

# CHEMICKÉ REAKCIE

*RNDr. Monika Šuleková, PhD.  
Katedra chémie, biochémie a biofyziky  
UVLF Košice*



# *Chemické reakcie*

- látkové zmeny, ktoré prebiehajú medzi prvkami a zlúčeninami v dôsledku ich vzájomného pôsobenia, alebo vplyvom rôznych druhov energie.
- v priebehu chemickej reakcie sa nemení celkový počet a druh atómov, z ktorých sa skladajú látky prítomné v reakčnej sústave, ale **zanikajú** pôvodné a **vznikajú** nové chem. väzby.
- mení sa vzájomné zoskupenie zúčastnených atómov a elektrónová štruktúra ich valenčnej vrstvy.
- pri zachovaní druhu a počtu atómov v reakcii sa východiskové látky – reaktanty menia na konečné produkty.
- zapisuje sa chemickými rovnicami

# *Klasifikácia chemických reakcií*

## *A. Na základe zmien v stechiometrickom zložení:*

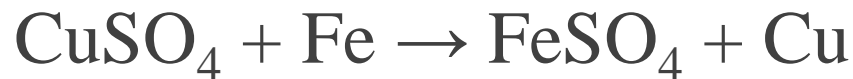
1. Syntéza (zlučovanie)



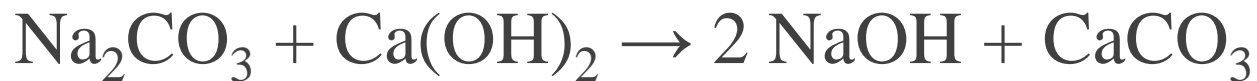
2. Rozklad (analýza)



3. Nahradzovanie (substitúcia)



4. Podvojná záměna

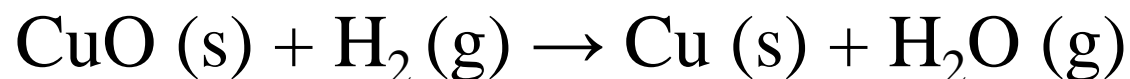


## *B. Na základe skupenstva reaktantov a produktov:*

### 1. Homogénne reakcie



### 2. Heterogénne reakcie



Skupenské stavy:

s (solidus) – látka v tuhom skupenstve

l (liquidus) – látka v kvapalnom skupenstve

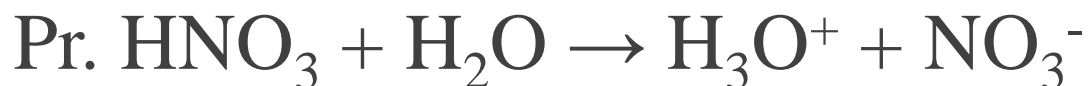
g (gaseus) – látka v plynnom skupenstve

aq (aqua) – látka vo vodnom roztoku

## C. Na základe mechanizmu jednotlivých reakcií:

### 1. *Protolytické reakcie* (acidobázické, neutralizačné)

- dochádza k výmene vodíkových kationov (protónov vodíka) medzi kyselinou a zásadou



### 2. *Oxidačno-redukčné reakcie* (redoxné)

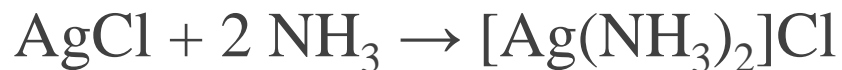
- dochádza k výmene elektrónov medzi oxidovadlom a redukovadlom



## C. Na základe mechanizmu jednotlivých reakcií:

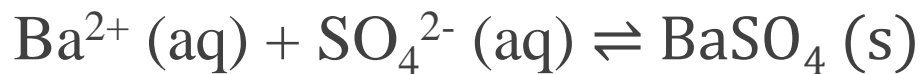
### 3. *Komplexotvorné reakcie* (koordinačné)

- dochádza k vzniku koordinačných (donor-akceptorných) väzieb.



