

Kapalné látky

Základní mikroskopické vlastnosti:

- Částice vykonávají značný tepelný pohyb (viz Brownův pohyb)
- Kmitají v řádech 10^{12} Hz v ekvilibriální poloze a po zlomku sekundy zaujmají novou ekvilibriální pozici (zvýšení $T \rightarrow$ snížení času v ekvilibriální pozici \rightarrow snížení viskozity)
- Částice jsou ve stavu mezi pravidelnými krystaly pevných látek a naprostým neuspořádáním plynů
- Krátkodosahové uspořádání- vesměs podobné jako u amorfních látek
- Malé vzdálenosti mezi částicemi oproti plynům (\rightarrow silné přitažlivé síly)
- Přitažlivé síly částic způsobují mj. povrchové napětí či kapilaritu

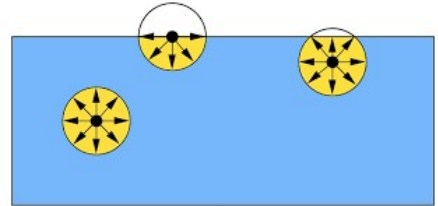
Povrchová vrstva

Díky své pružné povrchové vrstvě může dojít k situaci, kdy se povrch kapalina prohne a nadnáší předmět hustší (např. jehla) než kapalina sama

Sféra molekulového působení- myšlená koule o poloměru (r), při jehož překročení jsou přitažlivé síly částic kapaliny působící na určitou částici zanedbatelné

Pokud se sféra molekulového působení nachází uvnitř kapaliny, síly působící ze všech stran se vyvažují

Pokud sféra molekulového působení zasahuje mimo kapalinu (tj. částice je blízko povrchu kapaliny), výslednice sil působí kolmo k povrchu a dovnitř kapaliny (\leftarrow okolní plyny působí extrémně slabě)



Povrchová vrstva- částice jejichž sféry molekulového působení zasahují mimo kapalinu

Vnitřní (kohezní) tlak- síla působící na kapalinu díky síle povrchové vrstvy (jde řádově o GPa- tlak vyšší než atmosférický či samotný kapalinový \rightarrow nízká stlačitelnost kapalin)

Povrchová energie- energie nutná k posunutí částice z vnitřku kapaliny vně (potenciální energie povrchové vrstvy)

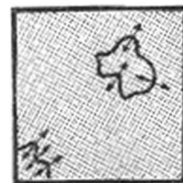
Síly povrchové vrstvy způsobují, že kapalina nabývá tvaru s nejmenším povrchem / nejnižší energií (\rightarrow kulovité kapky)

Pružná povrchová vrstva dokáže tedy nést objekty hustší než kapalina, dokud povrchová vrstva není narušena

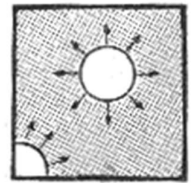
Povrchová síla

Jedná se o sílu působící v rovině povrchové vrstvy na každou částici

Povrchová síla je tečnou k povrchu kapaliny v daném bodě



a



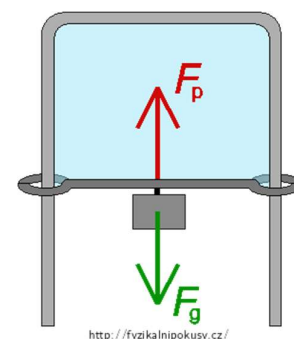
b

Lze ji určit experimentálně- v rámečku s jednou pohyblivou stranou a „kapalinovou blánu“ uvnitř ($2F_p$ - jelikož jeden povrch z každé strany):

- $F_g < 2F_p$ – „blána“ zaujme nejmenší povrch (stáhne se)
- $F_g = 2F_p$ – gravitační síla závaží je rovna povrchové síle
- $F_g > 2F_p$ – „blána“ ztratí soudržnost

