

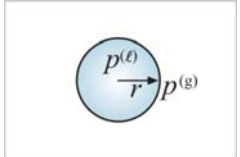
14. ZAKŘIVENÁ FÁZOVÁ ROZHRAŇÍ

01 Rozdíl tlaků na zakřiveném rozhraní - Laplaceova-Youngova rovnice	1
02 Kapilární elevace, dokonalé smáčení.....	1
03 Povrchové napětí metodou kapilární elevace, dokonalé smáčení.....	2
04 Kapilární elevace, dokonalé smáčení.....	2
05 Kapilární elevace mezi rovinnými povrchy, dokonalé smáčení	2
06 Úhel smáčení metodou kapilární elevace.....	2
07 Kapilární elevace a deprese, úhel smáčení.....	2
08 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou	3
09 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou	3
10 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou, Clausiova-Clapeyronova rovnice.....	3
11 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře; dokonalé a nedokonalé smáčení	3
12 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře.....	3
13 Vliv zakřivení na rozpustnost pevných látek v kapalinách.....	3
14 Vliv zakřivení na rozpustnost omezeně mísitelných kapalin.....	3

$$p_i - p_e = \frac{2\gamma}{r}$$

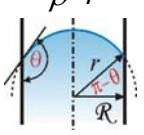
$$h = \frac{2\gamma_{lg} \cos \theta}{\rho^{(l)} g R}$$

konvexní



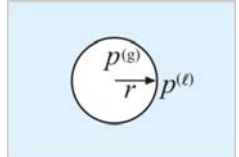
$$RT \ln \frac{p_r^s}{p_\infty^s} = \frac{V_m^\ell \cdot 2 \cdot \gamma}{r} = \frac{M \cdot 2 \cdot \gamma}{\rho \cdot r}$$

$$r = \frac{R}{\cos \theta}$$



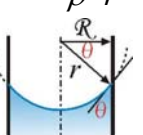
$$RT \ln \frac{(c_i)_r}{(c_i)_\infty} = \frac{2\gamma \cdot V_m^{s,\ell}}{r}$$

konkávni



$$RT \ln \frac{p_r^s}{p_\infty^s} = -\frac{V_m^\ell \cdot 2 \cdot \gamma}{r} = -\frac{M \cdot 2 \cdot \gamma}{\rho \cdot r}$$

$$r = \frac{R}{\cos(\pi - \theta)}$$



Podmínka rovnováhy na zakřiveném rozhraní – kapilární elevace a deprese

01 Rozdíl tlaků na zakřiveném rozhraní - Laplaceova-Youngova rovnice

Do vzduchu byla při teplotě 35°C a tlaku 102,1 kPa rozprášena kapalina ve formě kapiček o poloměru 6 μm. Povrchové napětí kapaliny je 42 mN m⁻¹ a její hustota 0,93 g cm⁻³. Jaký je tlak uvnitř kapky?
[p^(l) = 116,1 kPa]

02 Kapilární elevace, dokonalé smáčení

Na záhonu rostou růže se stonky o délce asi 50 cm. Buněčné stěny jsou protkány sítí malých kanálků (kapilár), které umožňují transport vody v rostlinách. Předpokládejte, že voda dokonale smáčí buněčné stěny a že kapilární kanálky mají střední průměr 80 μm. Vystoupí voda při venkovní teplotě 20°C díky kapilární elevaci až ke květu? Povrchové napětí vody je 72,6 mN m⁻¹, hustota 0,998 g cm⁻³.

[h = 0,37 m - voda nevystoupí až ke květu]



03 Povrchové napětí metodou kapilární elevace, dokonalé smáčení

Při měření povrchového napětí kapaliny metodou kapilární elevace vystoupila hladina kapaliny v kapiláře o průměru 0,2 mm do výšky 9 cm nad rovinnou hladinu kapaliny v širší nádobě. Kapalina dokonale smáčí materiál kapiláry a její hustota má hodnotu $1,076 \text{ g cm}^{-3}$. Vypočítejte z těchto údajů povrchové napětí kapaliny.

