

|          |   |
|----------|---|
| SEC V.   | <b>Chemické reakcie, chemické rovnice</b> |
| SEC V. 4 | <b>Chemická rovnováha</b>                 |

**Cieľové požiadavky**

**Obsahový štandard:** Chemická rovnováha. Dynamická rovnováha. Rovnovážna koncentrácia látok. Rovnovážna konštanta. Faktory ovplyvňujúce chemickú rovnováhu (koncentrácia, teplota, tlak).

**Výkonový štandard**

- Napísať vzťah pre výpočet rovnovážnej konštanty pre konkrétnu reakciu
- Zdôvodniť vzťah medzi hodnotou rovnovážnej konštanty priamej a spätnej reakcie.
- Vysvetliť, čo je chemická rovnováha a rovnovážna koncentrácia.
- Vysvetliť význam hodnoty rovnovážnej konštanty a vplyv teploty na jej hodnotu.
- Vysvetliť princíp dynamickej rovnováhy – Gudbergov-Waageho zákon
- Vymenovať faktory ovplyvňujúce chemickú rovnováhu (koncentrácia látok, teplota, tlak).
- Aplikovať vplyv faktorov na rovnovážny stav chemickej reakcie

**Chemická rovnováha**

- stav v uzavretej sústave,
  - a. so stálou koncentráciou reaktantov a produktov
  - b. s rovnakou rýchlosťou priamej a spätnej reakcie
- má dynamický charakter
- stav, kedy sa zloženie reakčnej sústavy sa nemení

**dynamická rovnováha-**

- rovnováha, pri ktorej sa rýchlosť priamej a spätnej reakcie rovnajú

$$v_1 = v_2$$

- napr. vznik nasýteného roztoku (priama reakcia rozpúšťanie = spätná kryštalizácia)
- napr. vyparovanie kvapaliny v uzavretej nádobe (priama vyparovanie = spätná kondenzácia)

**rovnovážna koncentrácia[A]**

- koncentrácia látky v rovnovážnom stave je konštantná

$$[A] = \text{konštanta}$$

- závisí od rozpúšťanej látky, rozpúšťadla a teploty

**rovnovážna konštanta (K<sub>c</sub>)**

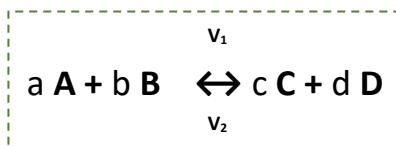
- podiel súčinu číselných hodnôt rovnovážnych koncentrácií produktov umocnených príslušnými stechiometrickými koeficientami a súčinu číselných hodnôt rovnovážnych koncentrácií reaktantov umocnených stechiometrickými koeficientami je konštantný
- bezrozmerné číslo

- udáva stupeň premeny reaktantov na produkty
- charakterizuje rovnovážny stav
- závisí iba od teploty

| Veľká hodnota $K_c$                    | Nízka hodnota $K_c$                     |
|--|---|
| rovnováha posunutá na stranu produktov | rovnováha posunutá na stranu reaktantov |

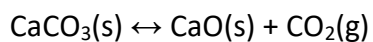
#### A. Rovnováha v homogénnych sústavách $K_c$

- látky v rovnakom skupenstve
- **Guldbergov- Waageho zákon chemickej rovnováhy (1867)**- vzťah pre výpočet rovnovážnej konštanty



#### B. Rovnováha v heterogénnych sústavách

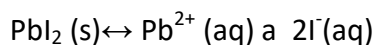
- Látky v rôznych skupenstvách
- a. **Ak v systéme plyny ( $K_p$ )**
- $K_p$  sa vypočíta pomocou parciálnych tlakov plyných látok (*parciálny tlak tuhých látok konštantný*)



$$K_p = p(\text{CO}_2) \text{ alebo } K_p = [\text{CO}_2]$$

b. **Ak v systéme málo rozpustná látka ( $K_s$ )**

- $K_s$  sa vypočíta ako súčin rovnovážnych koncentrácií voľných iónov v roztoku



$$K_s = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^{-}]^2$$

### Faktory vplyvajúce na chemickú rovnováhu

- Dochádza k posúvaniu chemickej rovnováhy

#### Princíp akcie reakcie- princíp pohyblivej rovnováhy ( Le Chatelier, Braun )

- porušenie rovnováhy vonkajším vplyvom( akciou) vyvoláva dej( reakciu) ktorý smeruje k zrušeniu účinku tohto vplyvu
- určuje smer posunu rovnováhy
- ustáli sa nová rovnováha

