

# ÁLTALÁNOS KÉMIA

## 9. osztály

— *kézirat gyanánt* —

Készítette

CSELLÁR LILLA (2015D), GAZDA BELLA (2013B),  
FEKSI FRUZSINA (2015D), IVÁNYI BLANKA (2015D),  
KHAYOUTI SÁRA (2015C), KOCSI ÁDÁM (2015D), KÖRÖSI PÉTER (2015D),  
MARCHHART LILI (2013B) és NÉMETH KLÁRA ANNA (2014D)

VILLÁNYI ATTILA: *Kémia 9.* (Bp., Műszaki, 2009.<sup>8</sup>)  
és RÓZSAHEGYI MÁRTA–SIPOSNÉ KEDVES ÉVA–HORVÁTH BALÁZS: *Kémia 11–12.*  
(Szeged, Mozaik, 2010.) című könyve alapján,

KEGLEVICH KRISTÓF órái nyomán



Budapest–Józsefváros, 2020<sup>2</sup> (2014<sup>1</sup>)



*Budapesti Fazekas Mihály  
Gyakorló Általános Iskola  
és Gimnázium*

# ATOMSZERKEZET

## 1. Anyagok csoportosítása megjelenési formájuk szerint

a) korpuszkuláris (részecsketermészetű) — nem folytonos

b) mezőtermészetű anyag (nem részecskékből áll) — folytonos

- gravitációs / mágneses / elektromos mező

## 2. Ókor

a) Démokritosz (i. e. 400 körül) → atomelmélet

- az összes atom azonos anyagú
- eltérő nagyságúak és alakúak (ezért más színű, tapintású, kinézetű az anyag)
- atomok között vákuum (légüres tér)

b) Arisztotelész (i. e. 350 körül)

- vákuum nem lehet (*horror vacui*) → más elmélet kell
- 4 őselem: tűz, víz, föld, levegő → ebből tevődik össze minden anyag, csak más-más arányban → alkímia (a vasból úgy lehet aranyat csinálni, ha az arányokon változtatunk valahogy)
  - └ középkor

## 3. John Dalton (1808): atomelmélet felelevenítése

bizonyítékok, hogy az anyag részecskékből áll:

a) diffúzió: a részecskék a hőmozgás miatt bekövetkező spontán elkeveredése

- pl. porszemek tánca áteső fényben, WC-illatosító a levegőben,  $\text{KMnO}_4$  oldódása vízben

b) súlyviszony-törvények (Dalton)

- pl.  $\text{CO}_2$ :  $\frac{m(\text{C})}{m(\text{O})} = \frac{12}{2 \cdot 16} = 3/8$

- pl.  $\text{CO}$ :  $\frac{m(\text{C})}{m(\text{O})} = \frac{12}{16} = 3/4$

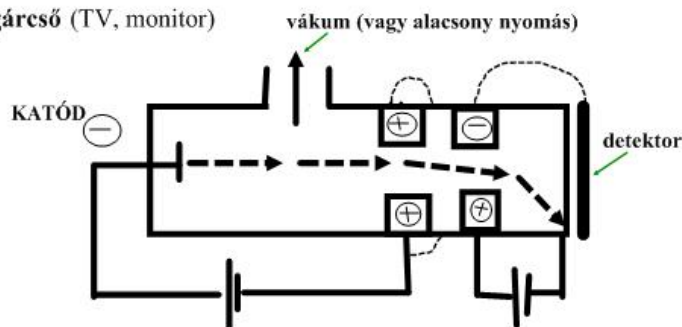
- a '3' súlyú C mellett '4' súlyú O-eknek kell lenniük: 1, ill. 2 db  
3:4 ○● 3:8 ○●○

c) közvetlen megfigyelés

- 1985: pásztázó alagútmikroszkóp
- *atom*: az anyag legkisebb, kémiai módszerekkel tovább nem bontható része

## 4. Joseph John Thomson (1897)

Katódsugárcső (TV, monitor)



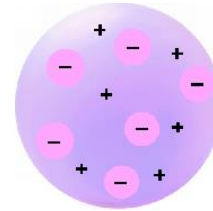
- a katódból  $\ominus$  töltésű részecskék lépnek ki:  $\frac{Q}{m} = \text{konstans}$ , bármilyen fém is a katód

$$\downarrow 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$$

a kilépő részecske független az anyagi minőségtől

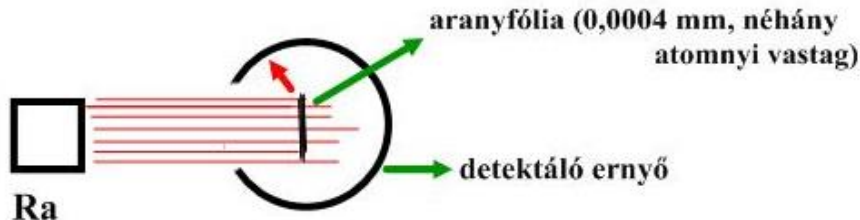
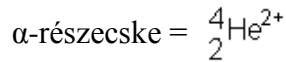
↓  
elektron

- **Thomson-modell: „mazsolás puding”**: a pozitív kocsonyában elszórtan helyezkednek el a  $\ominus$  töltésű  $e^-$ -ok

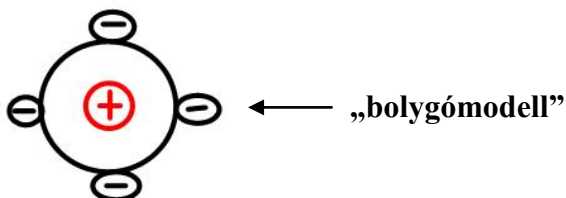


## 5. Ernest Rutherford (1911)

- Szórási kísérlet  
Ra radioaktív  $\rightarrow$   $\alpha$ -részecskéket sugároz



- Tapasztalat  
 $\alpha$ -részecskék zöme akadálytalanul áthatolt, kis részük teljesen visszaverődött pozitív töltés a fólia csak nagyon kis részén van  $\rightarrow$  innen verődnek vissza  
 $\perp$  ez az atom közepe = **ATOMMAG**

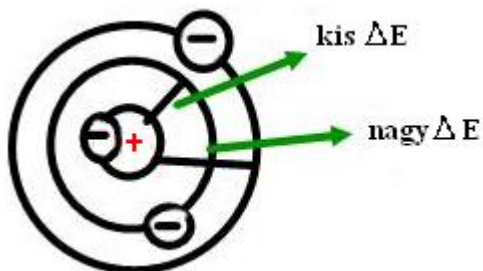


hibája: az  $e^-$  beleesnék az atommagba, hiszen az eltérő töltések vonzzák egymást



## 6. Niels Bohr (1913)

- vonalas színekép  $\leftarrow$  vonalak: különböző E-átmenetek  
ha a színekép látható fényt jelent = lángfestés (Na: sárga, Ca: téglavörös)  
minden elemre jellemző a lángfestése  $\rightarrow$  atomjaiból meghatározott energiájú fotonok származnak  $\rightarrow$  ezek szerint az  $e^-$ -burokban is meghatározott E-szintek léteznek



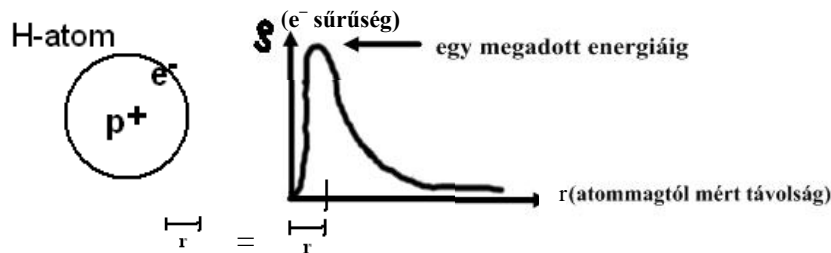
gerjesztés hatására az  $e^-$ -ok kijebb lépnek  
amikor visszahullanak  $\rightarrow$  E ki (fényenergia  $\sim$  foton)  
 $\perp$  ez egy energiakülönbség  
tehát léteznek  $e^-$ -héjak: ezek E-jának a különbségéről van szó

- **„vöröshagymamodell”**  $\rightarrow$  **ELEKTRONHÉJAK**
- Arnold Sommerfeld (1920): feltételezte, hogy ellipszispályán is mozoghatnak az  $e^-$ -ok

## 7. Kvantummechanikai atommodell (1920')

Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger

- az  $e^-$  nem csak részecske, hanem hullám is  $\rightarrow$  az  $e^-$  atombeli helye pontosan nem határozható meg, csak tartózkodási valószínűsége



- gömbszimmetrikus  $e^-$ -felhő
- atompálya: az a térrész az atomon belül (de az atommagon kívül), amelyben az  $e^-$  90%-os valószínűséggel tartózkodik

## 8. James Chadwick (1932): neutron „felfedezése”

### 9. Fogalmak

a) *elemi részecske*: pl.  $e^-$ ,  $p^+$ ,  $n^0$ , foton...