### 4. *Vylučovacie reakcie* (zrážacie)

- dochádza k vzniku málo rozpustnej látky (zrazeniny)



- sú to heterogénne reakcie.

# *Klasifikácia chemických reakcií podľa energetickej bilancie:*

1. Exotermické reakcie



2. Endotermické reakcie



# *Protolytické reakcie (acido-bázické reakcie)*

Arrheniova teória:

**Kyseliny** – látky, ktoré vo vodnom roztoku odštepujú  $\text{H}^+$ .

( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  . . . .)

**Zásady** – látky, ktoré vo vodnom roztoku odštepujú  $\text{OH}^-$ .

( $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  . . . .)

Brönstedova teória:

**Kyseliny** – látky, ktoré sú schopné odovzdávať  $\text{H}^+$  (donor  $\text{H}^+$ )

( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$  . . . .)

**Zásady** – látky, ktoré sú schopné viazať  $\text{H}^+$  (akceptor  $\text{H}^+$ )

( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  . . . .)



Pri protolytickej reakcii z kyseliny vznikne **konjugovaná zásada** a zo zásady vznikne **konjugovaná kyselina**.



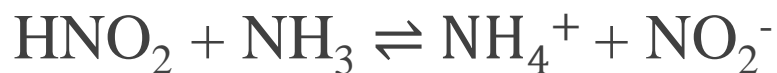
kyselina      zásada

## konjugovaný pár 1



zásada                      kyselina

## konjugovaný pár 2



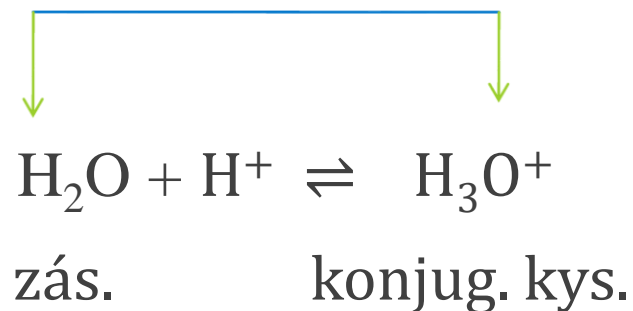
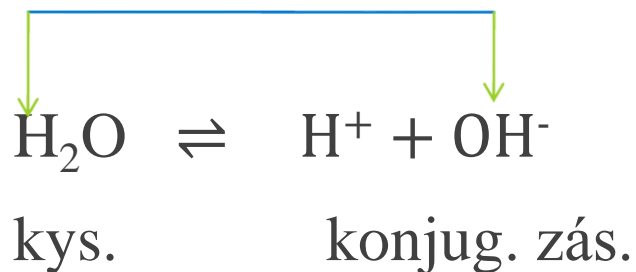
kys.1      zás.2      kys.2      zás.1



Čím je kyselina silnejšia, tým je jej konjug. zásada slabšia a naopak.

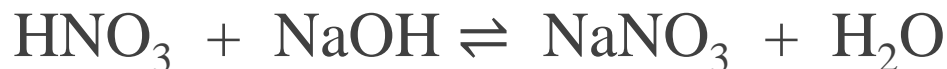
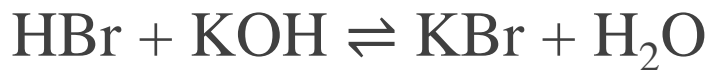
## Amolyty (amfotérne látky)

- látky, ktoré môžu reagovať aj ako kyseliny aj ako zásady (napr.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )



# *Neutralizácia*

- reakcia vodných roztokov kyselín a zásad, pričom vzniká soľ a voda
- soli sú chemické zlúčeniny zložené z katiónov kovových prvkov ( $\text{NH}_4^+$ ) a aniónov kyselín



# *Neutralizácia*

## Úlohy:

- Uved'te, od čoho sú odvodené príslušné soli:

$\text{Au}_2(\text{WO}_4)_3$ ,  $\text{Rb}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  a  $\text{Au}(\text{NO})_3$ .

