

Obsah

12 Struktura a vlastnosti kapalin	1
12.1 Mechanické vlastnosti	1
12.1.1 Ideální kapalina	1
12.2 Povrchová vrstva	1
12.2.1 Povrchová síla	1
12.2.2 Povrchové napětí	1
12.3 Jevy na rozhraní prostředí	2
12.3.1 Síly působící na molekuly	2
12.3.2 Stykový úhel	3
12.3.3 Kapilární tlak	3
12.4 Kapilární jevy (Kapilarita)	4
12.4.1 Praxe	4
12.5 Objemová roztažnost	4
12.5.1 Anomálie vody	5

12 Struktura a vlastnosti kapalin

12.1 Mechanické vlastnosti

- přechod mezi kapalinami a plyny
- ideální kapalina nestlačitelná, reálná velice málo stlačitelná
- tekuté
- zaujetí tvaru nádoby, vyrovnání hladiny do roviny
- kmitání částic okolo proměnných rovnovážných poloh

12.1.1 Ideální kapalina

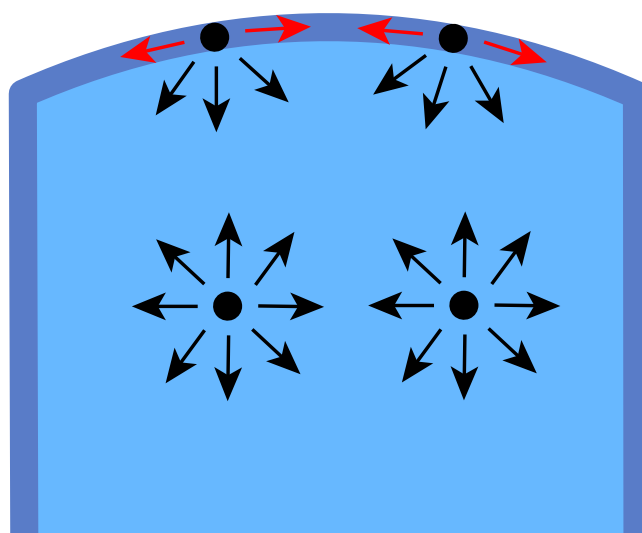
- nestlačitelná
- dokonale tekutá
- nulová viskozita – bez vnitřního tření

12.2 Povrchová vrstva

- vzájemné působení částic přitažlivými silami
 - sféra molekulového působení – sféra působení molekul ($\sim 1 \text{ nm}$), vliv molekul mimo lze zanedbat
- molekula uvnitř kapaliny – působení sil všemi směry, nulová výslednice
- molekula u povrchu (vzdálenost k povrchu menší než sféra působení) – výslednice sil směrem do kapaliny
 - zanedbávání přitahování molekul plynu
 - \rightarrow **povrchová vrstva kapalin**
- povrchová energie E
 - potenciální energie molekuly v povrchové vrstvě
 - práce potřebná pro přes molekuly do povrchové vrstvy

$$E = S\sigma$$

- * S – plocha volného povrchu kapaliny
- * σ – povrchové napětí
- snaha minimalizovat povrch a maximalizovat objem – minimalizace povrchové energie
 - nejlepší tvar koule \rightarrow kapky mlhy, rosy...



Obr. 12.1: Síly povrchové vrstvy kapaliny

12.2.1 Povrchová síla

- síla povrchu kapaliny
- tečná na povrch směřující do kapaliny
- síla tvarující kapky do koule