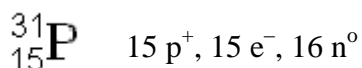
b) *kémiai részecske*: atom, ion, molekula, gyök

c) *nukleon*: magban lévő (nehéz) részecskék:  $p^+$ ,  $n^0$

↳ a *magerők* tartják össze: töltésfüggetlenek (legyőzik a  $p^+ \leftrightarrow p^+$  taszítást)  
igen erősek  
kis hatótávolságúak

d) *rendszer (Z)*:  $p^+$ -szám =  $e^-$ -szám (semleges atomban)

e) *tömegszám (A)*:  $p^+$ -ok és  $n^0$ -ok együttes száma



f) *nuklid*: adott rendszámú és tömegszámú atom

g) *izotópok*: azonos protonszámú, de eltérő neutronszámú atomok

- nevezetes: hidrogén: prócium =  ${}^1_1\text{H}$ ; deutérium =  ${}^2_1\text{H}$ ; trícium =  ${}^3_1\text{H}$  — radioaktív  
↳ nehézvíz ( $\text{D}_2\text{O}$ ): atomreaktorban moderátor  
(hasító neutronok lefékezése)

klór:  ${}^{35}\text{Cl}$  (75%),  ${}^{37}\text{Cl}$  (25%)  $\rightarrow A_R(\text{Cl}) = 0,75 \cdot 35 + 0,25 \cdot 37 = 35,5$

szén:  ${}^{12}\text{C}$ , ( ${}^{13}\text{C}$ ),  ${}^{14}\text{C}$

↳  $A_R$  def. ↳ *radiokarbon kormeghatározás*

- *izotóptiszta elemek*: a természetben csak egyféle atomjuk fordul elő, pl. F, Na, Al, P, Co, Au  
↳ ált. ptn Z és A (kiv. Be)

h) *elem*: adott rendszámú atomok halmaza

i)  $N$ : részecskeszám (mértékegysége: db),  $n$ : anyagmennyiség (mértékegysége: mol)

j)  $N_A$ : Avogadro-szám =  $6 \cdot 10^{23}$  1/mol

k) *relatív atomtömeg ( $A_R$ )*: megmutatja, hogy adott elem atomjának tömege hányszor nagyobb a  ${}^{12}\text{C}$ -izotóp tömegének az 1/12-ed részénél, nincs mértékegysége

l) 1 mol = annyi részecske, amennyit 12,0000 g  ${}^{12}\text{C}$ -izotóp tartalmaz =  $6 \cdot 10^{23}$  db

m) *moláris atomtömeg (M)* = 1 mol anyag tömege /

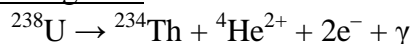
a tömeg és az anyagmennyiség hányadosa:  $M = \frac{m}{n}$ ,  $[M] = \frac{g}{mol}$

# RADIOAKTIVITÁS

## 1. Fogalma és fajtái

*radioaktív (sugárzó) atom*: olyan atom, melynek atommagja instabil → magától elbomlik

### a) $\alpha$ -sugárzás



↳ instabilitás oka: nagy  $Z \rightarrow$  túl sok  $p^{+}$

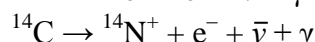
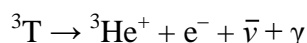
a tömegszám 4-gyel, a rendszám 2-vel csökken (igen gyakran a leánymag  $\beta$ -bomlása követi!)  
↳ bomlási sorok

$\alpha$ -sugárzás – He-atommagokból áll

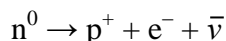
– kis áthatolóképesség (levegőben néhány cm)

– az  $\alpha$ -sugárzó anyag lenyelve / belélegezve igen veszélyes

### b) $\beta^{-}$ -sugárzás



↳ instabilitás oka:  $n^0/p^{+}$  arány túl nagy (rút kiskacsa) — ált. kis rendszám



a tömegszám változatlan, a rendszám 1-gyel nő

$\beta$ -sugárzás –  $e^{-}$ -okból áll

– közepes áthatolóképesség (levegőben néhány m)

### c) $\gamma$ -sugárzás – az $\alpha$ - és a $\beta$ -sugárzást kíséri

– nagy E-jú fotonok

– legnagyobb áthatolóképesség; pl. az ólom elnyeli

## 2. Felfedezése: uránsók képe a fölbontatlan, mégis előhívott fotólemezen → Henri Becquerel (1896)

1903: Becquerel, Pierre Curie, Marie Skłodowska / Curie — fizikai Nobel-díj

↳ 1911 — kémiai Nobel-díj ← Ra, Po felfedezése

↳ †1934, fehérvérűség = leukémia

Illyés Gyula följegyzése → a Curie házaspár párizsi sírja sugárzott

1995 óta a párizsi Pantheonban nyugszanak (ólomkoporsóban)

## 3. Jelentősége

### a) radiokarbon kormeghatározás

- 1960: Willard Frank Libby (amerikai kémikus) — Nobel-díj

kozmosz sugárzás  $\gamma$

- troposzféra felső része (9–15 km):  ${}^{14}\text{N} + n^0 \rightarrow {}^{14}\text{C}^{*} + p^{+}$

↓



keletkezés/bomlás egyensúlya → az élő szervezetben a  ${}^{14}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  arány állandó

† → az arány csökken → az eredetitől való eltérés alapján számítható, mikor következett be a †

### b) izotópos nyomjelzés

- 1943: Hevesy György (növények és állatok anyagcsere-folyamatainak vizsgálata) — Nobel-díj

- pl.  ${}^{131}\text{I}$ : (szájon át) pajzsmirigy jódforgalma — orvosi diagnosztika

${}^{82}\text{Br}$ : Baradla (1986. ápr.) — izotópos karsztvíz nyomjelzés

### c) radioaktív izotópok a gyógyászatban

${}^{60}\text{Co} \rightarrow$  precízen irányított  $\gamma$ -sugárzása elpusztítja a test belsejében lévő rákos daganatokat

### d) atomenergia

- atombomba: 1945. aug. 6. — Hiroshima:  ${}^{235}\text{U}$ ; 1945. aug. 9. — Nagaszaki:  ${}^{239}\text{Pu}$

- atomerőmű

# AZ ELEKTRONFELHŐ

**1. Az atompálya jellemzése:** az atomban az a térrész az atommag körül, ahol az  $e^-$  90%-os valószínűséggel mozog

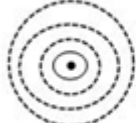
kvantumszámok: az atompályák ( $n, l, m$ ), ill. az  $e^-$  ( $s$ ) jellemzésére szolgáló adatok

a) főkvantumszám

- atompálya nagysága = az atommagtól vett átlagos távolság
- azonos főkvantumszámú atompályák alkotják az  $e^-$ -héjat
- főkvantumszám:  $n = 1, 2, 3, \dots$  (egész számok)  
K, L, M, ...

b) mellékkvantumszám

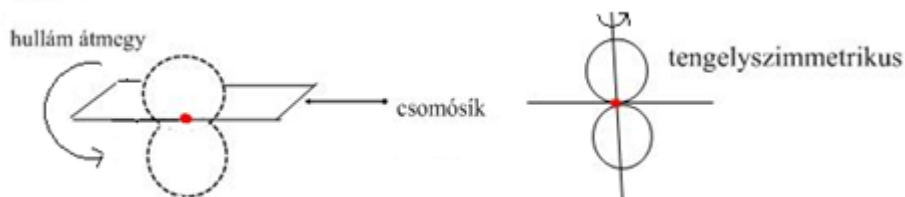
- atompálya alakja = atompálya szimmetriája
- $l$  = a csomósíkok számát adja meg  
 $l = 0, 1, 2, 3, \dots (n-1)$  egy adott héjon  
s, p, d, f

- pl.  $l = 0 \rightarrow s$ -pálya:  gömbszimmetrikus

$l = 1 \rightarrow p$ -pálya („amerikai mogyoró” / „súlyzó”): tengelyszimmetrikus



van *csomósíkja*: az a térrész az atomon belül, ahol az  $e^-$  megtalálási valószínűsége 0