- Čo vznikne, keď zreaguje 1 mol hydroxidu horečnatého s 1 móлом kyseliny trihydrogénfosforečnej?

# *Neutralizácia*

## Príklad:

Kol'ko  $\text{cm}^3$   $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  roztoku NaOH potrebujeme na neutralizáciu  $10 \text{ cm}^3$  HCl o rovnakej koncentrácii? ( $10 \text{ cm}^3$ )

# *Neutralizácia*

## Príklad:

Koľko  $\text{cm}^3$   $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  potrebujeme na neutralizáciu  $10 \text{ cm}^3$   $\text{NaOH}$  o rovnakej koncentrácii? ( $5 \text{ cm}^3$ )

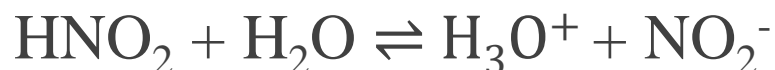
# *Sila kyselín a zásad*

vzhľadom k  
 $\text{H}_2\text{O}$

Sila kyselín – schopnosť odštepovať  $\text{H}^+$

Sila zásad – schopnosť viazať  $\text{H}^+$

Pr. Disociácia  $\text{HNO}_2$  vo vode:



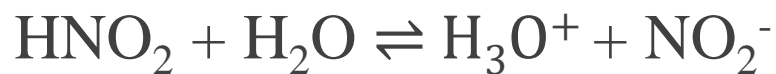
Mierou sily kyselín a zásad je ich disociačná konštanta  $K_A / K_B$  resp. ich  $\text{pK}$  hodnoty.

Silné kyseliny – úplne disociované vo vode,  $\uparrow K_A$

Slabé kyseliny – čiastočne disociované vo vode,  $\downarrow K_A$

$$\text{p}K_A = -\log K_A, \text{ resp. } \text{p}K_B = -\log K_B$$

## Pr. disociácia $\text{HNO}_2$ vo vode



Rovnovážna konštanta disociácie  $\text{HNO}_2$  :

$$K_C = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2][\text{H}_2\text{O}]}$$

Konštanta kyslosti:

$$K_C \cdot [\text{H}_2\text{O}] = K_{\text{HNO}_2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

- závisí od teploty



# Autoprotolýza vody

- reakcia dvoch mólov vody:



Rovnovážna konštanta:

$$K_c = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

*iónový súčin vody:  $K_v$*

- jeho hodnota závisí od teploty.
- pri teplote 25 °C ( $10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$ )

$$K_v = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = [\text{H}_3\text{O}^+].[\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$$

# ***pH***

Záporný dekadický logaritmus koncentrácie oxoniových katiónov.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Pre silnú jednosýtnu kyselinu (HCl) platí:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log c_{\text{kys}}$$

Pre silnú jednosýtnu zásadu (NaOH) platí:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log c_{\text{zás}}$$

Neutrálny roztok:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol.dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = 7$$

Kyslý roztok:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) > c(\text{OH}^-)$$

$$\text{pH} < 7$$

Zásaditý roztok:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) < c(\text{OH}^-)$$

$$\text{pH} > 7$$

# *pH roztokov*

## Príklad 1:

Aká je koncentrácia  $\text{OH}^-$ , ak pH roztoku je 4? ( $1 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

# *pH roztokov*

## Príklad 2:

Aké je pH roztoku NaOH s koncentráciou  $0,001 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ? (11)

# *pH roztokov*

## Príklad 3:

Roztok obsahuje v 100 ml 0,171 g hydroxidu bárnatého. Vypočítajte pOH tohto roztoku za predpokladu 100 % disociácie. (12)

# *Hydrolyza*

➤ protolytická reakcia iónov rozpustenej soli s vodou, pri ktorej vznikajú ióny  $\text{H}_3\text{O}^+$  a  $\text{OH}^-$ .

