

5. A kémiai reakciók típusai, sztöchiometria

Tanulási célok	<ul style="list-style-type: none">- felismeri a kémiai reakciókat- ismeri a reakcióegyenlet jelentését- ismeri a kémiai reakciók csoportjait- képes egy reakciót különböző szempontok szerint csoportokba sorolni- ismeri a sorozatos és párhuzamos reakciók jellemzőit- képes sztöchiometriai feladatokat megoldani- meg tudja állapítani az atomok oxidációs számát a vegyületekben- meg tudja állapítani, hogy mely elemek oxidálódnak/redukálódnak egy reakció során- meg tudja állapítani, hogy mely reaktánsok viselkednek savkén/bázisként egy reakció során- fel tudja írni egy egyensúlyi reakcióra az egyensúlyi állandót- alkalmazni tudja a Le Chatelier-Braun-elvet- fel tudja írni egy ionos vegyületre az oldhatósági szorzatot- képes az egyensúlyi állandóval és az oldhatósági szorzattal kapcsolatos számítási feladatokat megoldani
Fogalmak	kémiai reakció, reakcióegyenlet, reaktáns, termék, sztöchiometriai szám, a kémiai reakciók csoportjai, sztöchiometrikus összetétel, felesleg, reakciókoordináta, oxidáció, redukció, oszidálószer, redukálószer, oxidációs szám, Arrhenius szerinti sav/bázis, semlegesítés, egyensúlyi reakció, tömeghatás törvénye, egyensúlyi állandó, Le Chatelier-Braun-elv, komplex vegyület, központi atom, ligandum, oldhatósági szorzat, szolvatáció, hidratáció, elektrolitot disszociáció, elektrolit
Kapcsolódó feladatok	Példatár 14., 16. fejezet

Kémiai reakciók – egyéb folyamatok

nem kémiai reakciók: papír összegyűrése, alumínium lemez szétvágása, víz elpárolgása, cukor oldódása

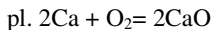
kémiai reakciók: a papír elégetése, az alumínium lemez oldása savban, a víz bontása hidrogénre és oxigénre, a cukor karamellizálása

Hogyan definiáljuk? Egy **kémiai reakció** során kémiai kötések szakadnak fel és esetleg új kémiai kötések jönnek létre.

A kémiai reakcióegyenletek

A kémiai reakciókat reakcióegyenlettel írjuk le.

a reakcióegyenlet: az egymással maradék nélkül reagáló anyagok mennyiségi arányát fejezi ki (sztöchiometriai egyenlet)



mennyiségi és minőségi információ:

reaktánsok – termékek: a reaktánsok az egyenlet bal, a termékek a jobb oldalán szerepelnek

sztöchiometriai szám: a reakcióegyenletben az egyes anyagok képlete előtt álló szám

molekulaegyenlet – ionegyenlet: ahol ionok szerepelnek azt ionegyenletnek nevezzük

az egyenlőségjel jelentése: az egyes atomok számának összege a két oldalon meg kell egyezzen (az elemek kémiai reakciókban nem alakíthatók át, anyagmegmaradás)

Ha nem ez a helyzet **rendezni kell** az egyenletet:

$\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ minőségileg helyes az egyenlet, de mennyiségileg nem az, mert a bal oldalon 2 O-atom van, jobb oldalon 1 →

$\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$, most a H atomok száma nem stimmel (2, 4) →

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

Részletesen lásd később.

A kémiai reakciók csoportosítása:

sokféleképpen lehet, mi csak a fő szempontok szerinti csoportosítással ismerkedünk meg

a tapasztalt változás szerint:

- gázfejlődéssel járó reakciók
- színváltozással járó reakciók
- csapadékképződéssel járó reakciók

a reaktánsok és termékek száma szerint

- egyesülés: több anyagból egy anyag keletkezik
 - addíció: olyan egyesülés, amikor főleg az egyik reaktáns érdekel minket
 - dimerizáció: két azonos molekula egyesülése
 - trimerizáció: három azonos molekula egyesülése