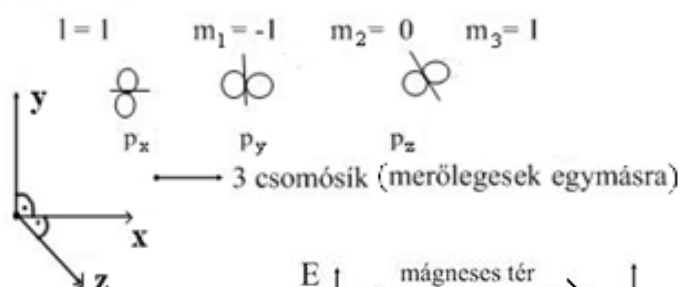


- azonos fő- és mellékkvantumszámú atompályák = alhéj

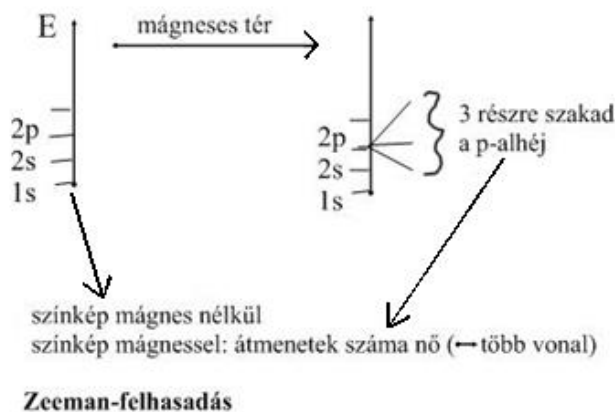
c) mágneses kvantumszám

- az atompálya mágneses térben való viselkedését jellemzi
- lehetséges értékei egy alhéjon:  $m = -l \dots 0 \dots +l$

pl. p-alhéj

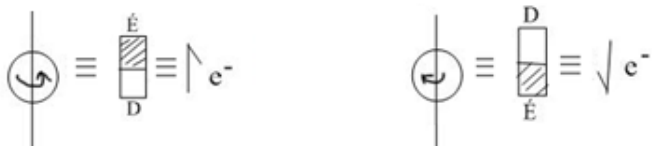


- mágneses térben:



**2. Spinkvantszám (s):** az  $e^-$  mágneses nyomatékát írja le

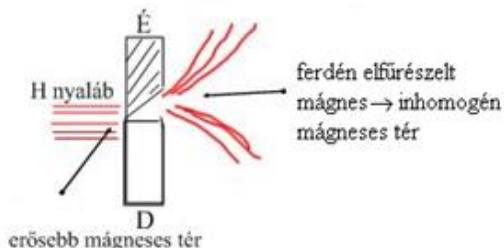
a) az  $e^-$  töltéssel rendelkező részecske, forog  $\rightarrow$  mágneses teret kelt: „pörgő tekegolyó”



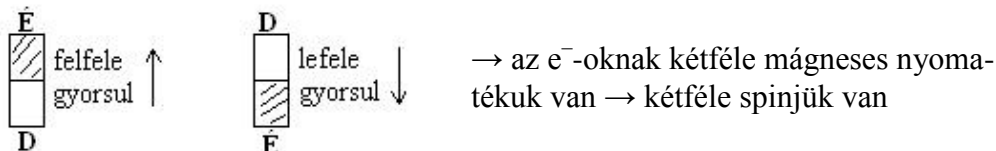
• csak szabad  $e^-$  spinje mérhető  $\rightarrow$   $H_2$ -molekuláknak nem

$$\text{spin} = +\frac{1}{2} \uparrow, -\frac{1}{2} \downarrow$$

b) bizonyíték: Stern-Gerlach kísérlet (1921)



• a H-atomokból álló sugár inhomogén mágneses térben két nyalábra válik szét



• (Stern és Gerlach valójában ezüstatomokkal végezték a kísérletet!)

**3. Azaz**

Főkvantszám	Mellékvantszám	Mágneses kvantszám	$e^-$ -ok száma	
n	l	m		
1	s	0	} 8 $e^-$	
2	p	-1		
		+1		
3	p	0	} 18 $e^-$	
		-1		
		+1		
	d	-2		
		-1		
		0		
		1		
4	p	2		} 32 $e^-$
		-1		
		0		
	d	+1		
		-2		
		-1		
		0		
	f	1		
		2		
		-3		
-2				
-1				
0				

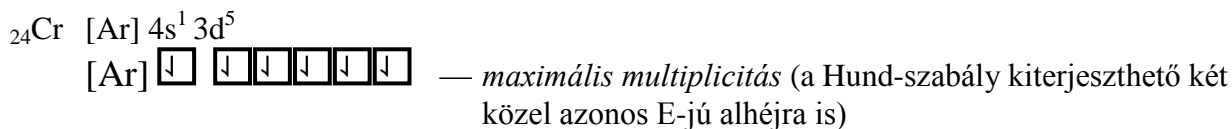
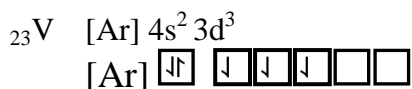
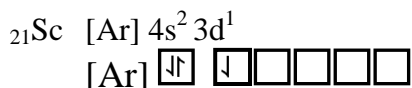
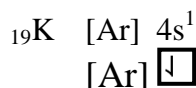
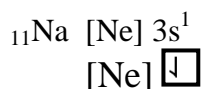
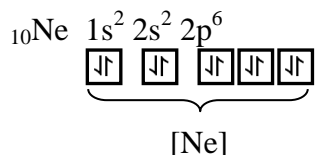
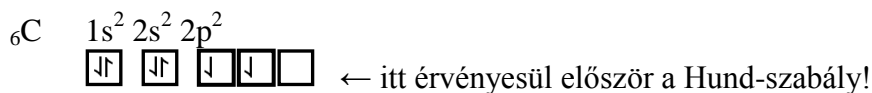
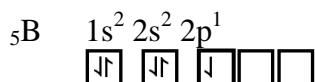
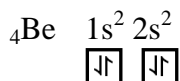
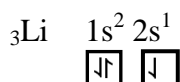
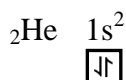
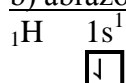
Szabályszerűség: az  $n$  főkvantszámú héjon max.  $2n^2 e^-$  lehet!

#### 4. Az elektronszerkezet kiépülése

##### a) három rendező elv

- *energiaminimum elve*: az elektron a lehető legalacsonyabb energiájú pályára lép  
 $E(1s) < E(2s)$ , hiszen a 2s-pálya messzebb van az atommagtól  
 $E(3s) < E(3p)$ , hiszen az s-pálya szép szabályos gömb alakú, míg a p-pálya idétlen, bonyolultabb súlyzó alakú  
 $E(3s, \text{C-atomban}) > E(3s, \text{N-atomban})$ , hiszen a N-atomban nagyobb a magvonzás, az  $e^-$  közelebb van az atommaghoz, és ez kedves neki
- *Pauli-elv*: egy atompályán max. 2  $e^-$  tartózkodhatik, ellentétes spinnel (más megfogalmazás: egy atomban nem lehet két olyan  $e^-$ , amelynek minden kvantumszáma megegyezik)
- *Hund-szabály*: azonos E-szintű pályákon az  $e^-$ -ok a lehető legnagyobb számban párosítatlanul helyezkednek el

##### b) ábrázolásmódok: betűs / cellás





# A PERIÓDUSOS RENDSZER

Dimitrij Ivanovics Mengyelejev, 1869 – Lothar Meyer, 1870

└ az elemek hasonló kémiai viselkedése alapján

└ anyagszerkezeti ok: egy csoportba az azonos vegyérték<sup>-</sup>-szerk. atomok kerültek

függőleges / vízszintes rokonság

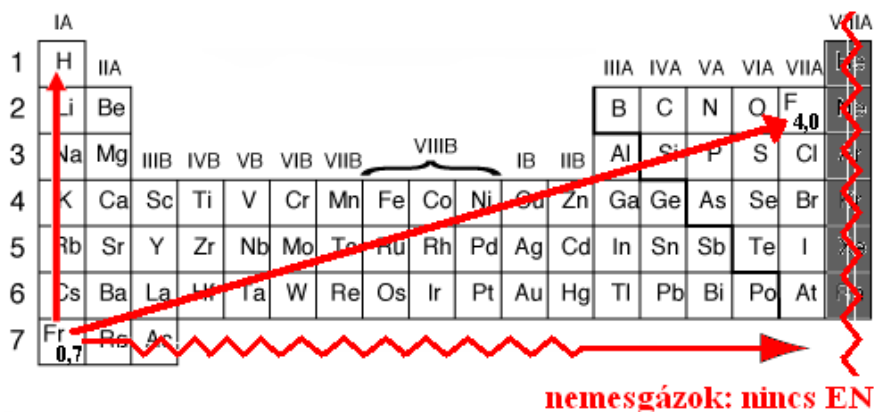
↓  
ez az általánosan jellemző

↓  
VIII. B

f-mező – 6. per. → 4f-alhéj töltődik → nem igazán hat ki a kémiai viselkedésre  
– ≈ La: minden f-mezőbeli elem lehet III-vegyértékű  
└ lantanoidák

