

**CHEMICKÁ ROVNOVÁHA****Reakce:**

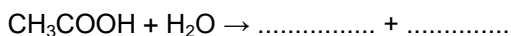
- Přímé – reakce běží až do doby, kdy jeden z reaktantů je úplně spotřebován, např.

.....

Reaktanty → produkty

- **zvratné** – reakce běžící oběma směry

reaktanty ↔ produkty



↔ zvratná reakce    → přímá reakce                      ← zpětná reakce

**Chemická rovnováha** = stav reakčního systému zvratné reakce, ve kterém přímá a zpětná reakce probíhají stejnou rychlostí.

1. *Co můžete říci o koncentracích reaktantů a produktů v rovnovážné směsi?*

Tento druh rovnováhy se nazývá **dynamická rovnováha**. To znamená, že i když se koncentrace reaktantů a produktů....., neznamená to, že by neprobíhala žádná reakce. Reakce běží, ale přímá i zpětná reakce probíhají .....

**Rovnovážná konstanta,  $K_c$** 

a A + b B ↔ c C + d D ... zvratná reakce

rychlost přímé reakce:  $v_1 = k_1 \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b$ rychlost zpětné reakce:  $v_2 = k_2 \cdot [\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d$ Za rovnovážného stavu:  $v_1 = v_2$ 

$$k_1 \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b = k_2 \cdot [\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d \quad \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b} \quad K_c = \frac{[\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b} = \text{Guldberg – Waage (ův) zákon}$$

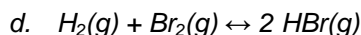
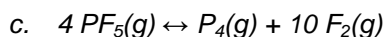
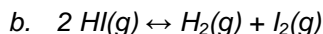
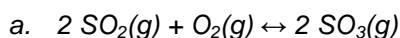
 $K_c$ , rovnovážná konstanta, závisí na teplotě a tlaku**Reakce v pevném skupenství:**

Koncentrace molekul v pevném skupenství je konstantní, což neovlivňuje rovnováhu, chemikové nezahrnují koncentrace jakéhokoliv pevného reaktantu nebo produktu do vyjádření rovnovážné konstanty.

**Reakce ve vodných roztocích**

Koncentrace vody je ve zředěných roztocích velmi vysoká, nemění se během reakce, chemikové tedy nezahrnují koncentrace vody do výrazu pro rovnovážnou konstantu.

2. *Odvoďte vztah pro rovnovážnou konstantu  $K_c$  pro reakce:*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- e.  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$   
f.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
3. Stejný rovnovážný systém může být vyjádřen dvěma různými rovnicemi:  
 $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{NO}(\text{g})$   
 $2 \text{NO}(\text{g}) \leftrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   
a. Napište výrazy pro obě rovnovážné konstanty,  $K_c$  a  $K_c'$ .  
b. Jaký je matematický vztah mezi  $K_c$  a  $K_c'$ ?
4. Rovnováha mezi  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_2$  a  $\text{O}_2$  může být rovnocenně vyjádřena dvěma odlišnými rovnicemi:  
 $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g}) \quad K_c$   
 $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{SO}_3(\text{g}) \quad K_c'$   
a. Napište výrazy pro dvě rovnovážné konstanty,  $K_c$  a  $K_c'$ .  
b. Při 852 K  $K_c = 1,28 \cdot 10^4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a při 1000 K  $K_c = 2,8 \cdot 10^2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Jaké jsou hodnoty  $K_c'$  za těchto teplot?  
c. Jaké jsou hodnoty rovnovážných konstant reakce  
 $2 \text{SO}_3(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  za obou výše uvedených podmínek?
5. Co můžete říci o relativních koncentracích reaktantů a produktů když:  
a.  $K_c$  je velmi velká  
b.  $K_c$  je velmi malá
6.  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{NO}(\text{g})$  rovnováha při 1500 K:  
 $[\text{N}_2(\text{g})] = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   
 $[\text{O}_2(\text{g})] = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   
 $[\text{NO}(\text{g})] = 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  
Vypočítejte hodnotu rovnovážné konstanty za této teploty.  
(10<sup>-5</sup>)
7. Vypočítejte  $K_c$  pro rovnováhu  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{HI}(\text{g})$  při 350°C jestliže rovnovážná směs obsahuje  $[\text{H}_2(\text{g})] = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $[\text{I}_2(\text{g})] = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a  $[\text{HI}(\text{g})] = 0,59 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .  
(87)
8. Hermeticky uzavřená nádrž ( $V = 2 \text{ dm}^3$ ) obsahuje při 1400 K rovnovážnou směs 0,002 mol  $\text{S}_2(\text{g})$ , 0,06 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  a 0,04 mol  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ . Vypočítejte rovnovážnou konstantu pro reakci  
 $2 \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}_2(\text{g})$  při této teplotě.  
(2,25 mol·dm<sup>-3</sup>)
9. Rovnovážná konstanta pro reakci  $\text{PCl}_5(\text{g}) \leftrightarrow \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  při teplotě 250°C je 0,19 mol·dm<sup>-3</sup>. Rovnovážná směs obsahuje  $[\text{PCl}_5(\text{g})] = 0,48 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a  $[\text{PCl}_3(\text{g})] = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Vypočítejte rovnovážnou koncentraci chloru.  
(0,41 mol·dm<sup>-3</sup>)

10. Nádrž o objemu  $0,5 \text{ dm}^3$  obsahuje při  $35^\circ\text{C}$  rovnovážnou směs  $0,010 \text{ mol CO(g)}$ ,  $0,012 \text{ mol Br}_2(\text{g})$  a  $\text{COBr}_2(\text{g})$ . Vypočítejte hmotnost  $\text{COBr}_2(\text{g})$  v rovnovážné směsi, víte-li, že  $\text{CO(g)} + \text{Br}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{COBr}_2(\text{g})$  má za této teploty hodnotu rovnovážné konstanty  $K_C = 79 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{dm}^3$ .

