

5/3 Chemická změna, kinetika, klasifikace a průběh reakcí

Co je to chemická změna?

- děj, při kterém na sebe působí látky nebo energie a mění se složení a struktura látek; může se měnit skupenství, barva látky, může se uvolňovat světlo, teplo...; samotná změna struktury (skupenství) ale není chemickou změnou

Který z dějů je chemickou změnou?

- voda → pára (ne), rozpouštění soli ve vodě (ne), sublimace jódu (ne)
- pálení vápence za vzniku páleného vápna a oxidu uhličitého (ano), příprava vodíku reakcí kyseliny chlorovodíkové se zinkem (ano), fotosyntéza (ano)

Co to jsou reaktanty a co produkty?

- reaktanty jsou látky, které vstupují do reakce; produkty jsou látky, které při reakci vznikají

Co charakterizuje průběh chemické reakce?

- změny vazeb (některé zanikají, jiné vznikají) a změny energie
 - např. reakce chlóru s vodíkem: nejdříve se rozštěpí vazby mezi atomy vodíku v molekule H_2 a vazby mezi atomy chlóru v molekule Cl_2 ; poté vzniknou nové vazby mezi atomy H a Cl a vytvoří se HCl
- při reakci se nemění druh ani počet atomů prvků (platí zákon zachování hmotnosti ⇒ rovnice se vyčísľuje)

Co je to chemická rovnice, co obsahuje?

- zápis chemické reakce; má význam kvalitativní (vyjadřuje reaktanty a produkty) a kvantitativní (udává látková množství); používá stechiometrické koeficienty (čísla před atomy a molekulami – doplňují se podle zákona zachování hmotnosti); reaktanty a produkty odděluje šipka, která vyjadřuje směr reakce
- může být doplněna dalšími údaji jako je např.: teplota, tlak, katalyzátor, skupenství (s = pevné, l = kapalné, g = plynné, aq = vodný roztok), modifikace (např. tuha a diamant)...

Co je to chemická kinetika?

- obor, který studuje rychlost chemických reakcí a její závislost na reakčních podmínkách

Rychlost reakce

- časový úbytek (přírůstek) látkové koncentrace (c) některého z reaktantů (produktů) dělený jeho stechiometrickým koeficientem

Podmínky pro průběh chemické reakce

- částice se musí vzájemně srazit
- srážka musí být geometricky účinná (reagující částice musí mít při srážce vhodnou prostorovou orientaci) a energeticky účinná (energie musí narušit původní vazbu částice)

Které faktory ovlivňují průběh (rychlost) reakce?

- druh látky a její schopnost slučovat se (to ovlivňuje počet valenčních elektronů)
- koncentrace látky (čím vyšší koncentrace, tím většinou rychlejší průběh)

rychlost reakce je přímo úměrná součinu koncentrací dosud nezreagovaných látek (Guldberg-Waageův zákon)

- velikost povrchu reagujících látek a rozptýlení částic reaktantů (rychlá reakce u prachových částic, iontů a plynů)
- teplota (se vzrůstem teploty o $10^\circ C$ se zvýší rychlost 2 – 4 krát)
- tlak (zvýšením tlaku se zrychlí pohyb částic – zvyšuje se kinetická energie → zvýší se pravděpodobnost srážky)
- přítomnost katalyzátorů a inhibitorů (to jsou látky, které svou přítomností ovlivňují rychlost reakce; po reakci zůstávají nezměněny a nespotebovány a jejich účinek je specifický – ovlivňují jen určité reakce)

Jaký je rozdíl mezi katalyzátorem a inhibitorem?

- katalyzátor zvyšuje rychlost reakce nebo umožní její „rozběhnoutí“
 - např. rychlý rozklad H_2O_2 by nebyl možný bez přítomnosti MnO_2
- inhibitor („negativní katalyzátor“) zpomaluje rychlost reakce
 - pro zpomalení nežádoucích reakcí – např. stabilizátory v potravinách prodlužující jejich trvanlivost; úprava povrchu kovů působí jako prevence před korozi; zpomalení reakcí, které mohou probíhat s výbuchem...