- polimerizáció: sok azonos molekula egyesülése
- bomlás: egy anyagból több anyag keletkezik
 - elimináció: olyan bomlás, amikor főleg az egyik reaktáns érdekel minket
 - disszociáció: olyan bomlás, ami megfordítható
- izomerizáció: a vegyület átalakulása más szerkezetű vagy térbeli elrendeződésű anyaggá (izomerré)
- helyettesítés (szubsztitúció): az egyik reaktáns egy atomjának vagy atomcsoportjának a helyére egy új atom(csoport) lép be
 - kettős helyettesítés (cserebomlás): a reagáló partnerek kicserélik egymással atomjaikat, atomcsoportjaikat
 - semlegesítés: speciális cserebomlás, savak és bázisok sőt képeznek

Speciális eset: - szolvólízis: reakció az oldószerrel
 - hidrolízis: reakció vízzel, mint oldószerrel

a részecskeátmenet minősége szerint

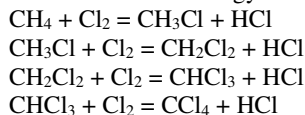
- protonátmenettel járó reakciók (sav-bázis reakciók)
- elektronátmenettel járó reakciók (redoxi reakciók)
- egyéb transzferens reakciók (pl. ligandum)

egyensúlyi – nem egyensúlyi reakciók

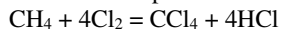
teljesen végbemenő reakciók esetén legalább az egyik reaktáns elfogy, pl. $C + O_2 = CO_2$
 egyensúlyra vezető reakciók – soha nem mennek teljesen végbe, mindig marad a reaktánsokból, pl. $N_2 + H_2 = NH_3$

A több reakcióból álló rendszerek leegyszerűbb esetei:

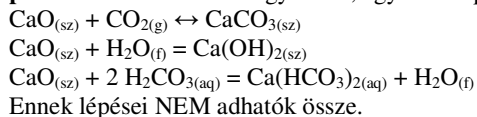
sorozatos reakciók: egymás után játszódhatnak le



A sorozatos lépések összeadhatók, így kaphatjuk meg a bruttó reakció egyenletét:

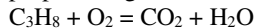


párhuzamos reakciók: egyszerre, egymással párhuzamosan játszódhatnak le



A reakcióegyenlet egyik fontos felhasználása: a sztöchiometriai számítások

propán+oxigén



rendezve: $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$

mit jelent ez? Néhány példa:

- propán oxigénnel reagálva szén-dioxidot és vizet ad
- 1 mol propán 5 mol oxigénnel reagál
- 1 mol propánból 3 mol szén-dioxid és 4 mol víz keletkezik
- 5 mol oxigénből 3 mol szén-dioxid és 4 mol víz keletkezik
- 1 mol szén-dioxid 1/3 mol propánból és 5/3 mol oxigénből keletkezik
- 1 mol víz 1/4 mol propánból és 5/4 mol oxigénből keletkezik

A reakció során 6 mol szén-dioxid képződik. Ehhez hány mól oxigén kell? 10 mol

3 mol oxigénből hány mól víz képződik a reakció során? 12/5 mol

Anyagmennyiséggel egyszerű, mert az egyenletből az arányok közvetlenül leolvashatók. Tömegekkel kicsit nehezebb:

32g oxigén reagál a fenti egyenlet szerint. Hány g széndioxid, illetve víz képződik?

$$32g O_2 \text{ 1 mol (} 32g / 32g/mol = 1 \text{ mol)}$$

1 mol O_2 -ből 3/5 mol CO_2 illetve 4/5 mol H_2O keletkezik

$$m(CO_2) = n(CO_2) * M(CO_2) = 3/5 \text{ mol} * 44 \text{ g/mol} = \mathbf{26,4 \text{ g}}$$

$$m(H_2O) = n(H_2O) * M(H_2O) = 4/5 \text{ mol} * 18 \text{ g/mol} = \mathbf{14,4 \text{ g}}$$

Hány g vas reagál 10,00g kénporrrel, és hány g vas(II)-szulfid keletkezik?

reakcióegyenlet felírása: $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$

$$n_{\text{S}} = 10 \text{ g} / 32,06 \text{ (g/mol)} = 0,3119 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Fe}} = 0,3119 \text{ mol} \cdot 55,85 \text{ (g/mol)} = 17,42 \text{ g}$$

$$m_{\text{FeS}} = 0,3119 \text{ mol} \cdot 87,91 \text{ (g/mol)} = 27,42 \text{ g}$$

Amikor a reaktánsok olyan arányban vannak, hogy a reakcióegyenlet szerint teljesen elfogyhatnak a reakció során, akkor **SZTÖCHIOMETRIKUS ÖSSZETÉTEL**ről beszélünk.