## **Soli:**

1. Soľ odvodená od silnej kyseliny a silnej zásady:
  - roztoky týchto solí nepodliehajú hydrolyze iba disociácii (ionizácii)
  - roztok je neutrálny...  $\text{pH} = 7$

# *Hydrolyza*

2. Soľ odvodená od silnej kyseliny a slabej zásady:

- roztoky týchto solí podliehajú hydrolyze
- roztok je kyslý

3. Soľ odvodená od slabej kyseliny a silnej zásady:

- roztoky týchto solí podliehajú hydrolyze
- roztok je zásaditý

4. Soľ odvodená od slabej kyseliny a slabej zásady:

- roztoky týchto solí podliehajú hydrolyze
- roztok je neutrálny



# *Oxidačno-redukčné reakcie (redoxné reakcie)*

➤ reakcie, pri ktorých dochádza k výmene elektrónov a dochádza k zmene oxidačného čísla atómov prvkov alebo iónov.

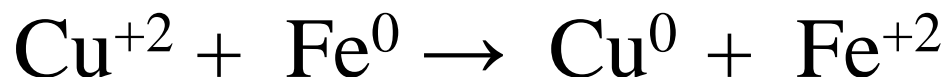
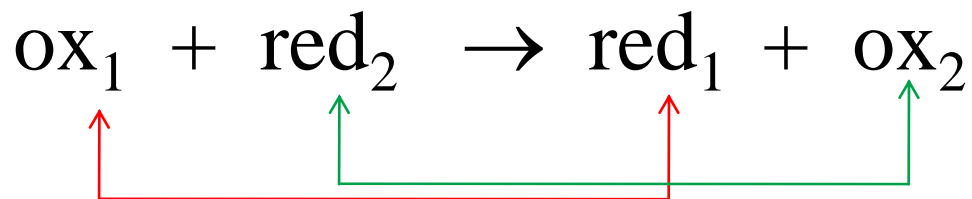
➤ **oxidácia** – dej, pri ktorom sa oxidačné číslo zväčšuje a dochádza k odovzdávaniu elektrónov.



➤ **redukcia** - dej, pri ktorom sa oxidačné číslo znižuje a dochádza k prijímaniu elektrónov.



## Všeobecná oxidačno-redukčná rovnica:



➤ skladá sa z dvoch konjugovaných párov (redoxný pár).

➤ **Oxidovadlo** (oxidačné činidlo) – látka, ktorá sa sama redukuje.

➤ **Redukovadlo** (redukčné činidlo) – látka, ktorá sa sama oxидуje.

## *Elektrochemický rad napätia kovov (Becketov rad)*

- ▶ Kovy sú zoradené vzostupne podľa hodnôt ich štandardného elektródového potenciálu (čiže elektródového potenciálu vzťahujúceho sa na vodíkovú elektródu,  $E^0 = 0 \text{ V}$ ).
- ▶ Na základe týchto hodnôt rozdelil Becketov kovy na ušľachtilé a neušľachtilé.
- ▶ Čím je hodnota  $E^0$  vyššia, tým daný kov pôsobí ako silnejšie oxidovadlo.

# Elektrochemický rad napätia kovov

Neušľachtilé kovy

Ušľachtilé kovy

Li Na K Ba Sr Ca Mg Be Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb **H** Cu Ag Au Pt Hg

