

## 6. STRUKTURA A VLASTNOSTI KAPALIN

- nemají stálý tvar
- jsou tekuté
- molekuly kmitají kolem rovnovážných poloh, které se mění
- přitažlivé síly jsou velké
- uspořádání molekul je krátkodosahové

### 6.1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALINY

povrch kapaliny se chová jako tenká pružná blána

- střední vzdálenost mezi částicemi kapaliny 0,2 – 0,3 nm
- přitažlivé síly působí do 1 nm
- každá molekula je přitahována jen nejbližšími částicemi ve svém okolí
- **sféra molekulového působení**  
myšlená koule  $r_m$  kolem molekuly  
(na uvažovanou molekulu silově působí pouze ostatní molekuly uvnitř sféry mol. působení)
  - a) b) síly působící na molekulu se ruší
  - c) d)
    - $F$  – výslednice přitažlivých sil
    - $F_1$  – výslednice přitažlivých sil páry (vzduchu) nad volným povrchem kapaliny
    - $\rho_{\text{vzduchu}} < \rho_{\text{kapaliny}} \rightarrow F_1 < F$
- **povrchová vrstva** je vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu je menší než  $r_m$

**Na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou přitažlivou silou směřující do kapaliny.**

- **povrchová energie** – je rozdíl potenciální energie molekul v povrchové vrstvě a uvnitř kapaliny
- tvar kapaliny je takový, aby povrch byl co nejmenší (pak je i  $E_p$  nejmenší.)  
(koule – nejmenší obsah povrchu)  
(Kapky jsou deformované tíhovou silou a podložkou.)

Skleněná tyčinka – její ostré hrany se zaoblí zahřátím – zkapalní.

Sléváním kapek do jedné se zmenšuje povrchová energie a roste teplota.

Svlékání mokrého oblečení...

### 6.2. POVRCHOVÁ SÍLA

Př.: Mýdlová blána v rámečku. (má dvě strany  $\rightarrow$  2 povrchy  $\rightarrow$  2F)

- $G$  – tíha závaží
- $F$  – povrchová síla kolmá na příčku AB
- směr tečny k povrchu kapaliny v daném bodě
- velikost určíme experimentálně:  
je-li příčka v klidu, pak  $G = 2F \rightarrow F = G/2$

Povrchová síla působí všude.

- nit...
- kapka z kapiláry se odtrhne, je-li  $F_{G \text{ kapky}} > F_{\text{povrchová}}$

### 6.3. POVRCHOVÉ NAPĚTÍ

$\sigma = \frac{F}{l}$   $\sigma$  se rovná podílu velikosti povrchové síly  $F$  a délky  $l$  okraje povrchové blány, na který povrchová síla působí kolmo v povrchu kapaliny

$[\sigma] = \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$  MFCHT při 20° C na rozhraní dvou prostředí (voda – olej,...)

- závisí na
  - druhu kapaliny
  - prostředí pod povrchem
  - $s \uparrow t - \sigma \downarrow$

$\sigma_{\text{VODA-VZDUCH}}$	= 73 mN.m <sup>-1</sup>
$\sigma_{\text{VODA-OLEJ}}$	= 38 mN.m <sup>-1</sup>
$\sigma_{\text{VZDUCH-ETHANOL}}$	= 22 mN.m <sup>-1</sup>
$\sigma_{\text{SAPONÁTU}} < \sigma_{\text{VODA}}$	→ praní

### 6.4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

- stykový úhel  $u$**  mezi stěnou nádoby a povrchovou vrstvou
- kapilární tlak**
  - vzniká pod zakřiveným povrchem kapaliny
  - je způsoben pružností povrchové vrstvy

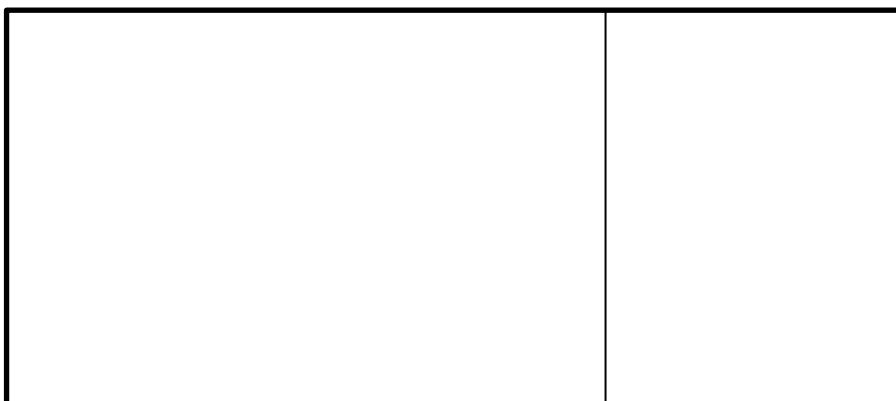
$F_K$  – přitažlivá síla molekul kapaliny

$F_N$  – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)

