

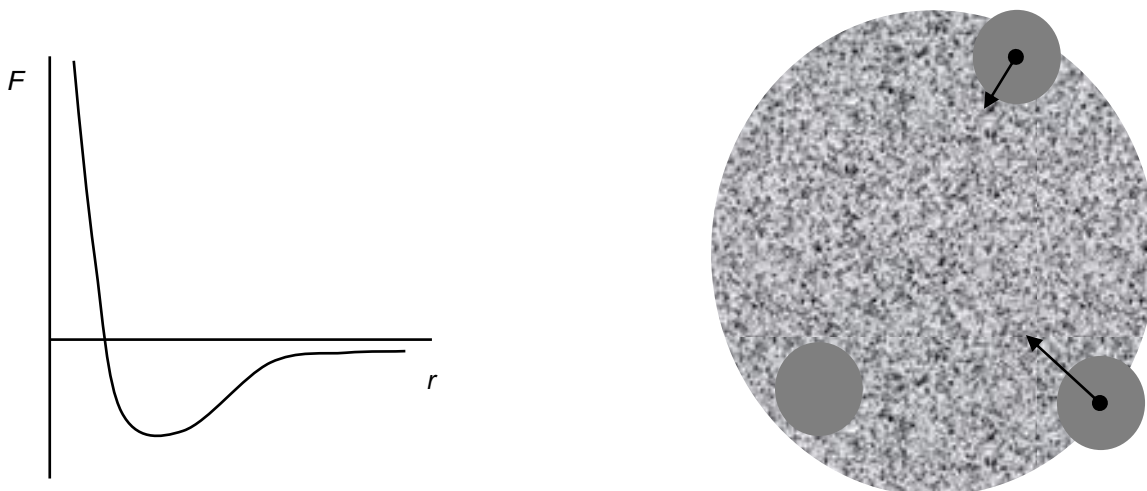
STRUKTURA A VLASTNOSTI KAPALIN

1. Povrchové napětí

a) Fyzikální jev

Povrch kapalin se chová jako napjatá pružná membrána (důkaz – vodoměrka, malé kapičky – koule)

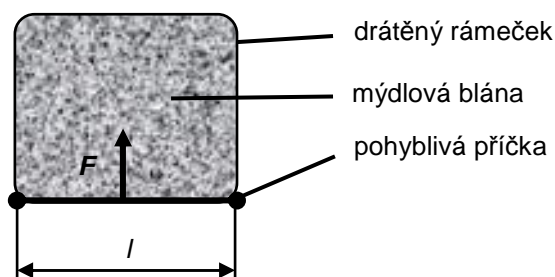
Vysvětlení:



Sféra molekulového působení $\approx 10r_0 \approx 1 \text{ nm}$, okolo 300 molekul

Výsledná síla působící na molekulu není nulová když „koule“ není vyplněna stejnými molekulami \Rightarrow molekuly blízko povrchu jsou přitahovány dovnitř kapaliny (výslednice má odlišnou velikost pro různou vzdálenost od povrchu).

b) Fyzikální veličina (σ , v AJ γ)



$$l \uparrow \Rightarrow F \uparrow \Rightarrow \frac{F}{l} = \text{konst.} \approx \text{druh kapaliny}$$

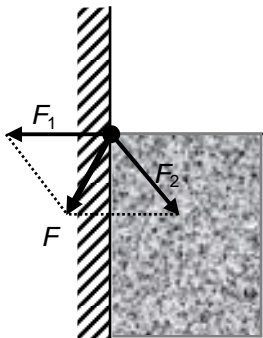
$$\sigma = \frac{F}{l}$$

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

- vlastnost materiálu – v tabulkách, velká hodnota pro rtuť (- vzduch)
- ovlivněna teplotou (proč – jak?)
- přidáním saponátu do vody se sníží povrchové napětí – použití. Vysvětlí.

2. Zakřivení povrchu kapaliny v blízkosti stěny nádoby

Hladina kapaliny je kolmá k výslednici sil působící na jednotlivé molekuly (proč?)