tendenciák

- atomsugár: perióduson belül balról jobbra csökken  
 ← növekvő magvonzás  
 ← (az e<sup>-</sup>-ok növekvő taszításának gyengébb a hatása)
- fő- és mellékcsoporton belül lefelé nő  
 ← egyre több e<sup>-</sup>-héj
- EN = az atomnak az a hajlama, hogy a kémiai kötésben milyen mértékben vonzza magához a kötő e<sup>-</sup>-okat (←  $E_i, E_a$ )  
 perióduson belül balról jobbra nő a halogénekig (VIII.A: Ø)  
 főcsoporton belül fentről lefelé csökken  
 (d-mező: számos szabálytalanság van)



két alappont: EN(F) = 4,0  
EN(Fr) = 0,7

↑ részecsketulajdonságok

↓ fizikai tulajdonságok

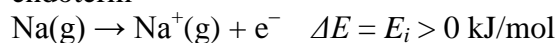
- $M$ : többnyire növekszik a  $Z$ -mal  
 kiv: Ar/K  
 Co/Ni  
 Te/I  
 Th/Pa  
 ← elemek: izotópatomok keverékei
- $\rho$ : fő- és mellékcsoporton belül lefelé többnyire nő  
 perióduson belül többnyire a d-mező közepéig nő, utána csökken  
 └  $\rho$ -rekorder: Os — 22,5 g/cm<sup>3</sup>

# IONOK

= vándor (gör), vö. jón törzs / oszlopfő

## 1. Kation: pozitív töltésű ion

- I–III.A (kiv. B), d- és f-mező, Sb, Pb, Bi (?)
- képződése: endoterm



(első) *ionizációs energia*: 1 mol szabad (gázhalmazállapotú) atom legkönnyebben leszakítható  $\text{e}^-$ -jának eltávolításához szükséges E

$$[E_i] = \text{kJ/mol}$$

- $\text{Na(g)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + \text{e}^- \quad E_{i,1} = 502 \text{ kJ/mol}$   
 $\text{Na}^+(\text{g}) \rightarrow \text{Na}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^- \quad E_{i,2} = 4564 \text{ kJ/mol}$   
 $\text{Na}^{2+}(\text{g}) \rightarrow \text{Na}^{3+}(\text{g}) + \text{e}^- \quad E_{i,3} = 6910 \text{ kJ/mol}$

$E_{i,1} \ll E_{i,2} \approx E_{i,3} \rightarrow \text{Na}^+$  létezik a természetben

←  $\oplus$  töltésű ionról  $\text{e}^-$ -t leszakítani nehezebb

← az M helyett az L-héjról kell leszakítani az  $\text{e}^-$ -t

← az  $\text{Na}^+$  nemesgázszerkezetét nehéz megbontani

- $\text{Mg(g)} \rightarrow \text{Mg}^+(\text{g}) + \text{e}^- \quad E_{i,1} = 737 \text{ kJ/mol}$   
 $\text{Mg}^+(\text{g}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^- \quad E_{i,2} = 1540 \text{ kJ/mol}$   
 $\text{Mg}^{2+}(\text{g}) \rightarrow \text{Mg}^{3+}(\text{g}) + \text{e}^- \quad E_{i,3} = 7732 \text{ kJ/mol}$

$E_{i,1} \approx E_{i,2} \ll E_{i,3} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$  létezik a természetben

- Sc [Ar]  $4s^2 3d^1 \rightarrow \text{Sc}^{3+} \rightarrow$  III.B mellékcsoport  
Zn [Ar]  $4s^2 3d^{10} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$   
Cu [Ar]  $4s^1 3d^{10} \rightarrow \text{Cu}^+$  — réz(I)-ion  
[Ar]  $4s^2 3d^9 \rightarrow \text{Cu}^{2+}$  — réz(II)-ion

réz(I)-oxid:  $\text{Cu}_2\text{O}$ , réz(II)-oxid:  $\text{CuO}$  — a névben az I) és a II) az ion töltésszámára utal!

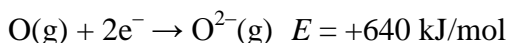
## 2. Anion: negatív töltésű ion

- VI–VII.A
- képződése: ált. exoterm, olykor endoterm (pl. nemesgázok, alkáliföldfémek)

*elektronaffinitás*: 1 mol szabad (gázhalmazállapotú) atomból egyszeresen  $\ominus$  töltésű ion képződését kísérő E-változás

$$[E_a] = \text{kJ/mol}$$

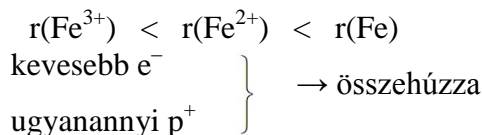
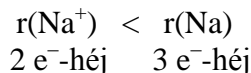
- $\text{Cl(g)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-(\text{g}) \quad E_a = -355 \text{ kJ/mol}$
- $\text{O(g)} + \text{e}^- \rightarrow \text{O}^-(\text{g}) \quad E_{a,1} = -147 \text{ kJ/mol}$   
 $\text{O}^-(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}(\text{g}) \quad E_{a,2} = +787 \text{ kJ/mol}$



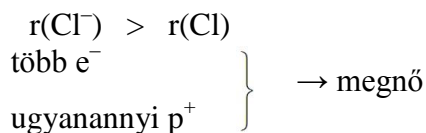
Miért jön létre mégis oxidion, ha képződése endoterm?

Gázállapotban tényleg nem létezik — viszont szilárd állapotban a kationokkal alacsony E-jú rácsot képez, ez a folyamat hajtóereje!

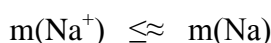
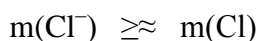
### 3. Ionsugár



→ a kation mindig kisebb annál az atomnál, amelyből képződött



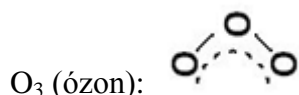
→ az anion mindig nagyobb annál az atomnál, amelyből képződött



## KOVALENS KÖTÉS

### 1. Fogalmak

- *kovalens kötés*: közös, kötő e<sup>-</sup>-párral megvalósuló, erős, elsőrendű kémiai kötés
- *molekulapálya*: az a térrész, melyen belül a molekulában 90%-os valószínűséggel tartózkodik az elektronpár → 2 e<sup>-</sup>, ellentétes spinű
- *kötő e<sup>-</sup>-pár*: olyan e<sup>-</sup>-pár, mely 2 atommag vonzásában áll
- *nemkötő e<sup>-</sup>-pár*: olyan e<sup>-</sup>-pár, mely 1 atommag vonzásában áll
- *delokalizált e<sup>-</sup>*: olyan e<sup>-</sup>, mely 2-nél több atommag vonzása alatt áll (helyhez nem kötött)

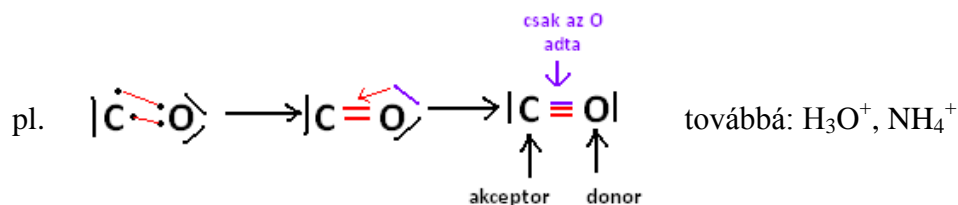


↳ 3 atommagon delokalizálódnak a nemkötő e<sup>-</sup>-párok és a második kötések  
fémek: a fémrácsban a delokalizált e<sup>-</sup>-ok végtelenül sok atommaghoz tartoznak

### 2. Fajtái

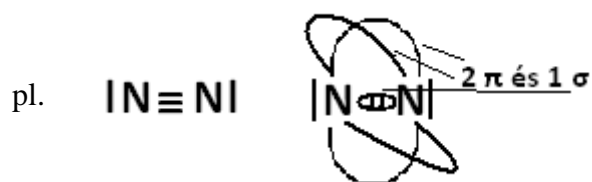
#### a) létrejötte szerint

- *kolligatív*: két atomtól származik a kötő e<sup>-</sup>-pár (pl. H-Cl közti kötés)
- *datív*: a kötő e<sup>-</sup>-párt csak az egyik atom adja