$$[\gamma = 47,5 \text{ mN m}^{-1}]$$

04 Kapilární elevace, dokonalé smáčení

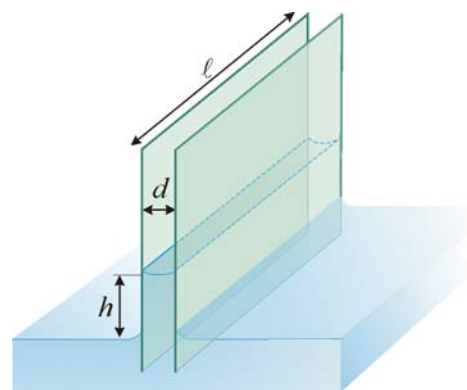
Ve chlévě vám zvlhla zeď až do výšky 1,5 m. Za předpokladu, že voda smáčí dokonale materiál zdiva, odhadněte efektivní průměr póru ve zdivu. Pro povrchové napětí vody počítejte s hodnotou 71 mN m^{-1} , pro hustotu 1 g cm^{-3} . Jak velikého tlaku by bylo zapotřebí, abyste zabránili vnikání vody do zdi?

$$[d = 19,3 \text{ } \mu\text{m}; \Delta p = 14,715 \text{ kPa}]$$

05 Kapilární elevace mezi rovinnými povrchy, dokonalé smáčení

Vypočítejte výšku h , do níž vystoupí kapalina mezi dvěma planparalelními destičkami vzdálenými o $d = 0,6 \text{ mm}$, které jsou částečně vnořené do kapaliny (viz obrázek). Povrchové napětí kapaliny je $45,6 \text{ mN m}^{-1}$, její hustota $0,886 \text{ g cm}^{-3}$. Předpokládejte, že úhel smáčení je nulový a že desky jsou tak velké, že koncové efekty je možno zanedbat.

$$[h = 17,5 \text{ mm}]$$



06 Úhel smáčení metodou kapilární elevace

Úhel smáčení mezi sklem a kapalinou, jejíž povrchové napětí je 18 mN m^{-1} a hustota $\rho = 1,056 \text{ g cm}^{-3}$, byl měřen při teplotě 25°C kapilární metodou: v kapiláře o vnitřním průměru 0,05 mm se meniskus kapaliny ustavil ve výšce 93 mm nad hladinou kapaliny v široké nádobce, do níž je kapilára vnořena. Vypočítejte z těchto údajů úhel smáčení.

$$[\theta = 48^\circ]$$

07 Kapilární elevace a deprese, úhel smáčení

Kapalina A, jejíž povrchové napětí je $\gamma_A = 28 \text{ mN m}^{-1}$ a hustota $\rho_A = 1,16 \text{ g cm}^{-3}$, vystoupí ve skleněné kapiláře o vnitřním průměru 0,04 mm do výšky 92 mm nad hladinu kapaliny v široké nádobce, do níž je kapilára vnořena.

- (a) Vypočítejte z těchto údajů úhel smáčení kapaliny A na skle.
- (b) Kapka kapaliny B, která má stejné povrchové napětí i hustotu, vytvoří na rovinné skleněné desce kapku, jejíž povrch svírá s rovinou desky úhel $\theta_B = 100,4^\circ$. Bude tato kapalina ve svislé skleněné kapiláře vykazovat kapilární elevaci nebo depresi? Jak velikou?

$$[(a) \theta_A = 68^\circ; (b) \text{ deprese } h_B = -44 \text{ mm}]$$

Tlak páry nad zakřiveným rozhraním – Kelvinova rovnice

08 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou

Tlak nasycené páry kapaliny o molární hmotnosti 183 g mol^{-1} při teplotě 33°C je $5,2 \text{ kPa}$. Její povrchové napětí při uvedené teplotě má hodnotu 68 mN m^{-1} , hustota $0,88 \text{ g cm}^{-3}$. Jaký je tlak páry nad kapkami této kapaliny o průměru $0,3 \text{ }\mu\text{m}$? $[p_r^s = 5,6 \text{ kPa}]$

09 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou

Tlak páry nad kapičkami kapaliny o molární hmotnosti 260 g mol^{-1} , hustotě $0,855 \text{ g cm}^{-3}$ a povrchovém napětí 35 mN m^{-1} , rozptýlené při teplotě 31°C ve vzduchu, má hodnotu $16,8 \text{ kPa}$. Rovnovážený tlak nasycené páry studované kapaliny (s rovinným povrchem) při stejné teplotě je $16,54 \text{ kPa}$. Vypočítejte velikost kapiček (tj. jejich poloměr). $[r = 0,54 \text{ }\mu\text{m}]$

