

## Általános és szervetlen kémia - 9. hét

Előző héten elsajátítottuk, hogy ...

- a határfelületi jelenségeket és
- a kolloid rendszereket milyen sajátságok jellemzik

Mai témakörök

- a kémiai reakciók csoportosítása, körülményei
- reakciósebesség
- kémiai egyensúly

---

---

---

---

---

---

---

---

## Kémiai átalakulások

- **A kémiai reakció:** kötések felbomlása, új kötések kialakulása - az atomok vegyérték-elektron-szerkezetében történik változás
  - egyirányú (irreverzibilis) vagy megfordítható (reverzibilis)
  - csak az egymással érintkező részecskék között mehet végbe
- **Szimbolikus jelzése** - reakcióegyenlettel (jobb- és baloldal **nem** felcserélhető)

---

---

---

---

---

---

---

---

## A kémiai reakciók körülményei

- **A rendszer és a környezet értelmezése**
  - **A rendszer:** azok az egymással kölcsönhatásban lévő kémiai anyagok összessége, amelyeknek tulajdonságait vizsgálni kívánjuk
  - Nyitott, zárt és elszigetelt rendszer
- **anyag - energia kapcsolata a rendszerben**
- **anyag** bejutása és távozása
- **energia** bejutása és távozása



---

---

---

---

---

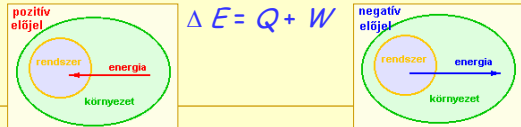
---

---

---

## A rendszer energiaviszonyai

- **Belső energia:** a rendszer teljes energiakészlete (nem mérhető, csak a változását lehet meghatározni)
- **A belső energia megváltozása - zárt rendszerben** a felvett vagy leadott hő ( $Q$ ) és a rendszeren vagy a rendszer által végzett munka ( $W$ )



---

---

---

---

---

---

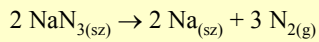
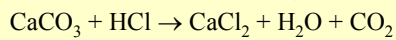
---

---

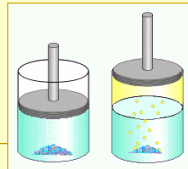
## A rendszer energiaviszonyai

- **A térfogati munka:** a térfogat megváltozása miatt bekövetkező munkavégzés

$$W = -p \Delta V$$



gázfejlődési  
reakciókban



---

---

---

---

---

---

---

---

## Kémiai átalakulások

- **Csoportosítás**
  - a reakció típusa (**komponensek száma**) szerint
  - a kiindulási anyagok és termékek **fázisa** szerint
  - a reakció során bekövetkező **hőváltozás** szerint
  - a reakciót kiváltó (aktiválási) **energia** szerint
  - a reakció **lépéseinek száma** szerint
  - a lejátszódás **sebessége** szerint
  - a reakcióban az új kötések kialakulása az atomok elektron-szerkezetében milyen jellegű változást idéz elő (**elektron átadás vagy közös**)

---

---

---

---

---

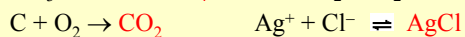
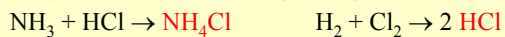
---

---

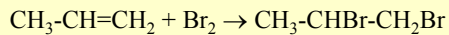
---

**A folyamatban résztvevő komponensek száma szerint**

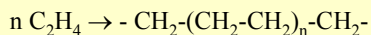
- **Egyesülés:** több anyagból egyetlen termék



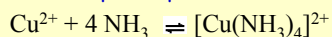
- **addíció:**



- **polimerizáció**



- **komplekxképződés**



---

---

---

---

---

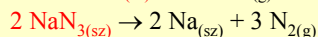
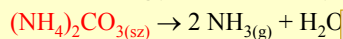
---

---

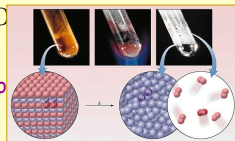
---

**A folyamatban résztvevő komponensek száma szerint**

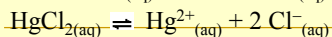
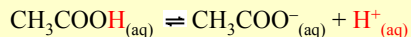
- **Bomlás:** egy kiindulási anyagból több termék



