ZAKŘIVENÁ FÁZOVÁ ROZHRANÍ

$$p_\mathrm{i} - p_\mathrm{e} = \frac{2\gamma}{r}$$

$$h = \frac{2\,\gamma_{\ell\mathrm{g}}\cos\theta}{\rho^{(\ell)}\,g\,\mathcal{R}}$$

konvexní

$$\boldsymbol{R}\,T\,\ln\frac{p_r^\mathrm{s}}{p_\infty^\mathrm{s}} = \frac{V_\mathrm{m}^\ell\cdot 2\cdot\gamma}{r} = \frac{M\cdot 2\cdot\gamma}{\rho\cdot r}$$

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

$$\boldsymbol{R}T\,\ln\frac{(c_i)_r}{(c_i)_\infty} = \frac{2\,\gamma\cdot V_\mathrm{m}^{s,\ell}}{r}$$

konkávní

$$\boldsymbol{R}\,T\,\ln\frac{p_r^\mathrm{s}}{p_\infty^\mathrm{s}} = -\frac{V_\mathrm{m}^\ell\cdot 2\cdot\gamma}{r} = -\frac{M\cdot 2\cdot\gamma}{\rho\cdot r}$$

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

Podmínka rovnováhy na zakřiveném rozhraní – kapilární elevace a deprese

1 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?

[$p^{(\ell)}$ = 116,1 kPa]

2 Laplaceova-Youngova rovnice

Vypočítejte tlak v bublině o průměru 0,005 mm, která se při teplotě 25°C a atmosférickém tlaku 104 kPa nachází 0,5 m pod hladinou vody. Povrchové napětí vody je 71,8 mN m^{-1} a její hustota 0,997 g cm^{-3}.

[p^{bublina} = 166,3 kPa]

3 Kapilární elevace, Laplaceova-Youngova rovnice

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 20ºC 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]

4 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 g cm^{-3}. Vypočítejte z těchto údajů povrchové napětí kapaliny.

[γ=47,5 mN m^{-1}]

5 Kapilární elevace, dokonalé smáčení

Sousedovi zvlhla zeď domu až do výšky 1,5 m. Za předpokladu, že voda smáčí dokonale materiál zdiva, vypočítejte efektivní průměr póru ve zdivu. Pro povrchové napětí vody počítejte s hodnotou 71 mN m^{-1}, pro hustotu 1 g cm^{-3}.

[d = 19,3 μm]

6 Kapilární elevace, dokonalé smáčení, Laplaceova-Youngova rovnice

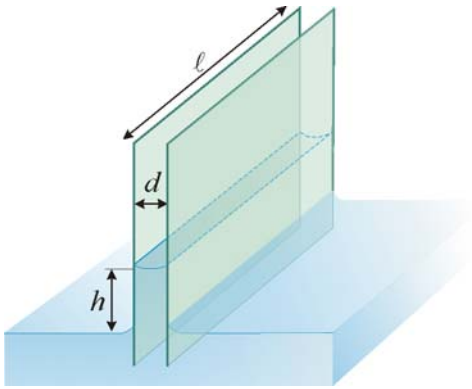
V desce z porézního materiálu vystoupil butylalkohol do výšky 0,85 m. Je-li za dané teploty povrchové napětí butylalkoholu 25,4 mN m^{-1}, jeho hustota 0,812 g cm^{-3} a je-li možno předpokládat dokonalé smáčení, odhadněte střední průměr pórů materiálu. Jak velikého tlaku by bylo zapotřebí, abychom zabránili vnikání butylalkoholu do tohoto pórovitého materiálu?

[d = 15 μm , Δp = 6,771 kPa]

7 Kapilární elevace, dokonalé smáčení

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

[h = 17,5 mm]



8 Kapilární elevace, úhel smáčení

Kapalina, jejíž povrchové napětí je 18 mN m^{-1} a hustota ρ = 1,076 g cm^{-3} , vystoupí v kapiláře o vnitřním průměru 0,04 mm do výšky 92 mm nad hladinu kapaliny v široké nádobce, do níž je kapilára vnořena. Vypočítejte z těchto údajů úhel smáčení.

[θ = 57,35°]

9 Kapilární elevace, úhel smáčení

Úhel smáčení mezi sklem a kapalinou, jejíž povrchové napětí je 15 mN m^{-1} a hustota ρ = 1,153 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 96 mm nad hladinou kapaliny v široké nádobce, do níž je kapilára vnořena. Vypočítejte z těchto údajů úhel smáčení.

[θ = 25,2°]

Tlak páry nad zakřiveným rozhraním –Kelvinova rovnice

10 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou

Tlak nasycené páry kapaliny o molární hmotnosti 183 g mol^{-1} při teplotě 33ºC je 5,2 kPa. Její povrchové napětí při uvedené teplotě má hodnotu 68 mN m^{-1}, hustota 0,88 g cm^{-3}. Jaký je tlak páry nad kapkami této kapaliny o průměru 0,3 μm?