12.2.2 Povrchové napětí

- značka σ , $[\sigma] = \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
- vlastnost povrchu kapaliny držet při sobě a zmenšovat povrch
- míra síly na jednotku délky obvodu

$$\sigma = \frac{dF}{dl}$$

- vyplněný objem (hladina, kapka...) možno zjednodušit

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

- speciální případ – povrchová vrstva z obou stran (bublina, blána)

$$\sigma = \frac{F}{2l}$$

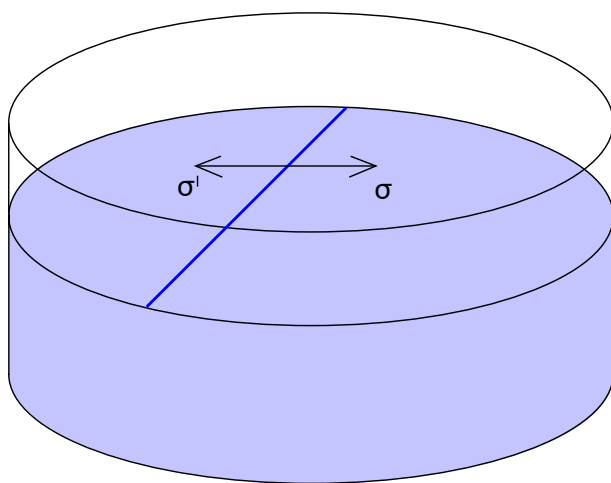
– po obvodu dvě blány \rightarrow působení dvojnásobné síly

12.3 Jevy na rozhraní prostředí

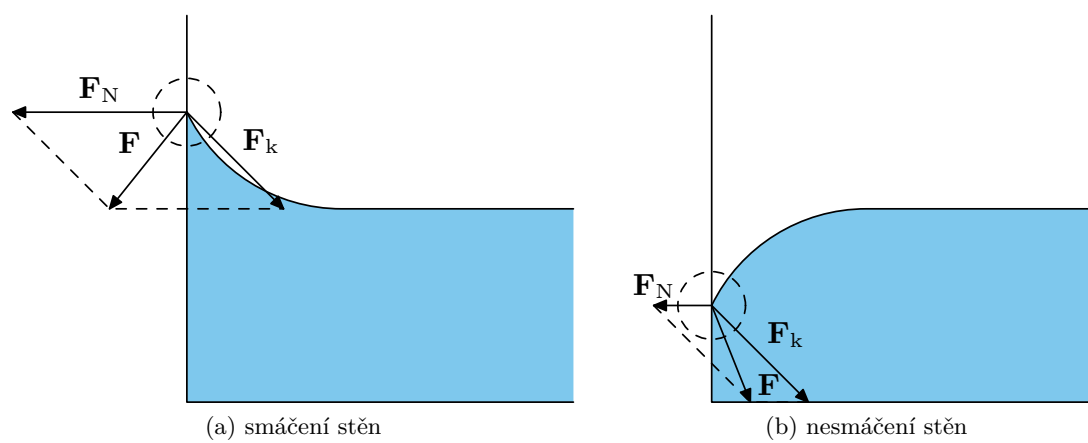
- jevy na rozhraní kapaliny, pevné látky a plynu u stěn nádoby
 - dutý povrch (voda, líh...) – smáčení stěn
 - vypuklý povrch (rtuť) – nesmáčení stěn

12.3.1 Síly působící na molekuly

- přitažlivá síla molekul stěny F_N
 - kolmá na stěnu nádoby
- přitažlivá síla molekul kapaliny F_k
- přitažlivá síla molekul plynu F_p
- tíhová síla F_G
- $F_k, F_N \gg F_G, F_p \Rightarrow$ zanedbání F_G a F_p
- výslednice F_k a F_N tvoří tvar kapaliny u stěny



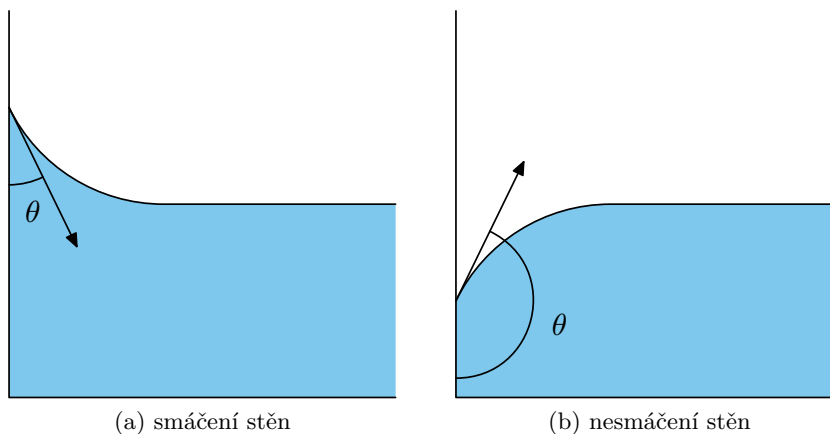
Obr. 12.2: Znázornění povrchového napětí