- **reverzibilis bomlás = disszociáció**
- **termikus disszociáció**



- **elektrolitos disszociáció**



---

---

---

---

---

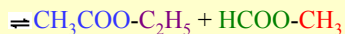
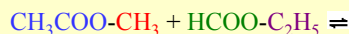
---

---

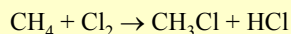
---

**A folyamatban résztvevő komponensek száma szerint**

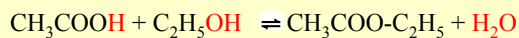
- **Cserebomlás** a reaktánsok egyes részei kicserélődnek



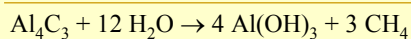
- **szubsztitúció**



- **kondenzáció**



- **hidrolízis**



---

---

---

---

---

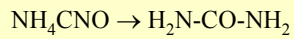
---

---

---

### A folyamatban résztvevő komponensek száma szerint

- **Izomer átalakulás** vegyületen belüli csoportok átrendeződése



ionos kötésű szerves só  $\rightarrow$  kovalens kötésű szerves

- **tautomer átalakulások**  
keto-enol tautomeria

---

---

---

---

---

---

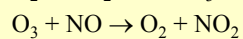
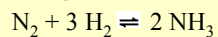
---

---

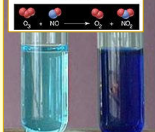
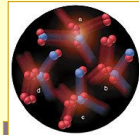
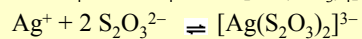
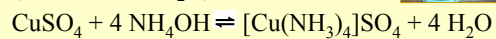
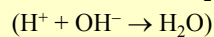
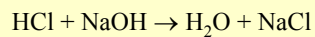
### A reakciók csoportjai fázisok szerint

- **Homogén reakciók** egyfázisú

- **gázfázisban**



- **oldatban**



---

---

---

---

---

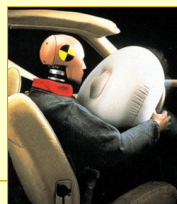
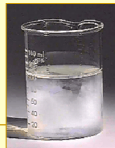
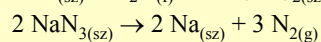
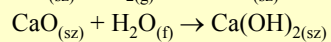
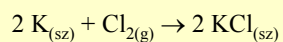
---

---

---

### A reakciók csoportjai fázisok szerint

- **Heterogén reakciók** (többfázisú): reakció különböző fázisok között



---

---

---

---

---

---

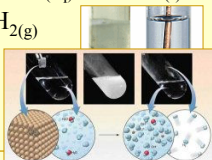
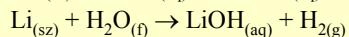
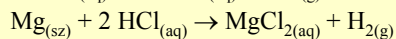
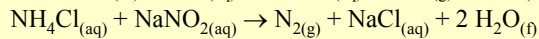
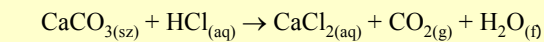
---

---

## A reakciók csoportjai fázisok szerint

### ■ Heterogén reakciók (többfázisú): új fázis kialakulása

#### □ gázfejlődés



---

---

---

---

---

---

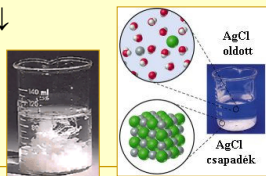
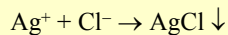
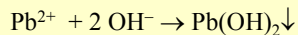
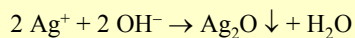
---

---

## A reakciók csoportjai fázisok szerint

### ■ Heterogén reakciók (többfázisú): új fázis kialakulása

#### □ csapadékképződés (szilárd anyag kiválása oldatból)



---

---

---

---

---

---

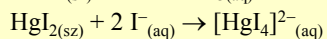
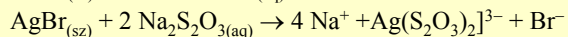
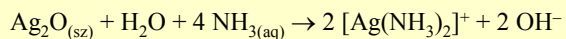
---

