 2 \cdot \frac{4}{3}\pi R'^3 \Rightarrow R^3 = 2R'^3 \Rightarrow R = \sqrt[3]{2} \cdot R'$$

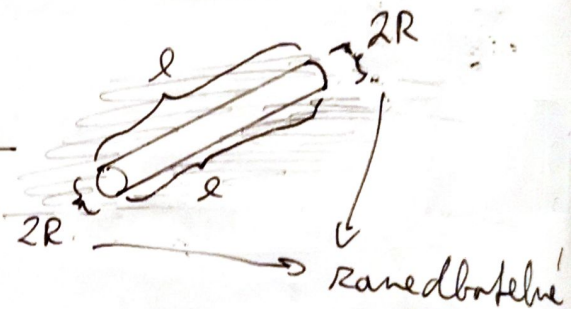
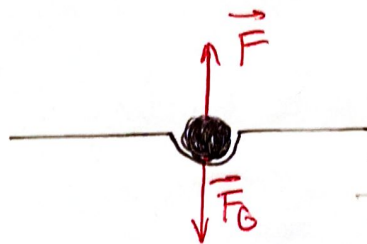
$$\Rightarrow \frac{E'}{E} = 2 \left( \frac{R'}{R \cdot \sqrt[3]{2}} \right)^2 = \frac{2}{\sqrt[3]{2} \cdot \sqrt[3]{2}} = \underline{\underline{\sqrt[3]{2}}} = 1,26$$

$$2) \sigma = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\rho_1 = 8900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\rho_2 = 2700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$R_1, R_2 = ?$$



$$F = F_G = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot l \cdot g$$

$$\sigma \cdot \text{obvod} = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot l \cdot g$$

$$\sigma \cdot 2l = \pi \cdot g \cdot \rho \cdot l \cdot R^2 \Rightarrow R^2 = \frac{2\sigma}{\pi \cdot g \cdot \rho} \Rightarrow R = \sqrt{\frac{2\sigma}{\pi \cdot g \cdot \rho}}$$

$$\bullet R_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 9,81 \cdot 8900}} \text{ m} = 0,73 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \underline{\underline{0,73 \text{ mm}}}$$

$$\bullet R_2 = \sqrt{\frac{146 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 9,81 \cdot 2700}} \text{ m} = \underline{\underline{1,32 \text{ mm}}}$$

$$3) \rho = 1050 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$R = 0,4 \text{ mm} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$h = 13,1 \text{ mm} = 13,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\varphi = 0^\circ$$

$$\sigma = ?$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho \cdot g \cdot R} \cdot \cos(0)$$

$$\sigma = \frac{1}{2} g \cdot h \cdot \rho \cdot R$$

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 13,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\sigma = 2 \cdot 9,81 \cdot 13,1 \cdot 105 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\sigma = \underline{\underline{0,027 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}}}$$