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>1.koncentrácia</b> | hodnota konštanty sa nemení (mení sa koncentrácia reaktantov aj produktov, pomer produktov a reaktantov je teda rovnaký)  |
| <b>2.teplota</b>      | zmena hodnoty konštanty ( pri zvýšení teploty pri endotermických reakciách sa hodnota Kc zvýši, pri exotermických zmenší, pomer produktov a reaktantov iný)   |
| <b>3.tlak</b>         | vplyv iba v prípade ak sa počet mólov plyných látok mení  |
| <b>4.katalyzátor</b>  | znižuje hodnotu $E_A$ ( zvýši rýchlosť) priamej aj spätnej reakcie v rovnakej miere, rovnovážne koncentrácie reaktantov a produktov sa nemenia, nespôsobí posun rovnováhy, skracujú čas za aký sa rovnováha vytvorí |

| faktor       | akcia                 | reakcia   |
|--------------|-----------------------|---|
| tlak         | Zníženie tlaku        | Zväčšenie koncentrácie v smere väčšieho počtu mólov plynnej látky |
|              | Zvýšenie tlaku        | Zväčšenie koncentrácie v smere menšieho počtu mólov plynnej látky |
| teplota      | Zníženie teploty      | Zväčšenie koncentrácie látok v smere exotermickej reakcie         |
|              | Zvýšenie teploty      | Zväčšenie koncentrácie látok v smere endotermickej reakcie        |
| koncentrácia | pridanie reaktantu    | Zväčšenie koncentrácie produktov                                  |
|              | Odobratie reaktantu   | Zväčšenie koncentrácie reaktantov                                 |
|              | odobratie produktu    | Zväčšenie koncentrácie produktov                                  |
|              | Pridanie produktov    | Zväčšenie koncentrácie reaktantov                                 |
| katalyzátor  | Pridanie katalyzátora | Neovplyvňuje rovnováhu  |

#### Význam ovplyvňovania rovnováhy:

- príprava a výroba látok ( väčší výťažok produktov zvolením vhodných podmienok alebo eliminácia nežiadúcich reakcií)

napr.

1. **výroba amoniaku**  $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3 \quad \Delta H = -92,4 \text{ kJ/mol}$   
( pri vysokej teplote posun v smere endotermickej reakcie v smere reaktantov, pri nízkej prebieha veľmi pomaly kvôli veľkej  $E_A$  .....preto využívanie katalyzátora Fe zniží  $E_A$ , najvhodnejšia teplota 900°C a zvýšený tlak 30MPa)

2. **výroba oxidu sírového**  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3 \quad \Delta H = -196,7 \text{ kJ/mol}$   
(pri vysokej teplote reakcia posunutá v opačnom smere = rozkladu oxidu, pri nízkej teplote reakcia neprebíha... preto potrebný katalyzátor Pt a  $400^\circ\text{C}$ )
3. **výroba páleného vápna**  $\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$   
(plynný oxid uhličitý uniká a preto posunutá rovnováha v smere tvorby CaO)
4. **esterifikácia**- odstránením esteru alebo vody získ vyššieho výťažku esteru
5. **Solvayov spôsob výroby sódy**

$$\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$$

$$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

$$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
  - Ak by nebol amoniak  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$  (protolytická reakcia, rovnováha posunutá smerom k málo disociovaným látkam, výrazne doľava)
  - Prítomnosť amoniaku posunie rovnováhu smerom doprava  $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$   

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$$

$$\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{Cl}^-$$
 ( málo rozpustný hydrogénuhličitan sodný)