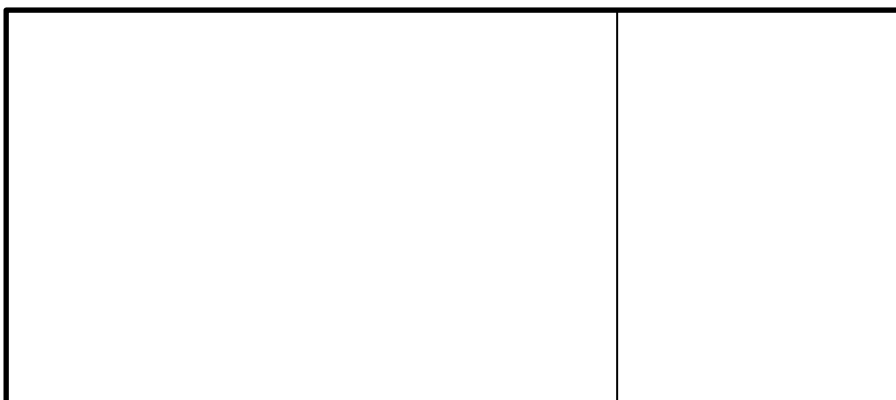
#### a) kapalina smáčí stěny nádoby

- dutý povrch
- $0^\circ \leq u < 90^\circ$
- $u = 0^\circ$  dokonale smáčí stěny
- vnitřní tlak je menší
  - o kapilární tlak
  - ve srovnání s vodorovnou hladinou
- voda ve skle  $u = 8^\circ$



#### b) kapalina nesmáčí stěny nádoby

- vypouklý povrch
- $90^\circ < u \leq 180^\circ$
- $u = 180^\circ$  dokonale nesmáčí stěny
- vnitřní tlak je větší
  - o kapilární tlak
  - ve srovnání s vodorovnou hladinou
- rtuť ve skle  $u = 128^\circ$



**Pokus balónky** – po spojení se menší bublina zmenšuje, až zanikne

Kapilární tlak s klesajícím poloměrem roste.

## 6.5. KAPILÁRNÍ JEVY

**kapilára** – úzká trubice

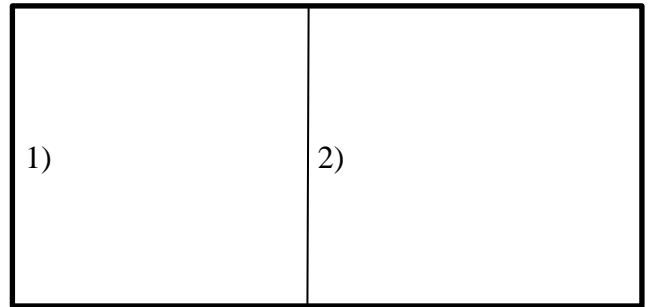
v kapiláře vytvoří povrch kapaliny prohnutou plochu (meniskus)

### 1) kapilární elevace

- kapalina smáčí stěny nádoby
- v kapiláře vzestup vzhledem k hladině – nižší tlak
- dutý vrchlík

### 2) kapilární deprese

- kapalina nesmáčí stěny nádoby
- v kapiláře snížení vzhledem k hladině – vyšší tlak
- vypuklý vrchlík



R – poloměr kapiláry

$\rho$  – hustota kapaliny

- platí pro elevaci i depresi

$$F = F_h$$

$$\sigma \cdot 2\pi \cdot R = h\rho g \cdot \pi \cdot R^2$$

$$2\sigma = h\rho g \cdot R$$

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

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

$$l = 2\pi R$$

$$F = \sigma 2\pi R$$

$$F_h = pS$$

$$F_h = h\rho g \cdot \pi R^2$$



- vysvětlují schopnost vstřebávat vlhkost
- uchování spodní vláhy okopáváním – rozrušíme kapiláry a nevypařuje se
- stlačením půdy se kapilára vytvoří – závlaha semen
- vzlínavost v cévách rostlin
- izolace budov zabrání vzlínání vlhkosti
- pájení – dokonalé spojení

## 6.6. TEPLTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

- objem kapaliny s  $\uparrow t \uparrow$
- různé kapaliny se roztahují různě
- **malé  $\Delta t$** 
  - $V = V_1 (1 + \beta \Delta t)$
  - $\beta$  – teplotní součinitel objemové roztažnosti kapalin (MFCHT)
  - $\beta$  kapalin  $>$   $\beta$  pevných látek
- **větší  $\Delta t$** 
  - $V = V_1 (1 + \beta_1 \Delta t + \beta_2 (\Delta t)^2)$

$$\begin{array}{ll} \text{voda} & \beta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1} \\ \text{petrolej} & \beta = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1} \\ \text{líh} & \beta = 11 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1} \end{array}$$

$$\text{rtuť} \quad \begin{array}{l} \beta_1 = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1} \\ \beta_2 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1} \end{array}$$

Využití – kapalinové teploměry, termostatické ventily

se změnou teploty se mění hustota

$$\rho = \rho_1 (1 - \beta \Delta t)$$

**anomálie vody** – výjimka mezi kapalinami

- Při zvyšování teploty od 0°C do 4°C se  $V \downarrow$  a  $\rho \uparrow$ .
- Hustota vody je největší při teplotě 4°C. (při 8  $\approx$  0)
- Při dalším zvyšování teploty dochází ke snižování hustoty vody ( $\uparrow V$ ).

Při ochlazení vody k bodu mrazu bude klesat ke dnu nejdříve voda o teplotě 4°C (protože má vyšší hustotu), čímž bude vytlačovat k hladině chladnější vodu. Chladnější voda na hladině proto zamrzne dříve a vytvoří příkrov, pod nímž se může udržet život i v zimě.

