

Fázová rozhraní

s.1
m13

- druhy: $l/g, l/l, s/g, s/l, s/s$
mobilní

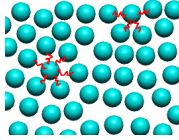
Příklad. Kolik % molekul vody je na povrchu kapičky mlhy o průměru a) 0.1 mm (hranice viditelnosti okem) b) 200 nm (hranice viditelnosti optickým mikroskopem)?

$$\% \approx 10^6 \cdot \frac{V_{\text{povrch}}}{V_{\text{objem}}}$$

Mezifázová energie (povrchové napětí)

$$\gamma = \left(\frac{\partial G}{\partial A} \right)_{T,p}$$

$$dG = dW_{\text{rozhr}} = \gamma dA \stackrel{l/l, l/g}{=} \gamma l dx$$



- Povrchové napětí kapalin s rostoucí teplotou klesá. V kritickém bodě je nulové.
- Mezifázová energie krystalu závisí na směru.

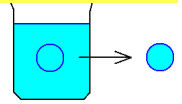
Příklad. Jaká energie je potřeba na rozdrncení krystalu kuchyňské soli (1 cm³) na prášek o velikosti částic 1 μm? Povrchová energie (krystalové roviny 100) je asi 2.6 J m⁻².

191

Kelvinova rovnice

s.5
m13

$$\left(\frac{\partial \ln f}{\partial p} \right)_T = \frac{V_m}{RT}$$



Převod (1 mol) látky z kapaliny s rovinným rozhraním do kapek o poloměru r. Tlak se zvětší o $2\gamma/r$ a fugacita z f_∞ na f_r :

$$\ln \frac{f_r}{f_\infty} = \frac{2\gamma V_m}{RT r}$$

⇒ tlak nasycených par nad kapkou je větší / v bublině je menší

$$\ln \frac{p_r^s}{p_\infty^s} = \pm \frac{2\gamma V_m^{(l)}}{RT r}$$

Příklad. Tlak nasycených par vody je 3.15 kPa při 25 °C. Jak se změní nad membránou o velikosti pórů 100 nm? $\gamma_{\text{voda}} = 72 \text{ mN m}^{-1}$.

smáčeti: 3.08 kPa, nesmáčeti: 3.22 kPa

Povrchové napětí kapalin

s.2
m13

Tlak v kapce o poloměru r:

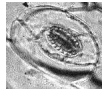
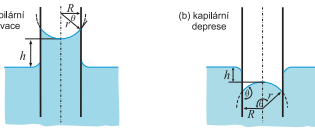
$$p_{\text{Laplaceův}} = p_{\text{vnitř}} - p_{\text{venku}} = \frac{2\gamma}{r}$$

Kapilární elevace/deprese v kapiláře o poloměru r

$$h = \frac{\cos \theta \cdot 2\pi r \gamma}{\pi r^2 \rho g} = \frac{2\gamma \cos \theta}{r \rho g}$$

θ = kontaktní úhel (úhel smáčení)

Příklad. Jak velké mohou být maximálně póry v listech 10 m vysokého stromu? Povrchové napětí vody je $\gamma = 72 \text{ mN m}^{-1}$.



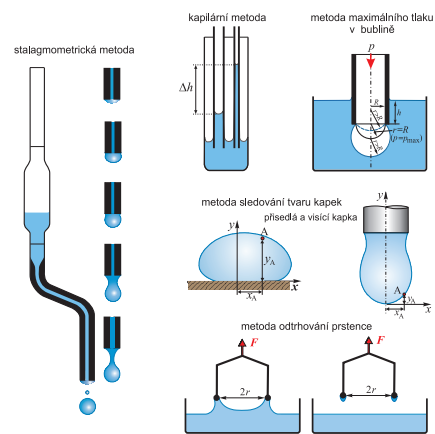
Příklad. Jak velká je tloušťka kaluže rtuti, kterou opatrně rozlijeme na rovnou nesmáčivou podložku? $\gamma = 0.485 \text{ N m}^{-1}$, $\rho = 13.6 \text{ g cm}^{-3}$.

3.8 mm

Metody výpočtu: rovnováha sil, minimalizace energie

Měření povrchového napětí

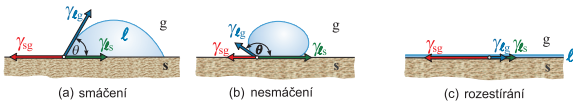
s.6
m13



Rozestírání

s.3
m13

Na povrchu tuhé látky:

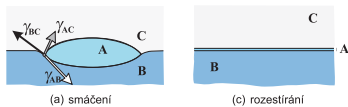


Youngova rovnice: součet vektorů mezifázových napětí je nulový

$$\gamma_{sg} = \gamma_{ls} + \gamma_{lg} \cos \theta$$

Rozestírání: $\gamma_{sg} > \gamma_{ls} + \gamma_{lg}$

Na povrchu kapaliny:

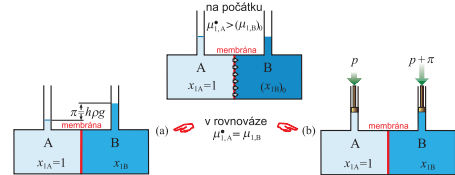


Kapka: $\gamma_{BC} < \gamma_{AB} + \gamma_{AC}$, rozestírání: $\gamma_{BC} > \gamma_{AB} + \gamma_{AC}$

Osmóza

s.7
m13

1 = rozpouštědlo



$$\mu_1^*(p_A) = \mu_1(p_A, 1) = \mu_1(p_B, x_1) \stackrel{\text{id. roztok}}{=} \mu_1(p_B, 1) + RT \ln(1 - x_2)$$

$$V_{1m} = \text{const.}, x_2 \ll 1 \Rightarrow \mu_1(p_A, 1) + V_{1m}(p_B - p_A) - RT x_2 = \mu_1(p_B, 1)$$

$$\Rightarrow V_{1m} p_{\text{osm}} = RT \frac{n_2}{n} \Rightarrow p_{\text{osm}} = c_2 RT \quad (\text{van't Hoff, soli: } c_2 = c_{\text{ionty}})$$

Příklad. Vypočtete minimální tlak potřebný k odsolení mořské vody za teploty 300 K reverzní osmózou a minimální energii potřebnou k výrobě 1 m³ sladké vody. Koncentrace iontů v mořské vodě je 1.12 mol dm⁻³.

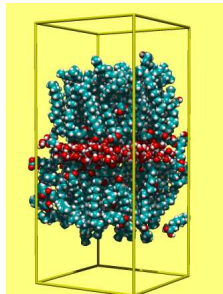
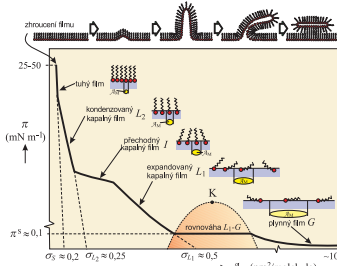
28 bar, 2.8 MJ

Povrchové aktivní látky (surfaktanty)

s.4
m13

surface active (acting) agent

- snížují povrchové napětí
- obv. hydrofilní „hlavička“ (-COOH aj.) a hydrofobní „ocásek“ (uhlovodíkový: 0.205 nm²/molekulu)



Příklad. Kolik bublin o průměru 5 cm je možné teoreticky vytvořit z mýdlové vody z 1 g mýdla (C₁₇H₃₅COONa)?

000 52