Klasifikace chemických reakcí

- podle průběhu
 - jednosměrné – např. hoření: $C + O_2 \longrightarrow CO_2$
 - vratné – probíhají oběma směry (podle podmínek): $CO_2 + H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3$
- podle vnějších změn
 - skladné (syntézy – z jednodušších látek vznikají složitější): $Zn + S \longrightarrow ZnS$
 - rozkladné (eliminace – ze složitějších látek vznikají jednodušší): $CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$
 - vytěšňovací (substituční) – jeden atom (skupina) se nahradí jiným atomem (skupinou): $Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$

- podvojně záměny – více prvků (skupin) se vymění: $\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- podle skupenství reaktantů
 - homogenní – všechny reaktanty jsou ve stejném skupenství: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$
 - heterogenní – reaktanty mají různá skupenství: $\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- podle mechanismu
 - se změnou oxidačního čísla: oxidačně-redukční reakce
 - beze změny oxidačního čísla: neutralizace, srážecí a vylučovací reakce (s produktem ve formě sraženiny či plynu), komplexotvorné reakce: se vznikem (komplexně)koordinačních sloučenin
- většina reakcí probíhá ve vodných roztocích \Rightarrow další klasifikace na reakce
- protolytické (s výměnou protonů):
 - disociace (ionizace) – sloučeniny se štěpí na ionty
 - autoprotolýza – vzájemná reakce dvou molekul téhož rozpouštědla s amfoterním charakterem: jedna molekula se chová jako kyselina a druhá jako zásada
 - neutralizace – reakce kyseliny se zásadou, vzniká sůl a voda
- podle přenášených částic
 - acidobazické – reakce kyseliny a zásady s přenosem protonu (vodíkového kationtu H^+)
 - $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (neutralizace)
 - oxidačně redukční – s přenosem elektronů a změnou oxidačních čísel některých látek: $\text{C}^0 + \text{O}_2^0 \longrightarrow \text{C}^{\text{IV}}\text{O}_2^{-\text{II}}$
- podle tepelného zabarvení – podle výměny tepla: exotermické a endotermické

Průběh reakcí

- názor z minulosti: „každá reakce probíhá jedním směrem tak dlouho, dokud se reaktanty úplně nepřemění na produkty“ – to platí jen u nepatrného množství reakcí – např. u hoření $\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$
- většina reakcí probíhá obousměrně (\rightarrow i \leftarrow)
- produkty spolu reagují, vznikají opět původní látky... až se postupně ustaví *rovnováha* (rychlost reakce \rightarrow = rychlost reakce \leftarrow)
- rovnováha je ale dynamická \Rightarrow změnou veličin lze průběh reakce ovlivnit

Princip akce a reakce

- 1884 Le Chatelier, K. Braun: *porušení chemické rovnováhy vnějším zásahem (akcí) vyvolá děj (reakci), tento děj směřuje ke zrušení účinku vnějšího zásahu*
- při rovnovážném stavu jsou v reakční směsi přítomny reaktanty i produkty
- vztah mezi R a P odvodili dva norští badatelé Guldberg a Waage \Rightarrow

Guldberg-Waageův zákon

- poměr součinu rovnovážných koncentrací látek reakcí vzniklých a součinu rovnovážných koncentrací látek výchozích je stálý (za stejné t a p) a vyjádřený rovnovážnou konstantou K
- reakce (obecně): $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$; rovnovážná konstanta $K = \frac{[\text{C}] \cdot [\text{D}]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]}$
- např.: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{SO}_3$; $K = \frac{[\text{SO}_3] \cdot [\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2] \cdot [\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2]}$
- K je ovlivnitelná změnami tlaku a teploty; charakterizuje rovnovážný stav, udává rozsah, ve kterém určitá reakce může za daných podmínek proběhnout
- $K > 1 \Rightarrow$ reakcí vzniká víc produktů než vstupuje reaktantů
- $K < 1 \Rightarrow$ do reakce vstupuje více reaktantů než vzniká produktů

Reakční mechanismus

- podrobný popis všech změn (dílčích reakcí), k nimž u stavebních částic látek (atomů, molekul, iontů) dochází v průběhu přeměny reaktantů v produkty
- vyjádření rovnicí + doplnění různými údaji (skupenství, reakční podmínky – t , p , katalyzátor..)

Úkol

- Zapište K reakce CO_2 s H_2O . Jak (čím) lze ovlivnit posun reakce doprava?

Řešení