$- E^0$

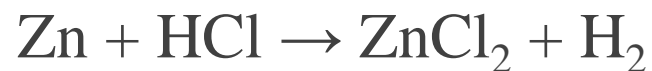
redukovadla

$+ E^0$

oxidovadla

# *Reakcia kovov s kyselinami*

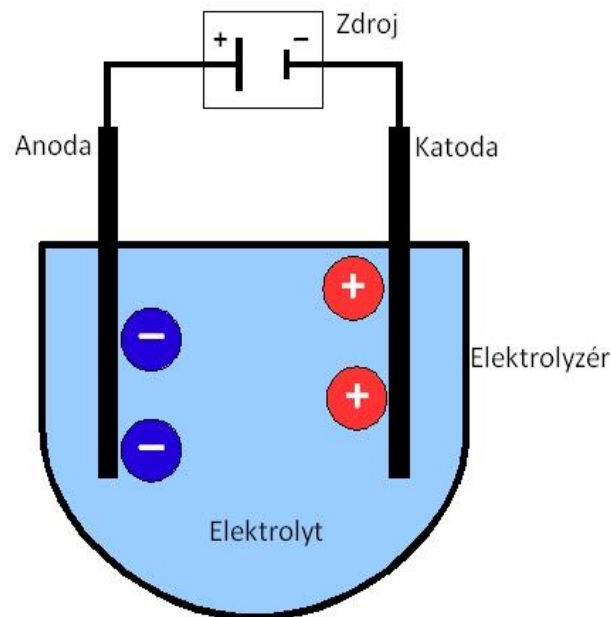
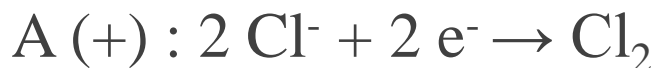
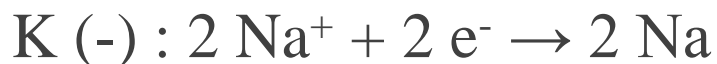
► neušľachtilé kovy pri reakciách so zriedenými kyselinami vytlačajú vodík, ušľachtilé kovy nereagujú a vodík nevytláčajú.



# Elektrolýza

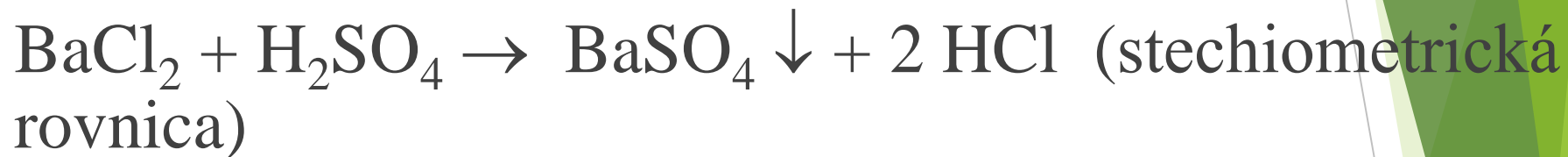
- prechod elektrického prúdu roztokom alebo taveninou, pri ktorom dochádza k chemickým zmenám na elektróde.
- na **katóde** (zápornej elektróde) prebieha **redukcia**
- na **anóde** (kladnej elektróde) prebieha **oxidácia**

Čo vzniká pri elektrolýze NaCl?



## *Zrážacie reakcie*

➤ reakcie, pri ktorých z reaktantov v roztoku vzniká málo rozpustná látka (zrazenina)



**Nasýtený roztok** - roztok, v ktorom sa rozpustená látka za daných podmienok už ďalej nerozpúšťa.

**Rozpustnosť** látky v danom rozpúšťadle – udáva zloženie nasýteného roztoku.

**Rozpustnosť látky** vyjadruje maximálne množstvo rozpustenej látky pripadajúcich na 100 g rozpúšťadla alebo na 100 g roztoku.

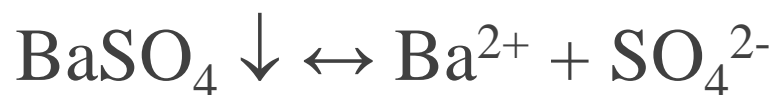
Rovnováhu medzi zrazeninou a jej iónmi v nasýtenom roztoku kvantitatívne vyjadruje konštanta **súčin rozpustnosti  $K_s$** .

