



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CHEMICKÁ ROVNOVÁHA

Reakce:

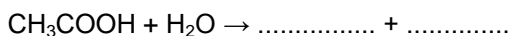
- Přímé – reakce běží až do doby, kdy jeden z reaktantů je úplně spotřebován, např.

.....

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

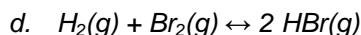
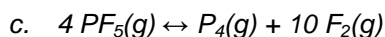
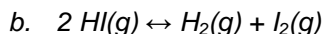
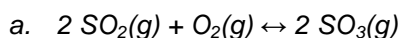
Reakce v pevném skupenství:

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 SO_3 , SO_2 a 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.
(10⁻⁵)
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⁻³)
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 $0,19 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. 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⁻³)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

10. Nádrž o objemu $0,5 \text{ dm}^3$ obsahuje při 35°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 N_2 \Rightarrow koncentrace N_2 \Rightarrow $[\text{NH}_3]$

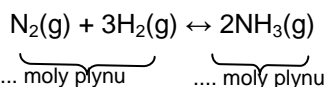
Rovnováha je posouvána směrem k

Je-li přidán 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

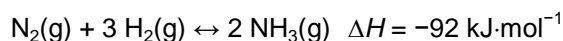
Tlak ovlivňuje pouze rovnovážné systémy obsahující plynné látky.



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:

- je odebírán vodík
- je odebírán amoniak

z rovnovážné směsi posané v otázce 11.

13. Jaký vliv na stav rovnováhy má zvýšení teploty:

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

14. Jaký vliv na stav rovnováhy má snížení tlaku:

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

15. Jaký je vliv při zvýšení tlaku:

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

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

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