10 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou, Clausiova-Clapeyronova rovnice

Kapalina o hustotě $0,022 \text{ mol cm}^{-3}$ při teplotě 35°C má povrchové napětí $43,5 \text{ mN m}^{-1}$. Normální bod varu kapaliny je 78°C , výparné teplo, $37,2 \text{ kJ mol}^{-1}$, je možno považovat za konstantní. Jaká je tenze páry nad kapičkami této kapaliny o průměru 18 nm ? Předpokládejte, že teplotní závislost rovnovážného tlaku nasycené páry je možno popsat Clausiovou Clapeyronovou rovnicí. $[p_r^s = 20,315 \text{ kPa}]$

11 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře; dokonalé a nedokonalé smáčení

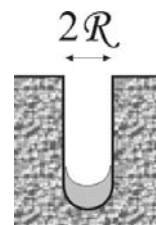
Povrchové napětí nitrobenzenu je 39 mN m^{-1} , molární objem má hodnotu $102,2 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$, rovnovážný tlak nasycené páry nad kapalinou s rovinným povrchem při teplotě 303 K je $p_\infty^s = 2,271 \text{ kPa}$. Při teplotě 303 K vypočítejte tlak páry nad meniskem nitrobenzenu

- (a) v tenké kapiláře o průměru $0,46 \text{ }\mu\text{m}$, která je nitrobenzenem dokonale smáčena ($\theta = 0^\circ$)
(b) v kapiláře stejného průměru, ale z materiálu, pro který má úhel smáčení hodnotu $\theta = 55^\circ$.

$$[(a) p_r^s = 2,24 \text{ kPa}, (b) p_r^s = 2,253 \text{ kPa}]$$

12 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře

Při jakém tlaku bude za teploty 40°C kondenzovat pára kapaliny ve válcovitých zkumavkovitých pórech o poloměru $3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$? Tlak nasycené páry kapaliny s rovinným povrchem za uvedené teploty je $4,2 \text{ kPa}$, povrchové napětí má při 40°C hodnotu 48 mN m^{-1} a 3 moly kapaliny zaujímají objem 540 cm^3 . Předpokládejte nulový úhel smáčení. $[p_r = 3,366 \text{ kPa}]$



Vliv zakřivení na rozpustnost

13 Vliv zakřivení na rozpustnost pevných látek v kapalinách

Pevná látka při rozpouštění velkých krystalů tvoří při teplotě 322 K nasycený roztok o koncentraci $5,2 \text{ hm.}\%$. Odhadněte o kolik procent se při stejné teplotě zvýší rozpustnost této látky v tomtéž rozpouštědle ($\rho^{(l)} = 0,823 \text{ g cm}^{-3}$), jestliže ji rozpouštíme ve formě částic přibližně kulovitého tvaru, jejichž specifický povrch je $4,22 \text{ m}^2/\text{g}$. Mezifázové napětí pevná látka-nasycený roztok je 62 mN m^{-1} . Látka při rozpouštění nedisociuje a její molární hmotnost je $M^{(s)} = 136 \text{ g mol}^{-1}$.

$$[100 (c_r - c_\infty)/c_\infty = 0,89 \% (c_r = 5,2463 \text{ hm.}\%)]$$

14 Vliv zakřivení na rozpustnost omezeně mísitelných kapalin

V systému dvou omezeně mísitelných kapalin je při teplotě 30°C rovnovážná koncentrace organické kapaliny (A) ve vodné fázi $1,7 \text{ mmol dm}^{-3}$ (při rozpouštění nedochází k disociaci). Mezifázové napětí vodná fáze(V)-organická fáze(A) je 35 mN m^{-1} . Při rozpouštění kapaliny A ve vodě ve formě malých kapiček je rozpustnost vyšší. Vypočítejte jaký průměr by měly mít kapičky, aby se za dané teploty rozpustnost zvýšila alespoň o $1,5 \%$. Hustota organické kapaliny je $\rho_A = 0,957 \text{ g cm}^{-3}$, její molární hmotnost $M_A = 118 \text{ g mol}^{-1}$. $[d = 0,46 \text{ }\mu\text{m}]$