

# Inovace studia molekulární a buněčné biologie reg. č. CZ.1.07/2.2.00/07.0354

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Předmět: LRR/CHPB1/Chemie pro biology 1

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Roztoky, teorie kyselin a zásad

Mgr. Karel Doležal Dr.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Cíl přednášky: seznámit posluchače s teoriemi kyselin a zásad a strukturou roztoků

**Klíčová slova:** Arrheniova teorie kyselin a zásad, Brønsted–Lowryho teorie kyselin a zásad, Lewisova teorie, pH, disociační stupeň

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Teorie kyselin a zásad

První exaktní výklad podstaty acidobazického chování látek - **Svante August Arrhenius**

Kyseliny a zásady jsou elektrolyty, látky schopné v roztocích disociovat na ionty

Kyseliny disociují  $HA = H^+ + A^-$       Zásady  $BOH = B^+ + OH^-$

Nedostatek – nepostihuje úlohu rozpouštědla

1923 - **Johannes Nicolaus Brønsted** , Thomas Martin Lowry – disociace doplněna o myšlenku solvatace vznik. protonů molekulami rozpouštědla

Kyseliny – látky, které ve svých roztocích projevují měřitelnou (experimentálně prokazatelnou) snahu odštěpovat protony  $H^+$ . Kyselina je tedy donor (dárce) protonu.

$HA \rightarrow H^+ + A^-$     Např.  $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

Zásady látky, které mají vázat proton. Zásada je tedy akceptor (příjemce) protonu.

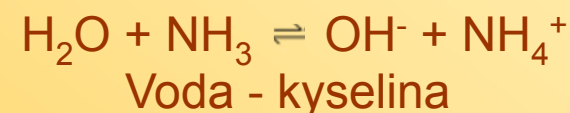
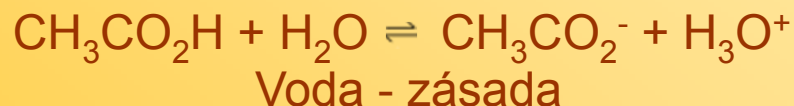
$H_2O + H^+ \rightarrow H_3O^+$

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

- Označování kyselina a zásada nemá podle této teorie smysl, nespecifikujeme-li druhou látku k níž se projeví acidobazické chování (obecně ale zachováváno, vztaženo k vodě)
- (Acidobazické vlastnosti nejen neutrální molekuly, ale i ionty)



Anion  $\text{OH}^-$  může odtržený proton zase přijmout. Učiní-li tak, chová se jako zásada. Konjugované páry. Omezení – protická rozpouštědla – jejich molekuly obsahují ionizovatelný atom vodíku, schopný odštepit se z molekuly jako proton  $\text{H}^+$  (ten může být přijat jinou molekulou rozpouštědla)

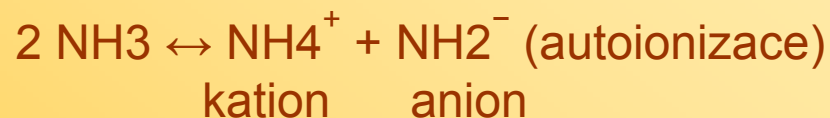
Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

## Ještě obecnější - solvoteorie – Guttmann a Lindquist (1954)

- Každé rozpouštědlo je autoionizováno



- Solvokyselina je látka, která interaguje s rozpouštědlem tak, že zvyšuje koncentraci kationtů vytvářených autoionizací rozpouštědla
- Solvozásada je látka, která interaguje s rozpouštědlem tak, že zvyšuje koncentraci aniontů vytvářených autoionizací rozpouštědla

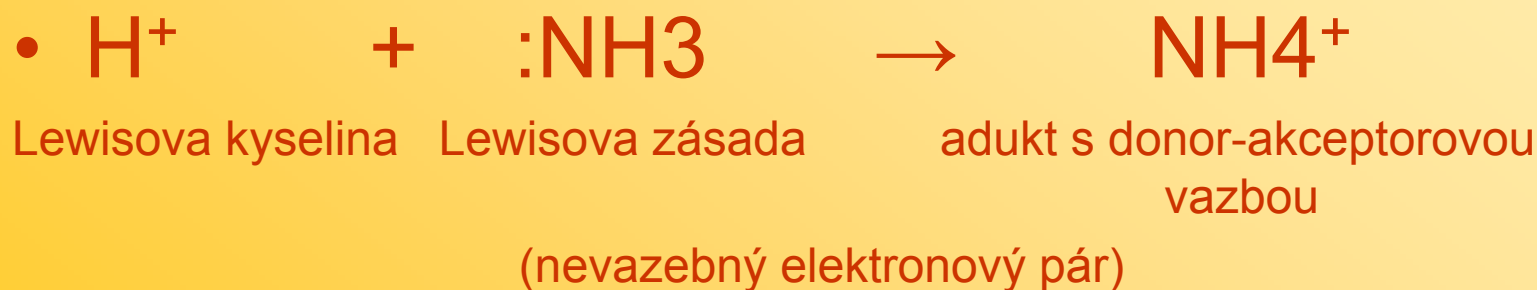
Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Ještě obecnější – Lewis 1923

- Zásada – částice s alespoň jedním volným elektronovým párem, schopným zprostředkovat vznik kovalentní vazby s jiným atomárním uskupením (nukleofil)
- Kyselina – částice, schopná volný elektronový pár zásad využít (elektrofil)



Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



# Kvantitativní vyjadřování kyselosti a zásaditosti látek

- Kriterium acidobazických vlastností výchozích látek – poloha rovnováhy acidobazických reakcí
- Vodné roztoky
- **čistá voda:**  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$
- Polohu rovnováhy popisuje rovnovážná konstanta  $K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$
- $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \sim 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$   $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$
- $[\text{OH}^-] \sim 10^{-7} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] \sim 10^{-7} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$
- Takové prostředí označujeme jako neutrální.
- **Vodný roztok kyseliny:**  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] > 10^{-7} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$   $[\text{OH}^-] < 10^{-7} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

- **Vodný roztok zásady:**  $B + H_2O \leftrightarrow BH^+ + OH^-$
- $[H_3O^+] < 10^{-7} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$        $[OH^-] > 10^{-7} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}$
- $pH = -\log [H_3O^+]$      $pOH = -\log [OH^-]$      $pH = 14 - pOH$
- Vodný roztok kyseliny (kysele reagující roztok)  $pH < 7$      $pOH > 7$
- Chemicky čistá voda (neutrálně reagující roztok)  $pH = 7$   
 $pOH = 7$
- Vodný roztok zásady (zásaditě reagující roztok)  $pH > 7$      $pOH < 7$

$$K_{HA} = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

- Disociační stupeň kyseliny
- ( $c_{HA}$  celková (analytická) koncentrace kyseliny)

- Disociační stupeň     $\alpha = \frac{[H_3O^+]}{c_{HA}}$       resp.       $\alpha = \frac{[A^-]}{c_{HA}}$

- Silná kyselina, plně disociovaná,  $\alpha = 1$      $pH = -\log c_{HA}$

- Slabá kyselina  $\alpha < 1$

$$pH = -\frac{1}{2} \log c_{HA} + \left(-\frac{1}{2} \log K_{HA}\right)$$

- Zásady - analogicky

$$K_{BOH} = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$

$$\alpha = \frac{[B^+]}{c_{BOH}}$$

$$\alpha = \frac{[OH^-]}{c_{BOH}}$$

$pH = 14 - \log c_{BOH}$  pro roztok silné zásady

$$pH = 14 + \frac{1}{2} \log c_{BOH} - \frac{1}{2} pK_{BOH} \quad \text{pro roztok slabé zásady}$$

# Roztoky

Homogenní, nejčastěji dvousložkové soustavy látek, podstatou prostoupení na molekulární úrovni (úrovni stavebních jednotek).

Vyjadřování složení roztoků - koncentrace:

Hmotnostní zlomek – podíl hmotnosti komponenty a celkové hmotnosti roztoku ( $m_A, m_B \dots$  hmotnosti složek A, B....)

$$w_A = \frac{m_A}{m_A + m_B + \dots} = \frac{m_A}{\sum_{i=A,B,\dots} m_i}$$

$$w_B = \frac{m_B}{m_A + m_B + \dots} = \frac{m_B}{\sum_{i=A,B,\dots} m_i}$$

- Součet hmotnostních zlomků všech složek směsi = 1
- Molární zlomek
- $m_A, m_B \dots$  hmotnosti složek,  $M_A, M_B$  – molekul. hmotnosti,  $n_A, n_B$  – látková množství

$$n_A = \frac{m_A}{M_A}$$

$$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + \dots} = \frac{n_A}{\sum_{i=A,B,\dots} n_i}$$

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B + \dots} = \frac{n_B}{\sum_{i=A,B,\dots} n_i}$$

Látková (molární) koncentrace  $c_A$  (mol. dm<sup>-3</sup>), látkové množství  $n_A$ ,  $V$  – celk. objem roztoku,  $M_A$  molární hmotnost A

$$c_A = \frac{n_A}{V_S} = \frac{m_A}{M_A V_S}$$

# Struktura roztoků

- V molekulách rozpuštěné látky se uplatňují pouze nepolární nebo slabě polární vazby, molekuly rozpouštědla poutány slabými van der Waalsovými silami – neelektrolyty
- Rozpuštěná látka přítomná v ionizované formě – elektrolyty. Rozpad – elektrolytická disociace
- Označí-li se elektrolyt obecným vzorcem BA, kde B je elektropozitivní a A elektronegativní část molekuly, lze psát rovnici disociace elektrolytu



$$K_d = \frac{[B^+][A^-]}{[BA]}$$

- Rovnováha je určena disociační rovnovážnou konstantou:
- Disociační konstanta specifická pro každou kombinaci elektrolytu a rozpouštědla, lze experimentálně stanovit
- Disociační stupeň elektrolytu  $\alpha = [B^+]/c_{BA} = [A^-]/c_{BA}$

- $\alpha \ll 1$  slabý elektrolyt

$$K_d = \frac{c_{BA} \alpha^2}{1 - \alpha}$$

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání



## Rozpustnost látek

- Koncentrace nasyceného roztoku látky při urč. fyzikálních podmínkách
- Rozpustnost anorg. látek ve vodě: nerozpustné  $< 0,1\text{g}$  na  $100\text{g}$  , omezeně  $0,1 - 1\text{g}$ , rozpustné  $1-10\text{g}$ , velmi rozpustné  $> 10\text{g}$
- Součin stechiometrickými koeficienty umocněných koncentrací iontů vznikajících elektrolytickou disociací, je v nasyc. roztoku konstantní – součin rozpustnosti

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***





**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***



**Investice do rozvoje vzdělávání**

***Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.***