#### b) a kötő e<sup>-</sup>-pár szimmetriája szerint

- tengelyszimmetrikus:  $\sigma$  (szigma): mindig az első kötés
- síkszimmetrikus:  $\pi$  (pi): a második és a harmadik kötés, két félhold alakú térrész, csomósík



a 2  $\pi$ -kötés síkja merőleges egymásra!

c) A kötő e<sup>-</sup>-párok száma szerint

- egyszeres: pl. Br<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>
- többszörös: pl. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

3. Jellemzői

a) *kötésfeszítési energia*: 1 mol molekulában 2 adott atom közti kötés felszakítását kísérő E-változás

$$[E_k] = \text{kJ/mol}$$

értékét növeli: – többszörös kötés, pl.  $E_k(\text{O}_2) = 500 \text{ kJ/mol}$ ;  $E_k(\text{N}_2) = 950 \text{ kJ/mol}$   
 – kis atomok, pl.  $E_k(\text{Cl}_2) = 243 \text{ kJ/mol}$ ;  $E_k(\text{Br}_2) = 199 \text{ kJ/mol}$ ;  
 $E_k(\text{HBr}) = 366 \text{ kJ/mol}$

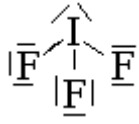
b) *kötéshossz*: a kötést létesítő atomok magjai között lévő távolság,  $[d] = \text{nm}$

értékét csökkenti: – többszörös kötés  
 – kis atomok

c) *kötésszög*

d) *kötéspolaritás*: a kov. kötés poláris, ha a két alkotó atom EN-a eltérő

4. Kovalens vegyérték: hány kötő e<sup>-</sup>-pár tartozik egy adott atomhoz (kötésszám)

• I. A	<u>H</u>	1s <sup>1</sup>	1 (kov. vegyérték)	H—H
• VII.A	<u>halogének</u>	ns <sup>2</sup> np <sup>5</sup>	1	H— <u>Br</u>
		↓	1 e <sup>-</sup> kell	
			3	 — a I nem nemesgáz-szerkezetű!
			5	IF <sub>5</sub>
			7	IF <sub>7</sub> , HClO <sub>4</sub> (perklórsav)

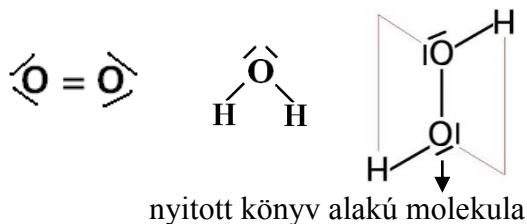
Megjegyzések: – IF<sub>7</sub> létezik (bár instabil), de FI<sub>7</sub> nem

← EN(F) > EN(I), a F mindenképp nemesgázszerk.

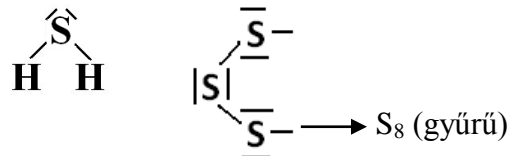
← r(I) > r(F) — a I kell legyen a központi atom

– molekulák nevének képzése: mon(o), di, tri, tetra, penta, hexa, hepta, okta

• VI.A	<u>kalkogének</u>	ns <sup>2</sup> np <sup>4</sup>	2
	<u>O</u>	↓	2 e <sup>-</sup> kell



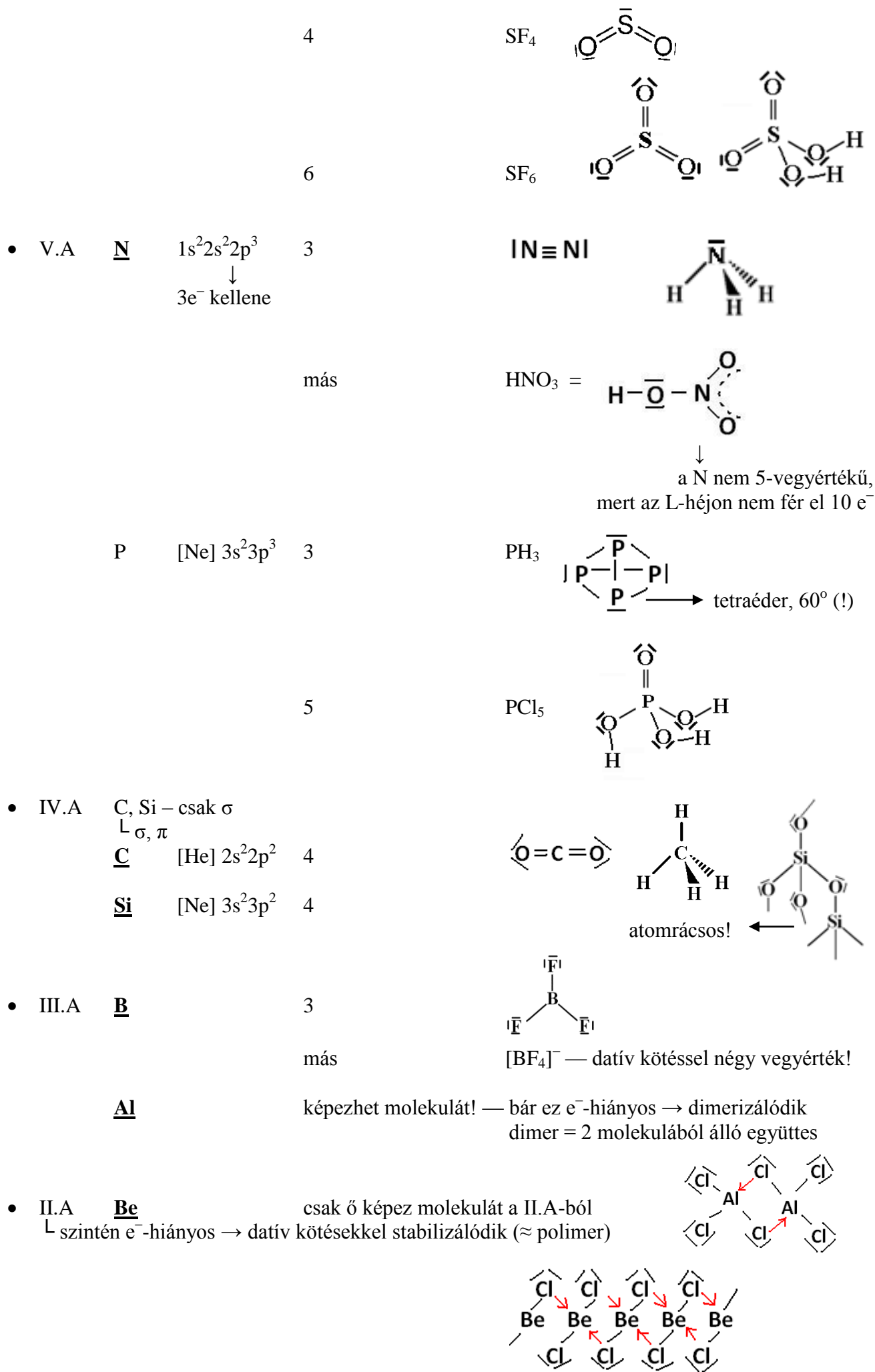
	<u>S</u>	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	2
--	----------	--------------------------------------	---



↓  
EN(S) < EN(O)

↓  
r(S) > r(O)

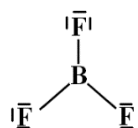
↓  
két S-atom között nem lehet kétszeres kov. kötés



# MOLEKULA-GEOMETRIA

**1. Alap: vegyértékelektronpár-taszítási elmélet:** egy atomhoz tartozó  $e^-$ -párok igyekeznek minél messzebb kerülni egymástól

- $BF_3$ : sík alakú molekula,  $120^\circ$ -os kötésszög  
B: központi atom  
F: ligandum

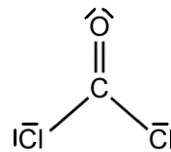


- $COCl_2$  (foszgén): harci gáz, a levegőnél nagyobb sűrűségű (M!) → lesüllyed a lövészárokbá

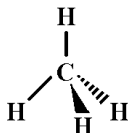
az O-nek nagyobb hely kell, mivel két kötő  $e^-$ -pár tartja

→ mindkét  $Cl-C=O$  szög  $> 120^\circ$

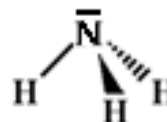
→  $Cl-C-Cl$  szög  $< 120^\circ$



- $CH_4$ : tetraéder,  $109,5^\circ$   
a 4 H a 4 csúcs  
egy a sík elé, egy a sík mögé



