

Chemie životního prostředí – seminář

Jaromír Literák

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

11. října 2018



Parciální tlak látky p_i nad jejím roztokem

$$p_i = \gamma_i x_i p_L^*$$

p_i – parciální tlak látky v plynné fázi nad jejím roztokem

γ_i – aktivitní koeficient látky v roztoku

x_i – molární zlomek látky v roztoku

p_L^* – tlak nasycené páry nad čistou látkou

Pro ideální plyn **fugacita** $f_i = p_i$.

Raoultův zákon ($\gamma_i = 1$)

$$p_i = x_i p_i^*$$

Henryho zákon ($\gamma_i \neq 1$ a γ_i jsou konstanty)

$$p_i = x_i K_H'$$

K_H' – Henryho konstanta

Parciální tlak látky p_i nad jejím roztokem

$$K'_H = \frac{p_i}{x_i} = \gamma_i p_i^* \quad [\text{jednotka tlaku}]$$

nebo bezrozměrná udaná jako podíl K'_H a standardního tlaku (1 bar)
 Alternativní formy K_H :

$$K_H = \frac{p_i}{c_i} \quad [(\text{jednotka tlaku}) (\text{jednotka koncentrace})^{-1}]$$

nebo

$$K_H = \frac{c_i}{p_i} \quad [(\text{jednotka koncentrace}) (\text{jednotka tlaku})^{-1}]$$

Parciální tlak látky p_i nad jejím roztokem

Rozdělovací koeficient vzduch-roztok

$$K_{al} = \frac{c_a}{c_l}$$

$$c_a = \frac{p_i}{R T}$$

$$K_{al} = \frac{p_i}{R T c_l} = \frac{p_i}{c_l} \cdot \frac{1}{R T} = \frac{K_H}{R T}$$

Příklad č. 1

Jaká je rozpustnost kyslíku ve vodě jezera (v mg dm^{-3}) při $28\text{ }^\circ\text{C}$?

$$K_H = 1,15 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \text{ atm}^{-1}$$

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ g mol}^{-1}$$

$$x(\text{O}_2) = 0,21$$

Příklad č. 2

Jezero Titicaca se nachází v Andách na hranici mezi Peru a Bolívií v nadmořské výšce **3.810 m**. Odhadněte koncentraci kyslíku v jezerní vodě (v mg dm^{-3}) při $5\text{ }^\circ\text{C}$.

Henryho konstanta K_H je $1,9 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ při této teplotě.

Příklad č. 2

Jezero Titicaca se nachází v Andách na hranici mezi Peru a Bolívií v nadmořské výšce 3.810 m. Odhadněte koncentraci kyslíku v jezerní vodě (v mg dm^{-3}) při 5 °C.

Henryho konstanta K_H je $1,9 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ při této teplotě.

Atmosferický tlak u povrchu jezera?

$$p_z = p_0 \cdot \exp\left(\frac{-z}{7,4 \text{ km}}\right)$$

z – nadmořská výška (v km)

p_0 – atmosferický tlak u hladiny moře

p_z – atmosferický tlak ve výšce z

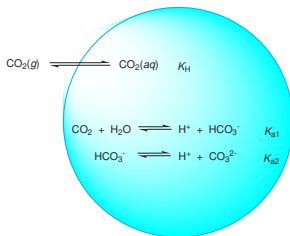
Příklad č. 2

Plytké jezírko je situováno uprostřed velkého města. Koncentrace benzenu ve vzduchu je $c_a = 50 \mu\text{g m}^{-3}$ a ve vodě $c_w = 400 \mu\text{g m}^{-3}$. Určete preferovaný směr pohybu benzenu při jeho výměně mezi vodou a vzduchem při 25 °C.

$$K_{aw} = 0,22 \text{ při } 25 \text{ °C}$$

Příklad č. 3

Jaké je pH deště, jehož kapky se při pohybu atmosférou nasytí oxidem uhličitým? Předpokládejte, že na pH má vliv pouze rozpuštěný CO_2 .



$$K_H = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \text{ atm}^{-1}$$

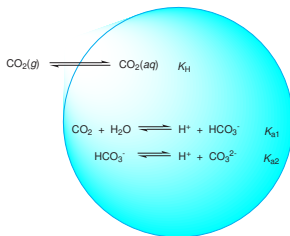
$$x(\text{CO}_2) = 390 \text{ ppm}$$

$$\text{p}K_{a1} = 6,35$$

$$\text{p}K_{a2} = 10,33$$

Příklad č. 3

Jaké je pH deště, jehož kapky se při pohybu atmosférou nasytí oxidem uhličitým? Předpokládejte, že na pH má vliv pouze rozpuštěný CO_2 .

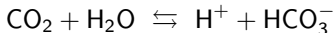


$$K_H = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \text{ atm}^{-1}$$

$$x(\text{CO}_2) = 390 \text{ ppm}$$

$$\text{p}K_{a1} = 6,35$$

$\text{p}K_{a2} = 10,33$ (což znamená, že v rovnováze je velmi nízká koncentrace CO_3^{2-} , tedy pouze disociace do prvního stupně je relevantní)



Příklad č. 4

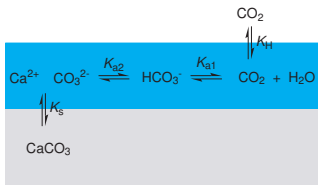
Atmosferická koncentrace CO_2 byla 275 ppm před průmyslovou revolucí. Odhadněte pH srážek při této koncentraci CO_2 v atmosféře.

Příklad č. 5

Vyjádřete maximální rozpustnost (koncentraci) Ca^{2+} ve vodě jako funkci parciálního tlaku CO_2 , který je v rovnováze s roztokem.



Příklad č. 5



$$K_S = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 10^{-8,42} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$$

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 10^{-6,35} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 10^{-10,33} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_H(\text{CO}_2) = \frac{[\text{CO}_2]}{p(\text{CO}_2)} = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \text{ atm}^{-1}$$

Příklad č. 6

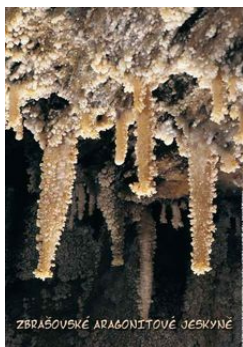
Jaká je koncentrace vápenatých iontů ve vodě, která je v rovnováze s pevným vápencem a vzduchem, který obsahuje 390 ppm oxidu uhličitého? Výsledek udejte jako molární i hmotnostní koncentraci.

$$M(\text{Ca}) = 40,078 \text{ g mol}^{-1}$$

$$x(\text{CO}_2) = 390 \text{ ppm}$$

Příklad č. 7

Zbrašovské aragonitové jeskyně



CO₂ má tendenci hromadit se v níže položených místech jeskyně. Odhadněte poměr koncentrací Ca²⁺ ve vodě v jezírku, které je v rovnováze se vzduchem, který obsahuje 40% (V/V) CO₂, a ve vodě jezírka, které je v rovnováze s běžným vzduchem. V obou případech je jezírko ve vápenci, tudíž je také ustavena rovnováha mezi vodou a vápencem.