---

## A reakciók csoportjai fázisok szerint

### ■ Heterogén reakciók (többfázisú)

#### □ csapadék oldása komplexképzéssel



---

---

---

---

---

---

---

---

## A kémiai reakciók körülményei

### ■ A kémiai reakciók lejátszódhatnak

- állandó térfogaton:  $\Delta E = Q_v$
  - állandó nyomáson:  $\Delta E = Q_p + W$
- a belső energia megváltozása

**Entalpia (H):** állandó nyomáson az anyagok hőtartalma (nem mérhető)

az elemek 298 K, 0,1 MPa stabilis módosulatának entalpiája = nulla

oxigén ↔ ózon, grafit ↔ gyémánt, bróm<sub>(f)</sub> ↔ bróm<sub>(g)</sub>

---

---

---

---

---

---

---

---

## A kémiai reakciók körülményei

### ■ Entalpiaváltozás: állandó nyomáson mért reakcióhő

$$Q_p = \Delta H$$

### ■ A kémiai kötések felszakadása és újak képződése során bekövetkező energiaváltozás miatt az entalpia-változásban a **kötési energiák** meghatározóak

std entalpiaváltozás: a termékek és a kiindulási anyagok is standard állapotban vannak  $\Delta H^\circ$

std képződési entalpia:  $\Delta_f H^\circ$  - standard állapotú elemeiből 1 mol standard állapotú vegyület képződésének entalpia-változása

---

---

---

---

---

---

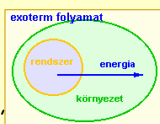
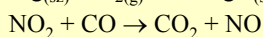
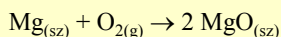
---

---

## A reakció során bekövetkező hőváltozás

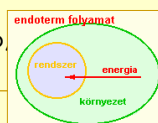
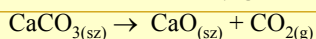
### ■ Exoterm reakciók

- hő leadással járó folyamatok (a termékek energiatartalma kisebb, mint a kiindulási anyagoké)



### ■ Endoterm reakciók

- hő felvétellel járó reakciók (a termékek energiatartalma nagyobb, mint a kiindulási anyagoké)



---

---

---

---

---

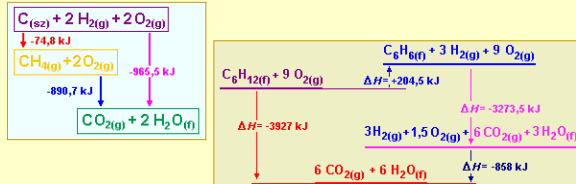
---

---

---

## A kémiai reakciók körülményei

- **Hess tétele:** az állandó nyomáson mért reakcióhő csak a kiindulási anyagok és a termékek hőtartalom-különbségéből adódik, független a reakció lezajlásának útvonalától




---

---

---

---

---

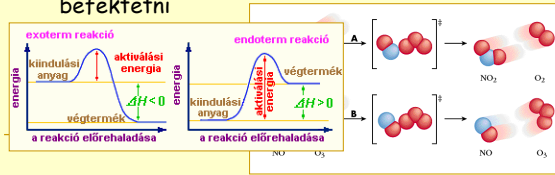
---

---

---

## A reakció során bekövetkező hőváltozás

- Az **aktiválási energia**: a reakció kiváltásához, lejátszódásához szükséges energiatöbblet
- A részecskék megfelelő irányultságú ütközése - **energiatöbblet** kell
  - exoterm folyamatok esetén is kell energiát befektetni




---

---

---

---

---

---

---

---

## Reakciók az aktiválási energia szerint

- **Termikus** - hő hatására végbemenő folyamatok
  - **termikus disszociáció**  
 $CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(sz)} + CO_{2(g)}$
  - **égési folyamatok**  
 $Mg_{(sz)} + O_{2(g)} \rightarrow 2 MgO_{(sz)}$