Gyakran nem ez a helyzet, ekkor valamelyik reaktáns **FELESLEG**ben van. Ebben az esetben a reakció teljes lejátszódása után is marad valamelyik reaktánsból valamennyi (ez a reaktáns volt feleslegben).

A kémiai reakciók előrehaladását a reakciókoordinátával (reakció extenzitás, ξ (a görög kszí betű)) jellemezzük. A reakciókoordináta abszolút értékének nem, csak megváltozásának van fizikai jelentése: $\Delta\xi = \frac{\Delta n_{\text{B}}}{\nu_{\text{B}}}$ (ahol Δn_{B} a B anyag anyagmennyiség változása, n_{B} a B anyag sztöchiometriai száma).

Tekintsük újra a propán teljes égését leíró egyenletet: $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

Rendezzük az anyagfajtákat a termékek oldalára: $0 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} - \text{C}_3\text{H}_8 - 5\text{O}_2$

Az egyes anyagfajták sztöchiometriai száma: CO_2 3; H_2O 4; C_3H_8 -1; O_2 -5

Az anyagfajták anyagmennyiség változása kiindulási anyagokra negatív, termékekre pozitív a reakció során.

Sztöchiometrikus reaktáns összetétel esetén a különböző anyagokra számított MAXIMÁLIS reakciókoordináta megegyezik.

Nem sztöchiometrikus összetétel esetén valamelyik anyagfajtára számolt maximális reakciókoordináta kisebb, mint a többi reaktánsé.

Ez az anyagfajta határozza meg a reakció lejátszódásának maximális mértékét, a többi feleslegben van.

2 mol propánt reagáltatunk 5 mol oxigénnel. Sztöchiometrikus ez a reakcióelegy? Ha nem melyik anyag van feleslegben és mennyi a felesleg nagysága?

A reakcióegyenlet szerint ($\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$) 1 mol propán 5 mol oxigénnel reagál. Mivel nekünk 2 mol propánunk van, így ez van feleslegben. A felesleg nagysága 1 mol.

1,5 mol propánt reagáltatunk 3 mol oxigénnel. Sztöchiometrikus ez a reakcióelegy? Ha nem melyik anyag van feleslegben és mennyi a felesleg nagysága? Hány gramm víz keletkezik?

megoldás a,

A reakcióegyenlet szerint ($\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$) 1 mol propán 5 mol oxigénnel reagál. Mivel nekünk 1,5 mol propánunk van ez 5 · 1,5 mol = 7,5 mol oxigénnel tud reagálni. Nekünk csak 3 mol oxigénünk van, így a propán van feleslegben. 3 mol oxigén 3 mol · 1/5 = 0,6 mol propánnal reagál. A felesleg nagysága 1,5 mol – 0,6 mol = 0,9 mol propán. A keletkező víz mennyiségét az oxigén határozza meg. Az egyenlet szerint 5 mol oxigénből 4 mol víz keletkezik, tehát 3 mol / 5 · 4 = 2,4 mol víz keletkezik, ami 2,4 mol · 18 g/mol = 43,2 g.

megoldás b,

A reakcióegyenlet szerint ($\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$) 1 mol propán 5 mol oxigénnel reagál. Mivel nekünk 3 mol oxigénünk van ez 3/5 mol = 0,6 mol propánnal tud reagálni. Nekünk 1,5 mol propánunk van, így a propán van feleslegben. A felesleg nagysága 1,5 mol – 0,6 mol = 0,9 mol propán. Az egyenlet szerint 5 mol oxigénből 4 mol víz keletkezik, tehát 3 mol / 5 · 4 = 2,4 mol víz keletkezik, ami 2,4 mol · 18 g/mol = 43,2 g.