(3.56 g)

### Faktory ovlivňující chemickou rovnováhu

11. Jaký je efekt:

- změny koncentrací
- změny tlaku
- změny teploty
- použití katalyzátoru

na následující rovnováhu:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$ ?

**Řešení:**

a.  $p$ ,  $t$  jsou konstantní, přidáváme nebo odebíráme reaktanty nebo produkty. Za

a.

předpokladu, že  $p$ ,  $t$  jsou konstantní, pak  $K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$  se mění/nemění.

Je-li přidán  $\text{N}_2$   $\Rightarrow$  koncentrace  $\text{N}_2$  .....  $\Rightarrow$   $[\text{NH}_3]$  .....

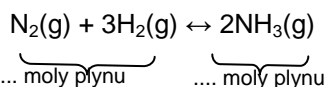
Rovnováha je posouvána směrem k .....

Je-li přidán  $\text{NH}_3$   $\Rightarrow$  koncentrace amoniaku ..... a proto koncentrace dusíku a vodíku musí .....

Rovnováha je posunuta směrem k .....

b. Je změněn tlak  $\Rightarrow$  rovnovážná konstanta se mění/nemění

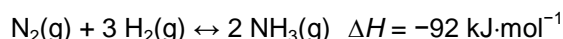
Tlak ovlivňuje pouze rovnovážné systémy obsahující plynné látky.



Vyšší tlak – systém směřuje k dosažení co *nejnižšího/nejvyššího* objemu, a proto je rovnováha posouvána směrem k *nižšímu/vyššímu* počtu molů plynů.

Rovnováha je posouvána směrem k .....

c. Mění se teplota  $\Rightarrow$  rovnovážná konstanta se mění/nemění



Zvýšená teplota má vliv na rychlost jak zpětné, tak přímé reakce. Nicméně, větší vliv má na reakci, která *přijímá/odevzdává* teplo = *endotermická/exotermická* reakce. V tomto případě je přímá reakce exotermická/endotermická a zpětná reakce je

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

exotermická/endotermická. Exotermická/endotermická reakce bude urychlena, takže rovnováha je posunuta ve směru přímé/zpětné reakce

d. použití katalyzátoru

Katalyzátor zvyšuje rychlost přímé i zpětné reakce .....  $\Rightarrow$  katalyzátor nemá vliv na složení rovnovážné směsi.

**Le Chatelierův princip: "Systém, který je v rovnováze reaguje na každou změnu (teploty, tlaku, koncentrace, atd.) tak, aby tuto změnu potlačil."**

12. Rozhodněte, jestli se může uskutečnit přímá nebo zpětná reakce, když:

- a. je odebírán vodík
- b. je odebírán amoniak

z rovnovážné směsi posané v otázce 11.

13. Jaký vliv na stav rovnováhy má zvýšení teploty:

- a.  $H_2O(g) + C(s) \leftrightarrow CO(g) + H_2(g)$   $\Delta H = 131 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- b.  $2 H_2S(g) + SO_2(g) \leftrightarrow 3 S(s) + 2 H_2O(l)$   $\Delta H = -233.7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- c.  $C(s) + CO_2(g) \leftrightarrow 2 CO(g)$   $\Delta H = 174 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- d.  $AgClO_2(s) \leftrightarrow Ag(s) + \frac{1}{2} Cl_2(g) + O_2(g)$   $\Delta H = 0.0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

14. Jaký vliv na stav rovnováhy má snížení tlaku:

- a.  $CaCO_3(s) \leftrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$
- b.  $N_2O_4(g) \leftrightarrow 2 NO_2(g)$
- c.  $2 SO_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2 SO_3(g)$
- d.  $H_2O(g) + C(s) \leftrightarrow CO(g) + H_2(g)$

15. Jaký je vliv při zvýšení tlaku:

- a.  $3 Fe(s) + 4 H_2O(g) \leftrightarrow Fe_3O_4(s) + 4 H_2(g)$
- b.  $2 HI(g) \leftrightarrow H_2(g) + I_2(g)$
- c.  $S(s) + O_2(g) \leftrightarrow SO_2(g)$
- d.  $2 CO_2(g) \leftrightarrow 2 CO(g) + O_2(g)$

16. V každém z následujících případů stanovte vliv katalyzátoru na rovnovážný systém a podmíněk teploty a tlaku, které dávají vyšší výtěžek produktu v rovnovážné směsi.

- a. Kontaktní proces  $2 SO_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2 SO_3$   $\Delta H = -97 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- b. Haberův proces  $N_2(g) + 3 H_2(g) \leftrightarrow 2 NH_3(g)$   $\Delta H = -92 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- c. Boschův proces  $H_2O(g) + C(s) \leftrightarrow CO(g) + H_2(g)$   $\Delta H = 131 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$