---

---

---

---

---

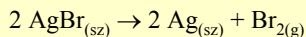
---

---

---

## Reakciók az aktiválási energia szerint

- **Fotokémiai** - fény hatására végbemenő reakciók
  - a fotonok energiája fedezi a kémiai kötések felbomlásához szükséges energiát (gyökök képződése)
  - légkörben lejátszódó folyamatok, ózon réteg bomlása, fotoszintézis, látás kémiaja, fényképezés



---

---

---

---

---

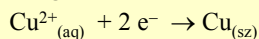
---

---

---

## Reakciók az aktiválási energia szerint

- **Sugárkémiai** - radioaktív sugárzással kiváltott kémiai reakció (**nem magkémiai**)
  - gamma sugarak hatására (radiolízis)
- **Elektrokémiai** - elektromos árammal kiváltott folyamatok
  - elektronok a redoxi reakciók térben elkülönített végbemeneteléhez



---

---

---

---

---

---

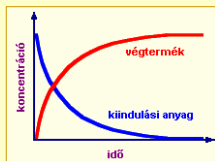
---

---

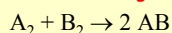
## Reakciósebesség

- bármelyik komponens időegység alatt bekövetkező koncentrációváltozása

$$v = \Delta c / \Delta t$$



a kémiai reakcióra jellemző a kiindulási anyagok koncentrációjának folyamatos csökkenése - a **sebesség is csökken**



$$v = k [\text{A}_2] \cdot [\text{B}_2]$$

reakció sebességi  
állandó

---

---

---

---

---

---

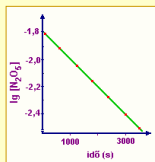
---

---



## A reakció rendősége

- a sebességi egyenletben szereplő koncentrációk kitevőinek összege
  - elemi reakciók esetén csak egész szám lehet
  - meghatározása különböző kiindulási koncentrációhoz tartozó **felezési idő** alapján



**elsőrendű** reakciók felezési ideje független a kiindulási koncentrációtól

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Aktiválási energia

- A befektetendő aktiválási energia nagysága eltérő a reakciók eltérő útvonala esetén
  - katalizált folyamatok
  - párosítatlan elektron(oka)t tartalmazó részecskék - kis aktiválási energiát igényelnek
- a sebességi állandó és a hőmérséklet összefüggése - **Arrhenius egyenlet**

$$k = A e^{-E/RT}$$

---

---

---

---

---

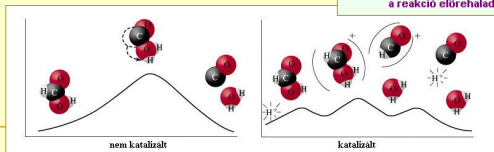
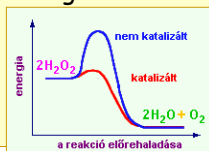
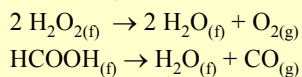
---

---

---

## Katalízis

- olyan reakcióúton lejátszódó folyamat, amelyben kisebb aktiválási energia szükséges




---

---

---

---

---

---

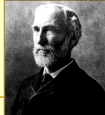
---

---

## A kémiai reakciók körülményei

- **Gibbs:** az entalpiaváltozás két részből tevődik össze
  - az egyik rész szabadon átalakítható más energia-fajtvá - a rendszer munkavégző képességét jelenti - **szabadentalpia változás**
  - a másik rész nem alakítható át más energiává - ahhoz szükséges, hogy adott hőmérsékleten tartsa a rendszert, biztosítsa annak rendezetlenségét - **entrópia változás**

$$\Delta H = \Delta G + T \cdot \Delta S$$



Josiah Willard Gibbs

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## A kémiai reakciók körülményei

- A kémiai folyamatok iránya:
 
$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$
- a szabadentalpia csökkenéssel járó folyamatok önként végbemennek vagy a csökkenés irányába tolnak el
  - entalpia növekedés és entrópia csökkenés - **sohasem játszódik le**
  - entalpia csökkenés és entrópia növekedés - **mindig játszódik**
  - hőmérséklettől függő a reakció lejátsszódása
- $\Delta G = 0$  esetén **egyensúlyi állapot van**