Povrchová síla samozřejmě působí i na ostatní 3 pevné strany rámečku

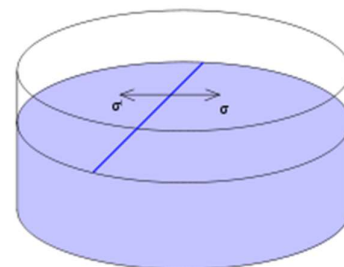
Poměr gravitační a povrchové síly je podstata odkapávání



Povrchové napětí

Povrchové napětí (σ) je podíl povrchové síly (F_p) působící kolmo na délku okraje povrchové vrstvy (l)

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



Povrchové napětí (σ)- jednotka N/m- závisí na druhu kapaliny (některé v tabulkách) a okolním prostředí (s rostoucí T klesá)

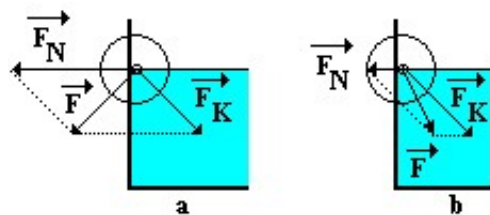
Přidáním tzv. smáčedel (saponáty) se sníží povrchové napětí vody (\rightarrow voda lépe smáčí vlákna i nečistoty, snáze proniká do skulin)

Např.: povrchová síla kapky při odkápnutí je gravitační síla ($m \cdot g$) dělená obvodem dané kapiláry/kapky

Např.: oka tuku se na polévce neroztečou, jelikož mají vyšší povrchové napětí než voda; pohyb lodičky/lístku po hladině po přidání saponátu- povrchové napětí saponátu je nižší, povrchové síly sousedních částic vody již nejsou ekvilibriální

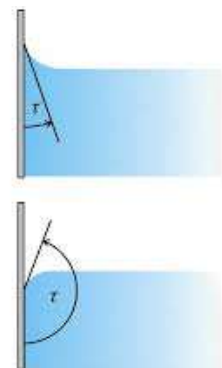
Jevy na rozhraní pevného tělesa a kapaliny

Povrch nemůže být dokonale rovný, jelikož výslednice přitažlivých by nesměřovala kolmo ke stěně nádoby:



Kapaliny v pevných nádobách interagují se stěnami nádoby:

- 1) Kapalina smáčí stěny nádoby- u stěny se kapalina zakřivuje směrem nahoru (dutý povrch)
- 2) Kapalina nesmáčí stěny nádoby- u stěny se tvoří vypouklý povrch



Stykový úhel (θ)- (max. 180°):

- $\theta = 0$ – kapalina dokonale smáčí stěny (např. supratekuté helium)
- $\theta < \frac{\pi}{2}$ (ostré úhly) – reálně smáčí (např. voda-sklo, cca 8°)
- $\theta > \frac{\pi}{2}$ (tupé úhly)– reálně nesmáčí (např. rtuť-sklo, cca 128°)
- $\theta = \pi$ – dokonale nesmáčí (např. voda-hydrofobní tkanina)



Kapilární tlak (p_k)- pod zakřiveným povrhcem při stěnách nádoby (kapilárách, kapkách atd.) vzniká v kapalině odlišný tlak:

- Smáčí stěny (dutý)- vnitřní tlak je nižší o kapilární tlak
- Nesmáčí stěny (vypouklý)- vnitřní tlak je vyšší o kapilární

Obecně vzniká kapilární tlak zakřivením povrchu kapaliny (i např. v bublinách)

Kapilární tlak vzniká pouze pokud je kapalina na rozhraní s jiným médiem

Laplaceova rovnice (odvozená od kapiláry- viz obrázek):

$$F_k = \cos(\theta) \cdot F_p$$

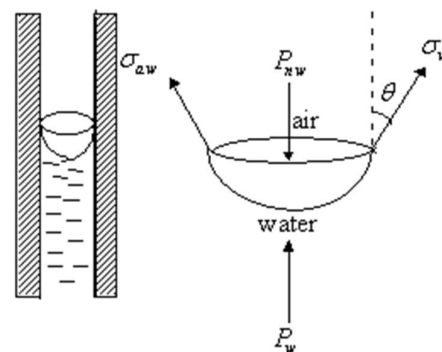
$$p \cdot A = \cos(\theta) \cdot \sigma \cdot l$$

p_w (odpor částic ← nestlačitelnost kapalin)

$$(p_w - p_{nw}) \cdot \pi r^2 = \cos(\theta) \cdot \sigma \cdot 2\pi r$$

$$p_k = p_{voda} - p_{atm}$$

$$p_k = \frac{2\sigma \cdot \cos(\theta)}{r}$$



Kapilární tlak dokonale smáčejších/nesmáčejších kapalin s jedním povrchem (např. kapilára, kapalina v nádobě, kapka, bublina vzduchu ve vodě):