megoldás c,

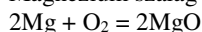
A maximális reakciókoordináta értéke propánra $-1,5 \text{ mol} / -1 = 1,5 \text{ mol}$, oxigénre $-3 \text{ mol} / -5 = 0,6 \text{ mol}$. Az oxigéné kisebb, tehát a propán van feleslegben. A felesleg nagysága reakciókoordinátában $1,5 \text{ mol} - 0,6 \text{ mol} = 0,9 \text{ mol}$, ami $0,9 \text{ mol} \cdot 1 = 0,9 \text{ mol}$ propán felesleget jelent. 0,6 mol reakció koordináta változás $0,6 \text{ mol} \cdot 4 = 2,4 \text{ mol}$ víz keletkezését jelenti, ami $2,4 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g/mol} = 43,2 \text{ g}$.

0,7 mol propánt reagáltatunk 6 mol oxigénnel. Sztöchiometrikus ez a reakcióelegy? Ha nem melyik anyag van feleslegben és mennyi a felesleg nagysága? Hány gramm víz keletkezik?

A maximális reakciókoordináta értéke propánra $-0,7 \text{ mol} / -1 = 0,7 \text{ mol}$, oxigénre $-6 \text{ mol} / -5 = 1,2 \text{ mol}$. A propáné kisebb, tehát az oxigén van feleslegben. A felesleg nagysága reakciókoordinátában $1,2 \text{ mol} - 0,7 \text{ mol} = 0,5 \text{ mol}$, ami $0,5 \text{ mol} \cdot 5 = 2,5 \text{ mol}$ oxigén felesleget jelent. 0,7 mol reakciókoordináta $0,7 \text{ mol} \cdot 4 = 2,8 \text{ mol}$ víz keletkezését jelenti, ami $2,8 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g/mol} = 50,4 \text{ g}$.

A redoxi reakciók

Magnézium szalag égethető levegőben:



régen: oxidáció = oxigénfelvétel, redukció = oxigénleadás

Azaz a magnézium oxidálódott.

De égethető szén-dioxidban is:
 $2\text{Mg} + \text{CO}_2 = 2\text{MgO} + \text{C}$

Az oxidáció nagyon elterjed folyamat a természetben (fa, szén égése, vas rozsdásodása, vaj avasodása) redukció is van! szén keletkezése, fotoszintézis, fémek gyártása

pl. a vas redukciója a vasgyártás során
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$, $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$, $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$

általánosítsunk: a Mg-ból Mg^{2+} lett, azaz elektront adott le, a Fe^{3+} -ből Fe lett, azaz elektront vett fel, tehát oxidáció = elektronleadás, redukció = elektronfelvétel
azaz a redoxireakciók elektronátmenettel járó reakciók

Redox reakciók összefoglalás:

Az oxidálószer

- Oxidál
- Elektront nyer
- Redukálódik

A redukálószer

- Redukál
- Elektront veszít
- Oxidálódik

oxidálódott vagy redukálódott az adott elem? Mennyire?
Ennek eldöntése ionok képződésekor egyszerű (az elektron teljesen átadódott).

Mi a helyzet, ha nem képződnek ionok, azaz az elektron a reakció során nem adódik át teljesen?
pl. $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$

Az oxidáció foka: az oxidációs szám

nem a reális töltést tükrözi, csak segít az oxidáció/redukció megállapításában

Gondolatban rendeljük a kötő elektronokat ahhoz az atomhoz, amelyikhez inkább tartozik (ha egyformán tartozik két atomhoz, akkor osszuk meg őket): ez az **oxidációs szám**

az oxidációs számot az előjel után írt arab számmal jelöljük (pl. +2) (nem keverendő össze az ionok töltésének jelölésével, amely fordított, pl. 2+)

oxidáció során egy atom oxidációs száma nő, redukció során csökken

hogyan állapítsuk meg egy elem oxidációs számát?