- $NH_3$ : a tetraéder (alaptípus) csonka = háromszög alapú piramis (téralkat)  
a nemkötő elektronpár térigénye nagyobb,  
csak 1 atommag vonzza, jobban szétfolyik  
 $107^\circ$



$\Sigma$   $\sigma$ -kötések, a  $kp$ -i atom nemkötő  $e^-$ -párjai → meghatározzák az alakot  
 $\pi$ -kötések → módosítják a kötésszöget

*kötésszög:* az egymással közvetlen kapcsolatban lévő atomok magjait képzeletben összekötő egyenesek által bezárt szög

Alaptípus	Általános képlet	Téralkat	Kötésszög	Pl.
lineáris	$AX_2$	lineáris/bot	$180^\circ$	$C_2H_2, CO_2$
síkháromszög	$AX_3$	síkháromszög	$120^\circ$	$SO_3, BF_3, COCl_2, HCHO$
	$AX_2E$	V-alak	$< 120^\circ$	$SO_2$
tetraéder	$AX_4$	tetraéder	$109,5^\circ$	$CH_4, CF_4, CCl_4$
	$AX_3E$	háromszög alapú piramis	$< 109,5^\circ$	$NH_3, PH_3, H_3O^+$
	$AX_2E_2$	V-alak	$\ll 109,5^\circ$	$H_2O, H_2S$
trigonális bipiramis	$AX_5$	trigonális bipiramis	$90^\circ, 120^\circ$	$PCl_5$
	$AX_4E$	összetört mérleghinta	$< 120^\circ$ $< 90^\circ$	$SF_4$
	$AX_3E_2$	síkban megtört T betű	$< 90^\circ$	$IF_3$
	$AX_2E_3$	lineáris	$180^\circ$	$XeF_2, I_3^-$
oktaéder	$AX_6$	oktaéder	$90^\circ$	$SF_6$
	$AX_5E$	esernyő	$< 90^\circ$	$IF_5$
	$AX_4E_2$	síknégyzet	$90^\circ$	$XeF_4$
pentagonális bipiramis	$AX_7$	pentagonális bipiramis	$72^\circ, 90^\circ$	$IF_7$
négyzetes antiprizma	$AX_8$	négyzetes antiprizma	$70,5^\circ$	$XeF_8$

## 2. Molekulapolaritás

a) ha a kötések apolárosak (elemmolekulák), a molekula is apoláros

pl. S<sub>8</sub>, I<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

b) ha a kötések polárosak, és a molekula teljesen szimmetrikus, a molekula akkor is apoláros

↳ vagyis alaptípus alakú

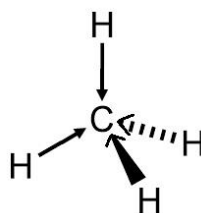
$$EN(C) = 2,5$$

$$EN(H) = 2,1$$

a töltésvektorok éppen kioltják egymást!

pl. CO<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CCl<sub>4</sub>, PCl<sub>5</sub>

**kötéspolaritás ≠ molekulapolaritás**



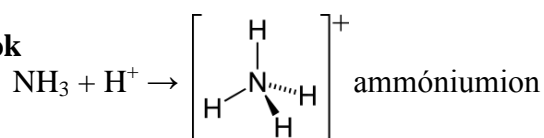
c) a molekula csak akkor dipólusos, ha a kötések polárosak és a molekula aszimmetrikus

pl. HCl, HCHO, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## ÖSSZETETT IONOK

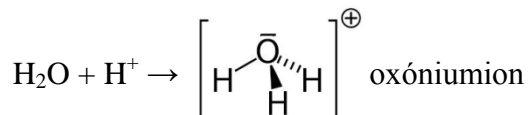
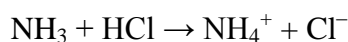
töltéssel rendelkező részecske, amelyet kovalens kötés tart össze

### 1. Kationok



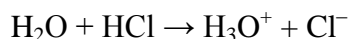
107°

109,5° — szabályos tetraéder — E szempontjából kedvező



104,5°

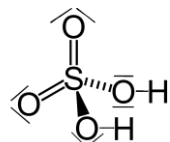
107° — szabályosabb (közelebb az alaptípushoz, a tetraéderhez)



### 2. Anionok

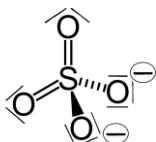
a) oxosavak savmaradékionjai

↳ O-tartalmú sav



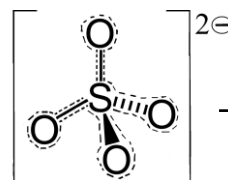
kénsav

nem szabályos tetraéder



szulfátion

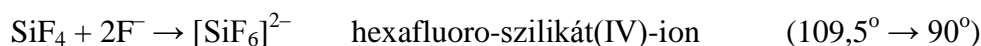
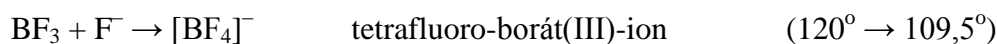
109,5° — ugyanis a szulfátionnak ez csak a határszerkezete, a valóságban a nemkötő e<sup>-</sup>-párok és a π-kötések delokalizálódnak



helyesen

ugyanígy: CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> — minden összetett savmaradékionban van delok!

b) semleges, elektronhiányos molekulákból (← a központi atom nem nemesgázszerk.)



bonyolultabb szimmetria → E↓

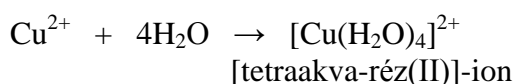
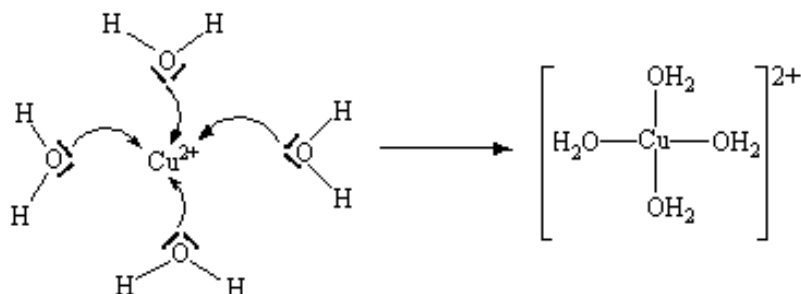
# KOMPLEXEK

|  
valamely A atomhoz B atomok vagy C csoportok kapcsolódnak  
az A atom klasszikus vegyértékét meghaladó számban

## 1. Kísérletek

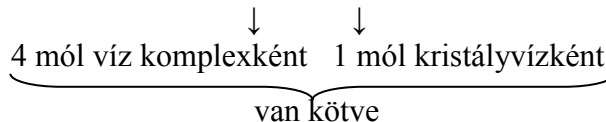
- $$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$$

T  
kék                      fehér                      vízcseppek a kémcső falán



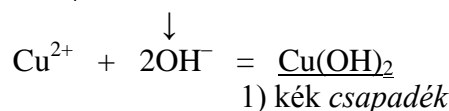
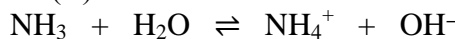
└ a központi atom klasszikus vegyértéke

a rézgálic képlete helyesen (de bonyolultan):  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$



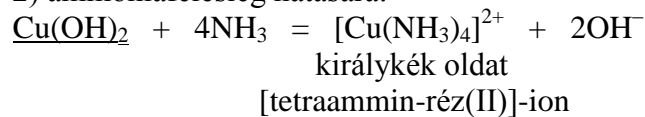
*kristályvíz*: az ionrácsban az ionok között (ált. sztöchiometrikusan) kötött vízmolekulák

- réz(II)-szulfát-oldat + ammóniaoldat

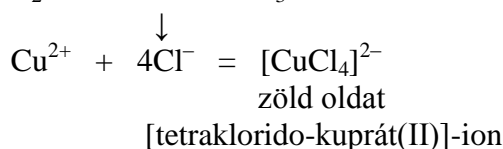
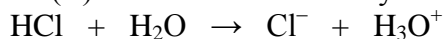


└ a reakcióban keletkező,  
az adott o.sz.-ben nem oldódó szilárd anyag

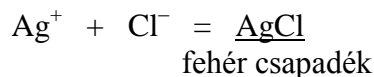
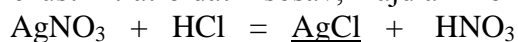
2) ammóniafelesleg hatására:



- réz(II)-szulfát-oldat + tömény sósav

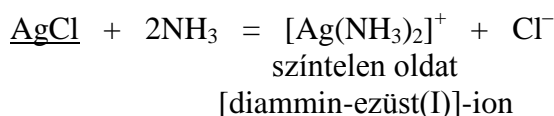


- ezüst-nitrát-oldat + sósav, majd ammóniaoldat

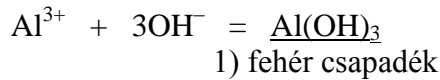
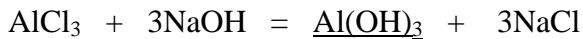


*bruttó egyenlet* (teljes képletek)

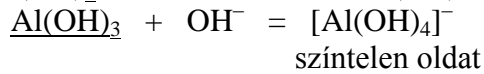
*ionegyenlet* (csak ami megváltozik)



- alumínium-klorid-oldat + nátrium-hidroxid-oldat



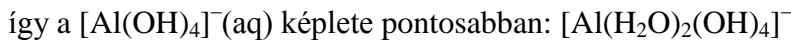
- 2) lúgfelesleg hatására:



[tetrahidroxido-aluminát(III)]-ion



↳ az Al koordinációs száma komplexeiben 6



→ síknégyzet alakú és nem tetraédres!