Obr. 12.3: Skládání sil na molekulách

12.3.2 Stykový úhel

- úhel stěny a kapaliny
- $\theta = 0$ – kapalina dokonale smáčí stěny nádoby
- $\theta = \pi$ – kapalina dokonale nesmáčí stěny nádoby
- $\theta \in (0, \pi/2) \cup (\pi/2, \pi)$ – skutečná (reálná) kapalina
- $\theta = \pi/2$ – povrch kapaliny nezakřivený



Obr. 12.4: Stykový úhel kapaliny se stěnou

12.3.3 Kapilární tlak

- tlak výslednice sil molekuly

$$p_k = \frac{F \cos \theta}{S}$$

- F – výslednice sil
- S – kolmý průmět povrchu kapaliny (vždy kruh)
- $\cos \theta$ – vertikální složka F

- závislý na zakřivení

$$p_k = \frac{\sigma l \cos \theta}{\pi r^2} = \frac{2\sigma \pi r \cos \theta}{\pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$$

- r poloměr zakřivené plochy

12.4 Kapilární jevy (Kapilarita)

- jevy kapaliny při rozhraní s úzkou trubicí
- kapilární elevace – u smáčivých kapalin, vrchol nad hladinou kapaliny
- kapilární deprese – u nesmáčivých kapalin, vrchol pod hladinou kapaliny
- změna výška hladiny způsobena tlakem – vyrovnání hydrostatického a kapilárního tlaku

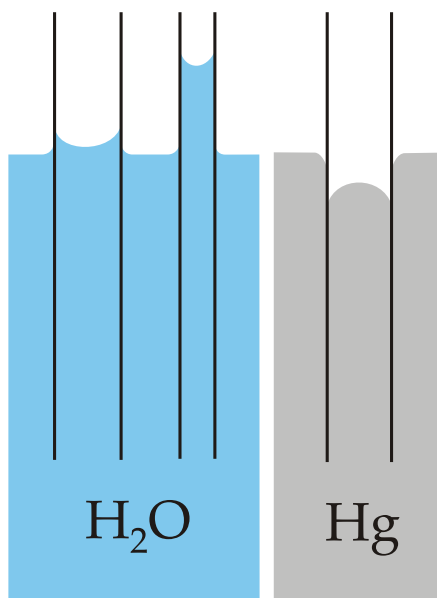
$$p_h = p_k$$

$$h\rho g = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r\rho g}$$

12.4.1 Praxe

- vzlínání vody
- pohyb vody na povrch půdy
- rostliny – nasávání a rozvod vody



Obr. 12.5: Kapilární elevace a deprese

- pájení
- savé utěrky

12.5 Objemová roztažnost

- změna objemu v závislosti na změně teploty

$$\Delta V = \beta \Delta T$$

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

- platí pouze pro nízké rozdíly teplot
- β – teplotní součinitel objemové roztažnosti
- změna hustoty

$$\rho = \rho_0(1 - \beta \Delta T)$$

- zvětšení objemu, zachování hmotnosti \Rightarrow snížení hustoty
- využití – kapalinové teploměry (rtuť, líh, voda)

12.5.1 Anomálie vody

- podle vzorce – při zahřívání od 0 °C do 100 °C lineární klesání hustoty
- ve skutečnosti – maximální hustota okolo 4 °C (3,98 °C)
 - při zahřívání od 0 °C do 4 °C – zmenšování objemu
 - při zahřívání od 4 °C do 100 °C – zvětšování objemu
- výskyt – dna rybníků v zimě, směrem k hladině chladnější voda