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

Kapilární tlak dokonale smáčejších/nesmáčejších kapalin s dvěma povrchy- tzn. vnitřním a vnějším (bublina se vzduchem uvnitř i vně):

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

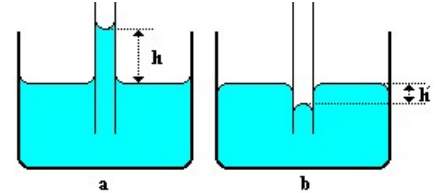
Kapilární tlak roste s klesajícím poloměrem kulového povrchu kapaliny (tzn. je větší v menší kapiláře/bublině)

Kapilární jevy

Základní kapilární jevy:

- Kapilární elevace a deprese
- Zakřivení povrchu kapaliny při stěně nádoby
- Kapky a bublinky

Chování v kapilárách¹ v nádobě s kapalinou- způsobeno výrazně menším průměrem kapiláry oproti nádobě (→ výrazný kapilární tlak závislý na smáčivosti kapaliny):



- Kapilární elevace
 - Kapaliny smáčející stěny kapiláry (duté)
 - Hladina v kapiláře je výše než hladina nádoby
 - Tlak v kapiláře je nižší právě díky kapilární tlak → zvýšení kapaliny a vyrovnání pomocí hydrostatického tlaku
- Kapilární deprese
 - Kapaliny nesmáčející stěny kapiláry (vypouklé)
 - Hladina v kapiláře je níže než hladina nádoby
 - Tlak v kapiláře je vyšší o kapilární tlak

$$\Delta p_{hydrost.} = p_k$$

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

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

U dokonale smáčivých tekutin je $\cos\theta = 1$ (→ elevace) a u dokonale nesmáčivých -1 (→ deprese)

Např.: vysvětlují savost vaty, půdy; jedním z mechanismů rostlinného cévního systému je vztlínání živných rostoků; orba rozrušuje půdní kapiláry a zabraňuje vypařování)

Teplotní roztažnost

Ze své podstaty se kapaliny při změně teploty mohou roztahovat pouze objemově

U většiny² látek objem roste s teplotou

Experimentálně zjištěno, že při malých rozdílech teploty platí:

$$\Delta V \approx V_i \cdot \beta \cdot \Delta T$$

¹ Tj. ve velmi úzkých trubičkách

² Výjimkou je např. tzv. **anomálie vody** při 0-4°C (kde se při zahřívání zmenšuje její hustota/objem, což je způsobeno táním mikrokrystalek ledu) či ScF_3

Anomálie vody umožňuje život v rybnících (4°C voda se drží u dna i při zamrzlém povrchu)

Teplotní součinitel roztažnosti kapaliny (β)- experimentálně určená hodnota (v tabulkách)- jednotka reprocční kelvin (K^{-1})

Při velkých teplotních změnách nabývá roztažnost kvadratického charakteru a mění se součinitel roztažnosti

Součinitelé roztažnosti jsou obecně vyšší u kapalin, než u pevných látek

Zákon o zachování hmotnosti \rightarrow hustota se při malých teplotních rozdílech mění obdobně:

$$\Delta \rho \approx -\rho_i \cdot \beta \cdot \Delta T$$

Hustota s teplotou klesá (zvyšuje se objem a hmotnost je konstantní)

Např.: princip kapalinových teploměrů (rtuťové, lihové); termostatické ventily na topení (roztahující se kapalina reagující na vnější teplotu skrz píst uzavírá průtok vody)