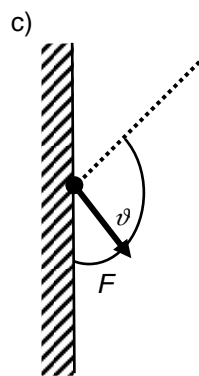
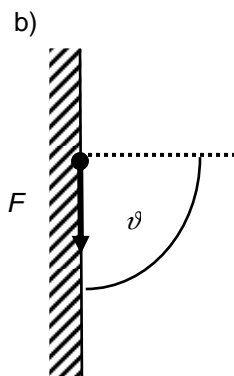
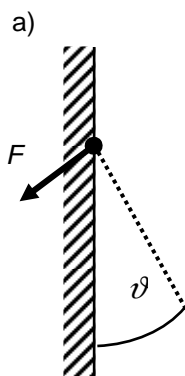
F_1 ... přitažlivá síla způsobená částicemi stěny nádoby

F_2 ... přitažlivá síla způsobená částicemi kapaliny v nádobě

přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné vzhledem k dvěma předchozím (jaké by byly jejich směry?)

Načrtni tvar povrchu kapaliny blízko stěny nádoby podle uvedené teorie

ϑ ... stykový úhel – mezi



$$0 < \vartheta < 90^{\circ}$$

voda ve skle

rtuť v měděné nádobě

$$\vartheta = 90^{\circ}$$

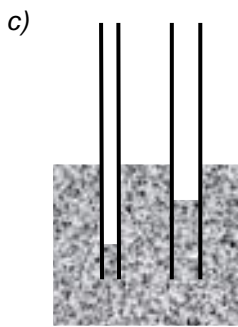
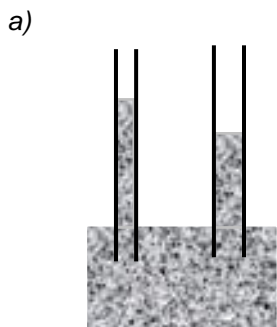
$$90^{\circ} < \vartheta < 180^{\circ}$$

rtuť ve skle

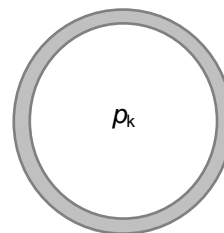
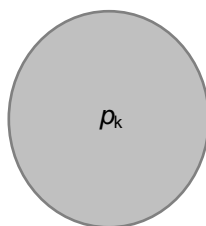
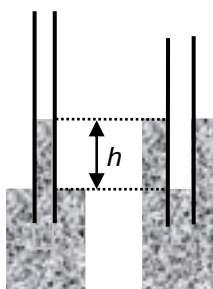
Dokonči obrázky – doplň hladinu kapaliny!

3. Kapilární jevy

Povrchové napětí + odlišný stykový úhel + úzká kapilára (relativně více molekul v kontaktu s nádobou) \Rightarrow kapalina uvnitř vystoupá (kapilární elevace) / klesne (kapilární deprese).



- rovnice



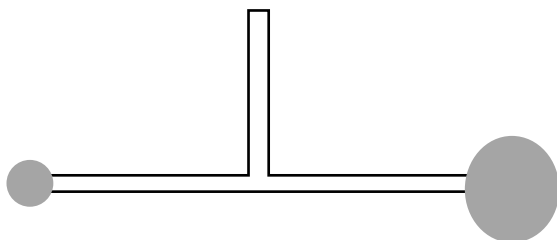
$$h\rho g = \frac{2\sigma}{R}$$

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

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

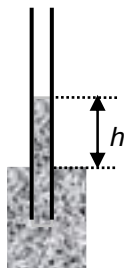
R ... poloměr kapiláry, kapky, bubliny

Experiment: Odhadni, která z bublin na koncích trubičky zanikne. Srovnej s experimentem. Proved' diskusi.