## 2. A komplexekben lévő kötés

- központi atom betöltetlen d- vagy p-atompályája — ligandum nemkötő  $e^-$ -párja

↳ ált. d- vagy p-mezőbeli fémion

↳ dipólusmolekula ( $\delta^-$ -töltésű atomja)

↳ anion

↓  
datív eredetű

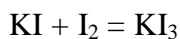
ún. koordinatív kötés

↳ gyengébb, mint az elsőrendű kötések,  
de erősebb, mint a másodrendűek

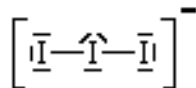
Nincs általános szabály arra vonatkozóan, hogy a központi atom hány ligandumot köt meg.  
De: gyakori, hogy a koordinációs szám duplaannyi, mint a központi atom töltésszáma!

## 3. A komplexek jelentősége

- a koordinatív kötés könnyen gerjeszthető → gyakran színesek
- biokémiai jelentőség: a klorofill  $\text{Mg}^{2+}$ -, a hemoglobin  $\text{Fe}^{2+}$ -komplex
- Lugol-oldat

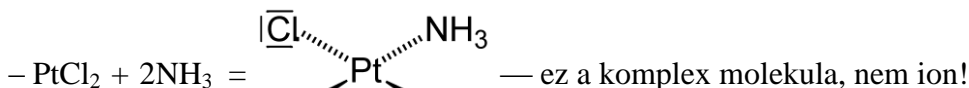


↳  $\text{I}_3^-$  = trijodidion is komplex (vörösbarna)



↓  
keményítő kimutatása → sötétkék komplex

- Betadine: szintén egy  $\text{I}_2$ -komplex



ciszplatin

kemoterápia – gyorsan osztódó sejteket pusztítja

→ rákellenes

→ de: a haj is kihullik

# KRISTÁLYRÁCS

## 0. A kristályok ált. szerkezete

- szilárd: amorf / kristályos
  - ↳ részecskék szabályos rendje
  - ↳ megfelelő síkok mentén könnyen hasad → ELEM CELLA: olyan paralelepipedon, amelyet a tér 3 irányába megsokszorozva fölépíthető az adott kristály
  - ↳ éles olvadáspont jellemzi
- *amorf*: olyan szilárd anyag, amelynek nincs kristályrácsa
  - ↳ a részecskék egymás hegyére-hátára vannak gányolva, nincs rendezettség
  - ↳ nincs éles olvadáspontja, csak lágyulási tartománya
  - ↳ pl. üveg, viasz
- *rácsenergia*: 1 mol kristályos anyag felbontásához szükséges E (a rácspontokon lévő részecskék kerüljenek egymástól végtelenül távol)
   
[E<sub>rács</sub>] = kJ/mol

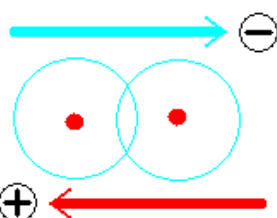
I <sub>2</sub> (sz) = I <sub>2</sub> (g)	molekularács	E <sub>rács</sub> = E <sub>szubl</sub>
C <sub>gy</sub> (sz) = C(g)	atomrác	
Fe(s) = Fe(g)	fémrác	
NaCl(s) = Na— $\overline{\text{Cl}}$ (g)	ionrác	

## 1. A molekularács

- rácspontokon: molekulák / nemesgázatomok
- rácösszetartó erő: másodrendű kötések → viszonylag gyengék → *Op.*, *Fp.* ált. alacsony
  - a) DISZPERZIÓS: minden molekula között hat
  - b) DIPÓLUS-DIPÓLUS: dipólusmolekulák között
  - c) HIDROGÉN HÍDKÖTÉS
- diszp, dip-dip, H-híd, ion-dipólus-vonzás összefoglaló néven: *van der Waals kötések*
- (koordinációs szám: kicsi)

### a) apoláros molekulák — pl. a halogének

• F <sub>2</sub> zöldsárga    gáz	↓		↓	
Cl <sub>2</sub> sárgászöld   gáz	↓		↓	
Br <sub>2</sub> vörösbarna   folyadék	↓		↓	
I <sub>2</sub> sötétlila       szilárd	↓	molekulaméret, M nő	↓	Op., Fp. nő
			↓	szín mélyül



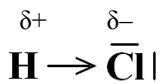
- e<sup>-</sup>-felhő / atommag véletlenszerű mozgása
    - ↓
    - minél nagyobb, annál jobban polarizálható
    - ↓
    - átmeneti dipólus
    - ↓
    - elektrosztatikus vonzás
- } = DISZPERZIÓS KÖTÉS

A másodrendű kötések (pontosabban: a diszperziós kötés) erőssége a részecskemérettel nő!

b) dipólusmolekulák — pl. a hidrogén-halogenidek

	$M / \text{g/mol}$	$Op. / ^\circ\text{C}$	$Fp. / ^\circ\text{C}$
$\text{F}_2$	38	-220	-188
HCl	36,5	-114	-84

- a  $M$  hasonló, az  $Op.$  és az  $Fp.$  mégis igen eltérő  
 ← mivel a HCl-molekulák között egy erősebb másodrendű kötés is hat: a DIP-DIP-VONZÁS



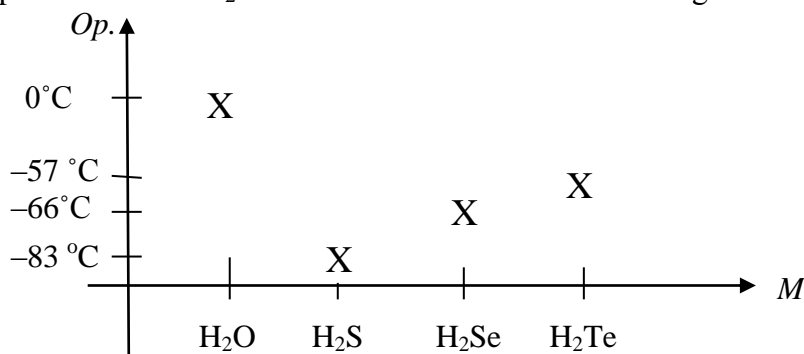
- HCl(sz) és HCl(f): diszp, dip-dip kötések
- a dipólusmolekulák között természetesen diszperziós kötések is hatnak!

	$M / \text{g/mol}$	$Fp. / ^\circ\text{C}$
HCl	36,5	-84
HBr	80,9	-67
HI	127,9	-35

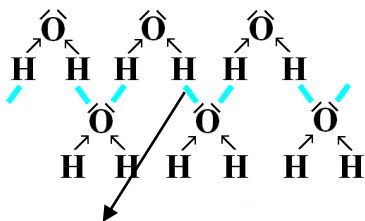
bizonyság: a H-halogenidek  $Fp.$ -ja a  $M$ -gel emelkedik  
 (pedig egyre gyengébb dipólusok → az emelkedést az erősödő diszp. kötés okozza)

c) hidrogénhídkötés

- pipaefektus → a  $\text{H}_2\text{O}$ -molekulák között valami különlegesen erős kötés hat



- jég /  $\text{H}_2\text{O}$ (sz) és víz /  $\text{H}_2\text{O}$ (f)



HIDROGÉNHIĐKÖTÉS: olyan másodrendű kötés, ahol egy H-atom létesít kötést 2 másik atom között – az egyik kovalens  
 – a másik kicsivel gyengébb

- H-híd-kötés kialakulásának 3 föltétele:
  - NOF
  - ezen atomon legyen nemkötő  $e^-$ -pár
  - ehhez az atomhoz kapcsolódják hidrogén
- a vízben a  $\text{H}_2\text{O}$ -molekulák között diszp., dip-dip és H-híd-kötés is hat! (utóbbi a legerősebb)



## 2. Az atomrács

- rácspontokon: atomtörzs (= atommag + vegyértéke<sup>-</sup>-nak nem tekinthető e<sup>-</sup>-ok)
- rácösszetartó erő: kovalens kötés

↓ erős

*Op.*, *Fp.* magas → standard halmazállapot: sz  
 ált. kemények → *C<sub>gy</sub>* (legkeményebb term. anyag) – fűrőfej  
 ált. szigetelők (Si: félvezető, *C<sub>gr</sub>*: vezető)  
 oldhatóság: Ø

- elemek: B, *C<sub>gy</sub>*, Si, Ge, (*C<sub>gr</sub>*)

	<i>Op.</i> / °C
<i>C<sub>gy</sub></i>	3367
Si	1410
Ge	937

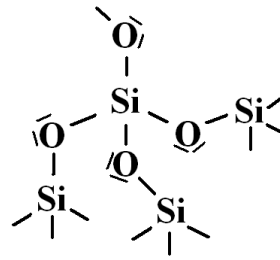
} koordinációs szám: 4 (tetraéderez szerk.)