3 alapszabály:

- 1) elem: mindig zérus pl. H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2
- 2) egyszerű (egyatomos) ionok: az oxidációs szám = iontöltés pl. Cl^- esetén -1 , Na^+ esetén $+1$, Mg^{2+} esetén $+2$
- 3) molekulában és összetett ionban: az oxidációs számok összege = töltés
pl. SO_4^{2-} , MnO_4^- , N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 , H_3PO_4

gyakorlati szabály: általában a 1) fluor -1 , 2) hidrogén $+1$, 3) oxigén -2 .
ezt a fenti sorrendben kell használni, azaz először az elsőt kell alkalmazni
pl. F_2O ; sőt: H_2O_2 ;

Gyakorlás: állapítsuk meg az egyes atomok oxidációs számát a következő vegyületekben!
 H_2SO_4 , H_2SO_3 , H_2S , Na_2S

Sav-bázis reakciók

A legegyszerűbb megközelítés, az Arrhenius elmélet:

sav: ami a vizes oldat hidrogénion koncentrációját növeli

bázis: ami a vizes oldat hidroxidion koncentrációját növeli

sav+bázis egymással reagálva **sót** és **vizet** ad, ez a **semlegesítés**

Ha savat adunk vízhez, akkor az oldat kémhatása **savas** lesz.

Ha bázist adunk vízhez, akkor az oldat kémhatása **lúgos** lesz.

Ezt jól látható színváltozással jelzik bizonyos anyagok, az indikátorok.
(pl. fekete tea + citromlé)

A kémhatás kapcsolatban van az oldat hidrogén és hidroxid-ion tartalmával. Igazából ezen anyagok koncentrációja nem független egymástól, ugyanis a víz öndisszociációra képes:



(szerkezeti képlettel megmutatni, és megbeszélni az ionok képződését)

Ez a reakció egyensúlyra vezet. A hidrogén és hidroxid ionok koncentrációja adott körülmények között állandó.

Sav hatására hidrogénion-többség, bázis hatására hidroxidion többség alakul ki. Azaz savas a kémhatás, ha a hidrogénionok koncentrációja nagyobb, mint a hidroxidionoké. Lúgos a kémhatás, ha a hidroxidionok koncentrációja nagyobb, mint a hidrogénionoké. Amennyiben a kettő megegyezik az oldat semleges kémhatású.

Tiszta vízben 25 °C-on $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$.

A sav-bázis reakciókat más elméletekkel (például Brønsted–Lowry) is lehet írni, de ehhez tekintsük át az egyensúlyi reakciók leírását.

Egyensúlyi reakciók

A reaktánsok és termékek koncentrációja egy idő után nem változik, de jobban megvizsgálva a rendszert a termék képződése nem áll le, viszont ugyanakkora sebességgel megy a visszaalakulás is (dinamikus egyensúly).

ezt tükröző jelölés: az oda-vissza nyíl

akkor használjuk, ha hangsúlyozni szeretnénk a folyamat egyensúlyi mivoltát

Végezzük el a következő gondolat kísérletet!

Vegyünk ecetsavat és etanolt! A reakció az észterképződés.

ecetsav + etanol = etil-acetát + víz

nem alakul át az összes! 1 mol etanol+1 mol ecetsavból lesz 2/3 mol észter, 2/3 mol víz, de marad 1/3 mol etanol és 1/3 mol ecetsav

Egyszerű reakcióknál a reakció sebessége arányos a reaktáns pillanatnyi koncentrációjával. Az ezt leíró összefüggés a sebességi egyenlet. A reakció sebessége megadható, mint egy reaktáns koncentrációjának idő szerinti deriváltja.

a képződési reakció sebessége: $v_1 = \frac{dc_{\text{észter}}}{dt} = k_1 \cdot c_{\text{ecetsav}} \cdot c_{\text{etanol}}$ ez kezdetben nagy, mert sok ecetsav és etanol van

a visszaalakulási reakció sebessége: $v_2 = \frac{dc_{\text{etanol}}}{dt} = k_2 \cdot c_{\text{észter}} \cdot c_{\text{víz}}$ ez kezdetben nulla, mert nincs észter, illetve víz a rendszerben