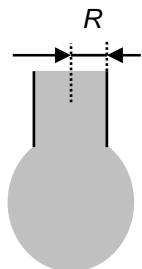
4. Měření povrchového napětí

- pomocí zvýšení hladiny v kapiláře při kapilární elevaci



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

- kapková metoda



kapka odpadne, právě když její tíha lehce překročí povrchovou sílu držící ji pohromadě.

$$mg = \sigma l$$

$$mg = \sigma 2\pi R \Rightarrow \sigma = \frac{mg}{2\pi R}$$

Tato metoda může být vylepšena použitím dvou kapalin – jedné o známém povrchovém napětí – a téže kapiláry. Co je výhodou této metody?

$$m_1 g = \sigma_1 2\pi R$$

$$m_2 g = \sigma_2 2\pi R$$

vydělíme-li rovnice:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \quad \text{přesnější pro např. 50 kapek každé kapaliny}$$

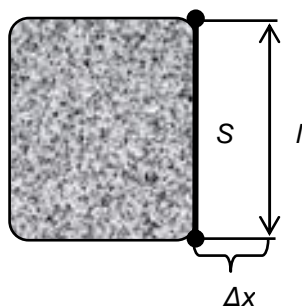
$$\frac{50m_1}{50m_2} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

Měření: 1 ... voda, $\sigma_1 = 72 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, $50m_1 =$

2 ... etanol, $\sigma_2 = ?$, $50m_2 =$

5. Povrchová energie

Povrchové vrstvě přiřazujeme energii, kterou nazýváme povrchová energie. Je jednou ze složek vnitřní energie kapaliny.
= energie potřebná k vytvoření jednotkové plochy nového povrchu (zvětšení povrchu o 1 m²)



$$\text{Plošná hustota povrchové energie} = \frac{\Delta W}{\Delta S} = \frac{F \Delta x}{2l \Delta x} = \frac{\sigma 2l \Delta x}{2l \Delta x} = \sigma$$

$$[\sigma] = \text{J} \cdot \text{m}^{-2} (= \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^{-2} = \text{N} \cdot \text{m}^{-1} = [\sigma])$$

Povrchové napětí se shoduje s plošnou hustotou povrchové energie nejen rozměrem jednotky, ale i číselně. Označuje se také jako kapilární konstanta.

L3/133-135a, b, xc, 138, 141-5

Příklady:

1. Zápalka délky 4,4 cm plave na hladině vody. Nalijeme-li opatrně trochu mýdlového roztoku na jednu stranu hladiny rozdělené zápalkou, začne se zápalka pohybovat směrem od roztoku k čisté vodě. Určete sílu (včetně směru) působící na zápalku.

$$\sigma_{\text{voda}} = 73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{mýdlo}} = 40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$$

2. Kapalina vytéká z nádoby úzkou kapilárou o poloměru 0,8 mm. Za jednu sekundu odpadne jedna kapka. Jak dlouho bude trvat, než z nádoby vyteče kapalina o hmotnosti 25 g?

$$\sigma = 22 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

3. Určete tlak vzduchu v kulové bublině o průměru 10⁻³ mm v hloubce 80 cm pod hladinou vody. Atmosférický tlak vzduchu je 1000 hPa.

$$\sigma = 73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\rho_{\text{voda}} = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

4. Určete hmotnost vody, která vystoupí v kapiláře o vnitřním průměru 0,7 mm v důsledku kapilární elevace. Předpokládejte, že voda dokonale smáčí stěny kapiláry. Stykový úhel $\vartheta = 0^\circ$.

$$\sigma = 73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

5. Kapilára o průměru 1 mm byla svisle ponořena do nádoby s kapalinou. Kapalina vystoupila do výšky 1,1 cm nad volný povrch kapaliny v nádobě. Do jaké výšky vystoupí stejná kapalina, jestliže do ní ponoříme kapiláru o průměru 1,5 mm? Předpokládejte, že kapalina dokonale smáčí stěny kapiláry.

6. Dvě skleněné kapiláry o poloměrech 1 mm a 1,5 mm ponoříme svisle do etanolu. Vypočtete σ , jestliže rozdíl výšek hladin je v důsledku kapilární elevace 1,9 mm.

$$\rho = 789 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

6. Objemová roztažnost

β ... součinitel objemové roztažnosti

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t} \quad \{\beta\} = \{\Delta V\} \Leftrightarrow V_0 = 1 \text{ m}^3 \wedge \Delta t = 1 \text{ K}$$

$$[\beta] = \text{K}^{-1}$$

	voda	etanol	glycerol
$\frac{\beta}{10^{-5} \text{K}^{-1}}$	18	110	50

L3/147-149, 151-153

Výsledky:

1. 1,45 mN
2. 36 min 58 s
3. 400 kPa
4. 16 mg
5. 0,73 cm
6. 22 mN·m⁻¹