**$K_s$**  - súčin koncentrácie iónov málo rozpustného silného elektrolytu v jeho nasýtenom roztoku pri danej teplote.

- závisí od teploty



Rozpustnosť látky pri danej teplote je tým väčšia, čím je hodnota  $K_S$  danej látky väčšia.



$$K_C = \frac{[\text{SO}_4^{2-}][\text{Ba}^{2+}]}{\text{BaSO}_4}$$

$$K_S = [\text{SO}_4^{2-}][\text{Ba}^{2+}]$$

## Príklady:

Na základe hodnôt súčinu rozpustnosti pri 25 °C  $K_S(\text{BaSO}_4) = 1 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_S(\text{CaSO}_4) = 2 \cdot 10^{-5}$ ,  $K_S(\text{SrSO}_4) = 3 \cdot 10^{-7}$ . Uved'te, ktorá z uvedených látok je najmenej a ktorá najviac rozpustná. Vypočítajte rozpustnosť síranu bárnateho vo vode v  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  pri teplote 25 °C.

Najmenej rozpustný vo vode je síran bárnatý a najviac rozpustný síran vápenatý.



$$1 \cdot 10^{-10} = c^2$$

$$c = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Rozpustnosť  $\text{BaSO}_4$

## *Komplexotvorné reakcie*

➤ reakcie, pri ktorých vznikajú komplexné zlúčeniny (koordinačné).



► **Komplex** je elektricky neutrálny alebo nabitý útvar zložený z centrálného atómu a ligandu/ov.

► **Koordinačné číslo** je počet donorových atómov ligandov viažucich sa donor-akceptornou väzbou na centrálny atóm.

► **Ligand** je molekula alebo ión, ktorý je viazaný na centrálny atóm koordinačnou (donor-akceptoronou) väzbou.

## Koordinačná zlúčenina môže:

- ▶ obsahovať komplexný kation a jednoduchý anión,
- ▶ obsahovať jednoduchý kation a komplexný anión,
- ▶ byť elektricky neutrálnym komplexom.

# Koordinačné zlúčeniny

centrálny atóm

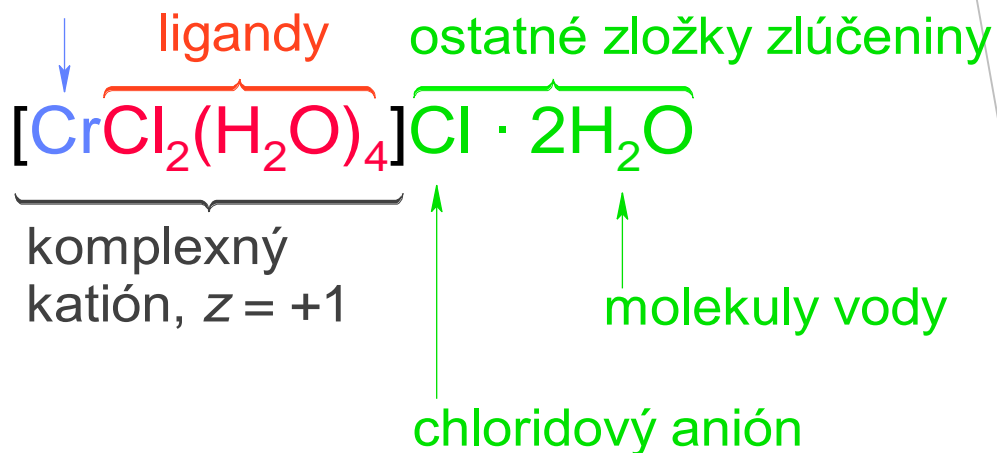


Schéma názvu komplexu

názvy ligandov    názov centrálného atómu

Schéma vzorca komplexu

[symbol centrálného atómu    symboly ligandov]

## *Koordináčné zlúčeniny*

- pri vzniku koordináčných zlúčenín sa medzi reaktantmi a produktmi ustáli chemická rovnováha.
- tento rovnovážny stav je charakterizovaný konštantou stability komplexu  $\beta$ .



$$\beta = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}$$

$\beta$  – závisí od teploty

*Ďakujem za pozornosť*