egyensúlyban egyenlők lesznek: $v_1 = v_2$

$$k_1 \cdot c_{\text{ecetsav}} \cdot c_{\text{etanol}} = k_2 \cdot c_{\text{észter}} \cdot c_{\text{víz}}$$

jelöljük az egyensúlyi koncentrációkat []-el:

$$k_1 \cdot [\text{ecetsav}] \cdot [\text{etanol}] = k_2 \cdot [\text{észter}] \cdot [\text{víz}]$$

rendezzük át az egyenletet: $\frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{észter}] \cdot [\text{víz}]}{[\text{ecetsav}] \cdot [\text{etanol}]}$

k_1, k_2 sebességi együtthatók adott hőmérsékleten állandók, így hányadosuk is az!

Nevezük ezt egyensúlyi állandónak: $K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{észter}] \cdot [\text{víz}]}{[\text{ecetsav}] \cdot [\text{etanol}]}$

Erre a reakcióra: $K = (2/3 \cdot 2/3) / (1/3 \cdot 1/3) = 4$

Általánosítva:

Guldberg és Waage (1867) **tömeghatás törvénye**: egyensúly esetén a reakcióban keletkező termékek egyensúlyi koncentrációinak a sztöchiometriai számnak megfelelő hatványon vett szorzatát elosztva a kiindulási anyagok egyensúlyi koncentrációinak megfelelő hatványon vett szorzatával adott hőmérsékleten állandó értéket kapunk. (tömeghatás: régen tömegekkel írták fel)

általánosan felírva:

$K = \prod_i c_i^{v_i}$, ahol v_i az előjelesen értelmezett sztöchiometriai szám, c_i az i. anyag egyensúlyi koncentrációja

Ez a tört nem csak egyensúlyban írható fel! Tetszőleges esetben (azaz nem egyensúlyi koncentrációkkal) felírva a neve tömeghatástört.

Mi történik, ha hirtelen etanolt adunk a rendszerhez?

Ezzel az észterképződési reakció sebessége megnő és ezzel párhuzamosan a tömeghatástört értéke nem lesz egyenlő az egyensúlyi állandóval.

A meginduló reakció csökkenti az etanolfelesleget és végül beáll egy új egyensúly.

Egyensúlyi rendszerek ilyen jellegű viselkedésére fogalmazták meg a **Le Chatelier-Braun-elvet**:

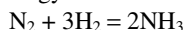
Ha külső hatás az egyensúlyi rendszer állapotát megváltoztatja, akkor olyan változás indul meg a rendszerben, amely a külső hatás eredményét csökkenti.

Nagyon sokszor fel- és kihasználjuk ezt!

Például szeretnénk sok etil-acetátot termelni. Hogyan tolhatjuk el a reakciót ebbe az irányba? Vonjuk el a képződött vizet vízelvonó szerrel.

Az egyensúlyi állandó hőmérsékletfüggése: az egyensúlyra vezető reakciópár hőmérsékletfüggésén múlik ha a reakció endoterm, akkor a hőmérséklet emelése az odaalakulás irányába tolja el a reakciót ha a reakció exoterm, akkor a hőmérséklet emelése a visszaalakulás irányába tolja el a reakciót

Vegyük az ammóniaszintézist!



alacsony hőmérsékleten: igen lassú

ötletek:

- emeljük a hőmérsékletet, így gyorsabb lesz!
A képződés exoterm, ezért ez a visszaalakulás irányába tolja el a reakciót:
300 °C: 10% termék, 600 °C: 0,5% termék, nem jó
- növeljük a nyomást, mivel a termékek anyagmennyisége kisebb, mint a kiindulási anyagoké!
Nagyon nagy nyomáson érhető el számottevő eredmény.
- használjunk katalizátort
melyik hatékony, olcsó, a szennyezésekre érzéketlen?

Sok technikai probléma után végül kidolgozták a Haber-Bosch-eljárást 450–500 °C, 200 atm nyomás, fémvas–vas-oxid katalizátor.

Az egyensúlyi állandó felírható bármilyen koncentráció típusussal! Ezek számértékileg nem egyeznek meg, de egymásba átszámíthatók.