[p_r^s = 5,6 kPa]

11 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou

Tlak páry kapaliny rozptýlené do kapek o průměru 0,5 μm byla při teplotě 40°C 17,2 kPa. Jaký by byla tlak páry nad kapkami poloviční velikosti? Molární objem kapaliny je 90,6 cm^3 mol^{-1}, její povrchové napětí 50,6 mN m^{-1}.

[p^s_{r2} = 17,444 kPa]

12 Kelvinova rovnice – tlak páry nad kapkou

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

[r = 0,54 μm]

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

Kapalina o hustotě 0,022 mol cm^{-3} při teplotě 35°C má povrchové napětí 43,5 mN m^{-1}. Normální bod varu kapaliny je 78°C, výparné teplo, 37,2 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^s_r = 20,315 kPa]

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

Při jaké teplotě by byl tlak páry nad kapalinou s rovinným povrchem stejný jako tlak páry nad kapkami o poloměru 0,2 μm při teplotě 300 K? Povrchové napětí kapaliny je 62 mN m^{-1}, její molární hmotnost 361 g mol^{-1}, hustota 0,6 g cm^{-3} a výparné teplo má hodnotu 22,751 kJ mol^{-1}. Normální teplota varu je 380 K.

[T_2 = 305 K]

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

Povrchové napětí nitrobenzenu je 39 mN m^{-1}, molární objem má hodnotu 102,2 cm^3 mol^{-1}, rovnovážný tlak nasycené páry nad kapalinou s rovinným povrchem při teplotě 303 K je p^s_∞ = 2,271 kPa. Při teplotě 303 K vypočítejte tlak páry nad meniskem nitrobenzenu
(a) v tenké kapiláře o průměru 0,46 μm, která je nitrobenzenem dokonale smáčena (θ = 0°)
(b) v kapiláře stejného průměru, ale z materiálu, pro který má úhel smáčení hodnotu θ = 55°.

[(a) p^s_r = 2,24 kPa, (b) p^s_r = 2,253 kPa]

16 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře, dokonalé smáčení a dokonalé nesmáčení

Povrchové napětí kapaliny je 47 mN m^{-1}, molární objem 280 cm^3 mol^{-1} a rovnovážný tlak nasycené páry nad kapalinou s rovinným povrchem má hodnotu, p^s_∞ = 5,85 kPa. Jaký je tlak páry nad kapalinou v tenké kapiláře o vnitřním průměru 0,2 μm při teplotě 296 K, jestliže
(a) kapalina nesmáčí materiál kapiláry (θ = 180°),
(b) je vyrobena z materiálu, který je kapalinou dokonale smáčen.

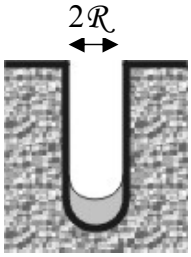
[(a) p^s_∞ = 6,51 kPa, (b) p^s_∞ = 5,26 kPa]

17 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře, dokonalé smáčení

Ústí kapiláry o vnitřním průměru $8\cdot10^{-4}$ mm je při teplotě 30°C ponořeno 1 cm pod hladinou kapaliny, jejíž povrchové napětí je 68 mN m^{-1} a její molární objem má hodnotu $9{,}8 \cdot 10^{-4}$ m^3 mol^{-1}. Kapalina dokonale smáčí materiál kapiláry. Tlak nasycené páry kapaliny s rovinným povrchem při uvažované teplotě je 15,9 kPa. Vypočítejte tlak páry nad kapalinou v kapiláře.

[p^s_r = 13,931 kPa]

18 Kelvinova rovnice – kapalina v kapiláře



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

[p_r = 3,366 kPa]

Vliv zakřivení na rozpustnost

19 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 hm.%. Odhadněte o kolik procent se při stejné teplotě zvýší rozpustnost této látky v tomtéž rozpouštědle (ρ = 0,823 g cm^{-3}), jestliže ji rozpouštíme ve formě částic přibližně kulovitého tvaru, jejichž specifický povrch je 4,22 m^2/g. Mezifázové napětí pevná látka-nasycený roztok je 62 mN m^{-1}. Látka při rozpouštění nedisociuje a její molární hmotnost je M_s = 136 g mol^{-1}.

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

20 Vliv zakřivení na rozpustnost pevných látek v kapalinách

Rozpustnost BaF_2 při 20°C ve vodě vzroste o 1,8 %, mají-li rozpuštěné částice poloměr 0,1 μm. Molární hmotnost BaF_2 je 175,36 g mol^{-1} a jeho hustota má hodnotu 3,2 g cm^{-3}. Ve vodném roztoků úplně je BaF_2 disociován.

(a) Zjistěte, pro jak velké částice bude rozpustnost BaF_2 ve vodě (při stejné teplotě) o 0,9 % vyšší než rozpustnost velkých krystalů s rovinným povrchem.

(b) Vypočítejte mezifázové napětí krystaly BaF_2-nasycený roztok.

[(a) $r_2 = 2 \cdot 10^{-7}$ m; (b) γ = 119 mN m^{-1}]

21 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 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 ρ_A = 0,957 g cm^{-3}, její molární hmotnost M_A = 118 g mol^{-1}.

[d =0,46 μm]