---

---

---

---

---

---

---

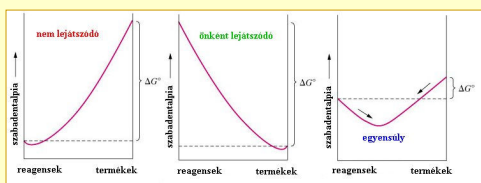
---

---

---

## A kémiai reakciók körülményei

- **Szabadentalpia változás** - a reakció lejátsszódásának **elvi lehetőségére** ad információt




---

---

---

---

---

---

---

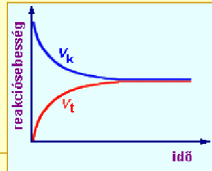
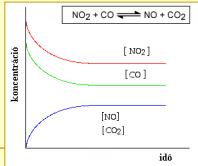
---

---

---

## Összetett kémiai folyamatok

- **Egyensúlyra vezető folyamatok:**
  - a kiindulási anyagok koncentrációja nem válik nullává,
  - az egyensúly kialakulása után a reakciósebesség állandó értéket vesz fel




---

---

---

---

---

---

---

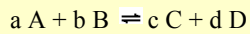
---

---

---

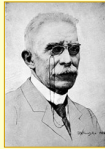
## Összetett kémiai folyamatok

- **egyensúlyi állandó:** a reakciósebességek hányadosa állandó



$$K = \frac{v_{\text{keletkező}}}{v_{\text{bomlási}}} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

**Le Chatelier elv:** a legkisebb kényszer elve - az egyensúlyi rendszer külső hatásra olyan irányba tolódik, amely a külső hatást legjobban mérsékelni tudja



Henry Le Chatelier

---

---

---

---

---

---

---

---

---

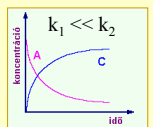
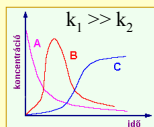
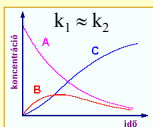
---

## Sorozatos reakciók

- a keletkező termék további reakcióban vesz részt és a visszaalakulás mértéke elhanyagolható



a folyamat bruttó sebességét a legkisebb sebességű lépés szabja meg




---

---

---

---

---

---

---

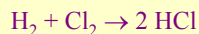
---

---

---

### Láncreakció

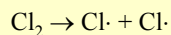
- a reakció több, egymást követő lépésből áll



- a folyamatnak három szakasza különíthető el:

- láncindítás, lánc fenntartás, lánczáró lépések

lancindító lépés - a legkisebb kötési energiájú molekula kötésének felbomlása - gyökök képződése



klórgyökök képződése, megfelelő frekvenciájú fotonok hatására

---

---

---

---

---

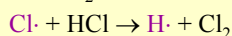
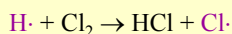
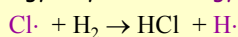
---

---

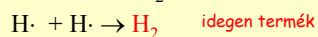
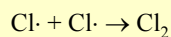
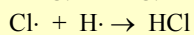
---

### Láncreakció

lanc fenntartó lépések - a gyök úgy reagál egy másik molekulával, hogy helyette másik gyök keletkezik



lanczáró lépések - a gyökök egymás közötti reakciója



---

---

---

---

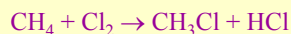
---

---

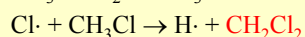
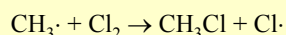
---

---

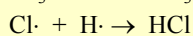
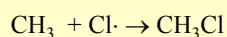
### Láncreakció



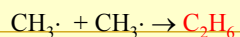
- lánc indítás:  $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}\cdot + \text{Cl}\cdot$
- lánc fenntartás:  $\text{Cl}\cdot + \text{CH}_4 \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3\cdot$



- lánc zárás:  $\text{Cl}\cdot + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{Cl}_2$



nem elkülönülő szakaszok



---

---

---

---

---

---

---

---