Ha anyagmennyiség koncentrációval írjuk fel: K_c

Ha parciális nyomással írjuk fel: K_p

A komplexek képződése

kísérlet: $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ (halvány kék) + $4\text{NH}_3 = \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ (sötétkék) + $4\text{H}_2\text{O}$

$\text{Hg}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{HgI}_2$ (vörös csapadék), HgI_2 (vörös csapadék) + $2\text{I}^- = \text{HgI}_4^{2-}$ (halványsárga oldat)

HgI_4^{2-} (halványsárga oldat) + $\text{Ag}^+ = \text{AgHgI}_4$ (kanárisárga csapadék, melegítve narancssárga lesz)

$\text{Al}(\text{OH})_3$ (fehér csapadék) + $\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_4^-$ (színtelen oldat)

$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ (rózsaszín), CoCl_4^{2-} (kék), a komplexképződés is egyensúly, eltolható

ezüst-klorid csapadék feloldódik ammóniában ($\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$)

nemcsak szépek, látványosak, hanem nagy jelentőségűek is, pl. EDTA, hemoglobin, klorofill, B12-vitamin

komplex: egy központi fématomhoz datív kötésekkel ligandumok kapcsolódnak

ismétlés: a datív kötés

a központi atom: rendelkezik üres pályákkal

a ligandum: atom, atomcsoport, aktív atomja(i) elektronpár donálására képesek

szemléletti dolog: a vízmolekulák is koordinálnának, ez több mint hidrátburok!

a ligandum aktív atomjainak száma szerint: egy- és többfogú ligandumok

a fématomhoz kötődő aktív atomok száma szerint: koordinációs szám

hasonlít a többértékű savakra/bázisokra

több egyensúly egymás mellett (a töltéseket nem jeleztük az egyszerűség kedvéért)

$$\text{M} + \text{L} = \text{ML} \quad K_1 = \frac{[\text{ML}]}{[\text{M}] * [\text{L}]}$$

$$\text{ML} + \text{L} = \text{ML}_2 \quad K_2 = \frac{[\text{ML}_2]}{[\text{ML}] * [\text{L}]}$$

...

$$ML_{n-1} + L = ML_n \quad K_n = \frac{[ML_n]}{[ML_{n-1}] \cdot [L]}$$

a teljes folyamatra:

$$M + nL = ML_n \quad \beta_n = \frac{[ML_n]}{[M] \cdot [L]^n} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

β_n a stabilitási állandó

Az oldódás

Az oldódás folyamata: az oldószermolekulák körbeveszik a részecskét, kiszakítják a szilárd fázisból (például a kristályrácsból). Az a folyamat a **szolvatáció** (ha az oldószer a víz: **hidratáció**).

Az egyes anyagok oldhatósága nagymértékben különbözik!

Alapelv: „Hasonló a hasonlót oldja”

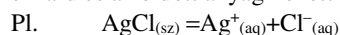
Azaz *poláris anyagok poláris anyagokat, apoláris anyagok apolárisakat oldanak jól.*

Például etán, benzol apoláris, vízben rosszul, apoláris szerves oldószerekben jól oldódik. Metanol poláris, vízben jól oldódik.

Az oldhatóságot nagymértékben megnöveli, ha az oldószer és az oldandó anyag között kémiai reakciók játszódhatnak le. Ekkor apoláris anyagok is jól oldódhatnak poláris anyagokban. Például a szén-dioxid apoláris, de vízzel reakcióba lép, ezért jól oldódik vízben.

oldhatóság: az adott komponens maximális elegybeli koncentrációja

Ha több oldott anyagot próbálunk feloldani, mint amennyit a folyadék képes, ez nem sikerül és marad az oldandó anyagból. Ekkor a szilárd és az oldott anyag között egyensúly alakul ki! (oldódás, kiválás sebessége megegyezik)



írjuk fel az egyensúlyi állandót erre a reakcióra!

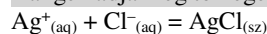
$$K = \frac{[Ag^+] \cdot [Cl^-]}{[AgCl]}$$

[AgCl] állandó, ezért megszorozva vele az egyenletet bal oldalán állandó értéket kapunk, mely neve az **oldhatósági szorzat**:

$$L = K[AgCl] = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$$

Mire lehet ezt felhasználni? Az oldhatósági egyensúly miatt az ezüst és a klorid-ionok koncentrációjának szorzata az oldatban nem lehet nagyobb egyszerre, mint az oldhatósági szorzat. Ha ez mégis megtörténne, csapadék képződne!

