

# Chemie životního prostředí – seminář

Jaromír Literák

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

3. listopadu 2015



# 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

$\gamma_i$  – 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  $\gamma_i$  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  $\text{mg dm}^{-3}$ ) 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  $\text{mg dm}^{-3}$ ) 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  $\text{mg dm}^{-3}$ ) 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

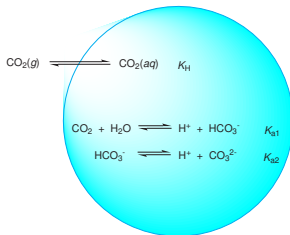
Plytké jezírko je situováno uprostřed velkého města. Koncentrace benzenu ve vzduchu je  $c_a = 50 \mu\text{g m}^{-3}$  a ve vodě  $c_w = 400 \mu\text{g m}^{-3}$ . Určete preferovaný směr pohybu benzenu při jeho výměně mezi vodou a vzduchem při 25 °C.

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



## Příklad č. 3

Jaké je pH deště, jehož kapky se při pohybu atmosférou nasytí oxidem uhličitým? Předpokládejte, že na pH má vliv pouze rozpuštěný  $\text{CO}_2$ .



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

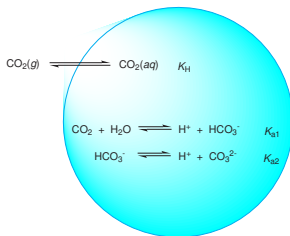
$$x(\text{CO}_2) = 390 \text{ ppm}$$

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

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

## Příklad č. 3

Jaké je pH deště, jehož kapky se při pohybu atmosférou nasytí oxidem uhličitým? Předpokládejte, že na pH má vliv pouze rozpuštěný  $\text{CO}_2$ .

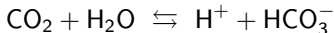


$$K_H = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \text{ atm}^{-1}$$

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

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

$\text{p}K_{a1} = 10,33$  (což znamená, že v rovnováze je velmi nízká koncentrace  $\text{CO}_3^{2-}$ , tedy pouze disociace do prvního stupně je relevantní)



# Příklad č. 4

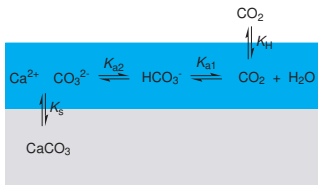
Atmosferická koncentrace  $\text{CO}_2$  byla 275 ppm před průmyslovou revolucí. Odhadněte pH srážek při této koncentraci  $\text{CO}_2$  v atmosféře.

# Příklad č. 5

Vyjádřete maximální rozpustnost (koncentraci)  $\text{Ca}^{2+}$  ve vodě jako funkci parciálního tlaku  $\text{CO}_2$ , 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

## Zbrašovské aragonitové jeskyně



CO<sub>2</sub> má tendenci hromadit se v níže položených místech jeskyně. Odhadněte poměr koncentrací Ca<sup>2+</sup> ve vodě v jezírku, které je v rovnováze se vzduchem, který obsahuje 40% (V/V) CO<sub>2</sub>, 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.