Öntsünk össze 125 cm³ 0,1 mol/dm³ koncentrációjú ezüst-nitrát oldatot 25 cm³ 0,5 mol/dm³ koncentrációjú sósavval. Válik ki csapadék? Ha igen adja meg tömegét! $L_{AgCl} = 1,56 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$



Az ezüst-ionok anyagmennyisége: $n_{Ag^+} = 0,125 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol/dm}^3 = 0,0125 \text{ mol}$

A klorid-ionok anyagmennyisége: $n_{Cl^-} = 0,025 \text{ dm}^3 \cdot 0,5 \text{ mol/dm}^3 = 0,0125 \text{ mol}$

A reakcióelegy sztöchiometrikus!

$V_{új} = 125 \text{ cm}^3 + 25 \text{ cm}^3 = 150 \text{ cm}^3$ (a sűrűségek változásától most eltekintünk)

Az összeöntött oldatban az ionok koncentrációja: $c_{Ag^+} = c_{Cl^-} = 0,0125 \text{ mol} / 0,150 \text{ dm}^3 = 0,0833 \text{ mol/dm}^3$

$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = 0,08333 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,08333 \text{ mol/dm}^3 = 0,006944 \text{ mol}^2/\text{dm}^6 > 1,56 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$, tehát ki fog válni csapadék.

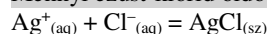
A csapadékkiválás után az ionok koncentrációja: $[Ag^+] = [Cl^-] = (1,56 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{dm}^6)^{0,5} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

A koncentráció változás: $0,08333 \text{ mol/dm}^3 - 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = 0,08332 \text{ mol/dm}^3$

Ez $n_{AgCl} = 0,150 \text{ dm}^3 \cdot 0,08332 \text{ mol/dm}^3 = 0,012498 \text{ mol}$ csapadék kiválást jelent.

$M_{AgCl} = 143,32 \text{ g/mol}$, tehát $m_{AgCl} = 0,012498 \text{ mol} \cdot 143,32 \text{ g/mol} = 1,791 \text{ g}$

Mennyi ezüst-klorid oldódik fel 1,2 liter vízben? $L_{AgCl} = 1,56 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$



Az egyenlet szerint az ezüst- és kloridionok arány 1:1, tehát koncentrációjuk az oldatban megegyezik (sem ezüst, sem kloridion nincs más forrásból az oldatban). Így $[Ag^+] = [Cl^-] = (1,56 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{dm}^6)^{0,5} = 1,2490 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

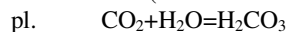
$n_{AgCl} = 1,2 \text{ dm}^3 \cdot 1,2490 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = 1,4988 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

$M_{AgCl} = 143,32 \text{ g/mol}$

$m_{AgCl} = 1,4988 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 143,32 \text{ g/mol} = 0,002148 \text{ g}$, azaz alig több mint 2 mg!

Töményebb oldatok esetén az oldhatóságot más tényezők is befolyásolják (lásd fizikai kémia, aktivitás).

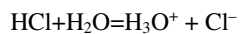
A szolvólízis (víz esetén: **hidrolízis**) az oldhatóságot nagymértékben megnöveli!



2020.04.08.

tema05_20200408

7



Az oldódási folyamatok egy része disszociációs reakció, nemcsak a HCl esetén, hanem például $\text{NaCl}_{(sz)} = \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$

Poláris oldószerekben a vegyületek egy része ionokra disszociál, ez az **elektrolitos disszociáció**, az így viselkedő anyagok az **elektrolitok**.

Bizonyos anyagok teljesen disszociálnak: erős elektrolitok (pl. erős savak, erős bázisok, sók)

Más anyagok csak részben disszociálnak: gyenge elektrolitok (pl. gyenge savak, gyenge bázisok)

A disszociáció mértéke erősen függ az oldószertől!