Az elsőrendű kötések erőssége a részecskemérettel csökken!  
 (azonos rácsszerkezet esetén)

- vegyületek: B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>

↓ ↓  
 korund kvarc → *Op.* = 1700 °C

Si: tetraéder  
 ~ AX<sub>4</sub>  
 O: "V"  
 ~ AX<sub>2</sub>E<sub>2</sub>



## 3. Fémrács

- rácspontokon: fématomtörzsek } elektromos vonzásuk = fémes kötés
- közöttük: delok. e<sup>-</sup>-ok

↓  
 erős, elsőrendű

- a fémes kötés elsőrendű → erőssége azonos rácsszerkezet esetén a részecskemérettel csökken

I.A	<i>Op.</i> / °C
Li	181
Na	98
K	67
Rb	39

} alkálifémek: tércentrált kockarács

- erőssége változó } → *Op.*, *Fp.* változó
  - változó e<sup>-</sup>-szerk.
  - változó rács típus
- Hg st.áll-ban f, Cs, Fr Ga *Op.*-ja ~ 30 °C  
 Na, K — *Op.* ~ 100 °C  
 Al — *Op.* ~ 660 °C  
 Fe, Cu — *Op.* ~ 1500 °C  
 W — *Op.* ~ 3410 °C

fémek *Op.*-ja: a per. rendszerben → ↓ ← nő → a d-mező közepén, alul maximális

- keménység is változó:
 

I.A	puha / rideg	<i>tércentrált kockarács</i>	}	fémrács 3 típusa
Al, Au	jól hajlítható	<i>lapcentrált kockarács</i>		
Ti, Zn	rideg	<i>hexagonális rács</i>		

*a vas hidegen tércentrált kockarácsos, nem kovácsolható*

↓

*a vörösizzás hőmérsékletén (~ 800 °C) lapcentrált kockarácsossá válik*

↓

*jól megmunkálható (Addig üsd a vasat, amíg meleg!)*
- delok. e<sup>-</sup>-felhő
  - ↳ jó elektromos vezetők
  - ↳ szín: delok. e<sup>-</sup>-felhő → könnyen gerjeszthető → minden λ-ú fényt elnyel → fekete

fémrács: szoros illeszkedés → tömör → vissza is ver

↘ szürke, csillog  
(kiv. Au, Cu, bronz, sárgaréz stb.)
- oldhatóság: egymásban — Hg: amalgámok  
(Zn + 2HCl = ZnCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> — kémiai oldódás!)
- pl. elemek — fémek (kis EN)
  - ötvözetek — bronz (Cu/Sn), sárgaréz (Cu/Zn), acél (Fe/C)
    - ↳ fémes kötésű, összetett anyag
  - vegyületek — kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>), antimonit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)

#### 4. Ionrács

- rácspontokon: ellentétes töltésű ionok
  - a közöttük ható elektromos vonzóerő = ionkötés — erős, elsőrendű kémiai kötés
- fiz. tul. *Op.*, *Fp.* magas (←  $E_{rács}$  nagy)
  - standard halmazáll.: sz
  - viszonylag kemények, ridegek, törékenyek
  - elvezetőképesség:
 

szilárd	∅	}	jó
olvadék			
vizes oldat	∅		

gőz ∅

$\text{NaCl} \xrightarrow{\text{víz}} \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
  - oldhatóság: dip. mol. o.sz.-ben (pl. víz) többségük jól
    - de: CaCO<sub>3</sub>, BaSO<sub>4</sub> nem oldódik, pedig ionrácsos ← túl nagy  $E_{rács}$ 
      - ↳ többszörösen töltött ionok

↓

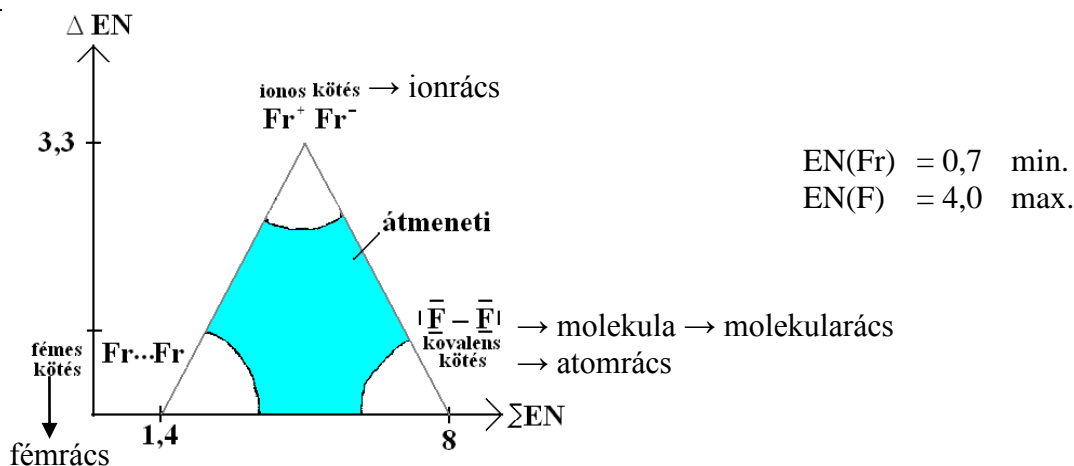
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (glaubersó) jól old. vízben, a CaSO<sub>4</sub> (gipsz) nem old.  
 Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (trisó) jól old., a Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> és az AlPO<sub>4</sub> nem  
 AgCl, AgBr, AgI sem ← nem tisztán ionosak (ion/atomrács átmenet)
- összegképlet: csak tapasztalati képlet = csak arányokat ad meg (~ SiO<sub>2</sub>)

Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – részecske NINCS!

$$\frac{n(\text{Na}^+)}{n(\text{PO}_4^{3-})} = \frac{3}{1}$$

## 5. Átmenetek

### a) alapelv



a kialakuló kötés milyenségét az alkotó atomok EN-ának összege és különbsége határozza meg

$\Delta EN > 1,5 - 2 \rightarrow$  ált. ionos kötés

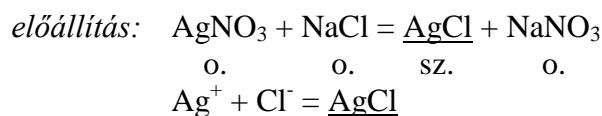
ellenpélda: KI — klasszikusan ionos, pedig  $\Delta EN = 2,2 - 0,9 = 1,3$

### b) kovalens/ionos átmeneti kötés → atomrács/ionrács átmenet

- pl.
 

AgF	fehér
AgCl	fehér
AgBr	sárgásfehér
AgI	fehéressárga

 } vízben nem oldódnak → kovalensbe hajló (ion)vegyületek  
 anion  $e^-$ -felhője kovalens kötéshez közelít



↓

a kation annál jobban polarizál  
 → minél kisebb méretű  
 → minél nagyobb töltésű

*polarizáció:* az anion  $e^-$ -felhője eltorzul, a kation felé mozdul el, kovalens kötéssé válik

└ az ilyen vegyületek vízben rosszul oldódnak

└ gyakran színesek (a kovalens kötés  $e^-$ -párja gerjeszthető)

- ZnS — szintén atomrács / (ionrács) átmenet, de inkább az előbbi
- FeS<sub>2</sub> — fémeshez közeledő atomrács (fémesen csillog → bolondok aranya)

### c) kovalens/ionos átmeneti kötés → molekularács/ionrács átmenet

- Melyek az ionos halogenidok?  
 └ a magas *Op.* az ionrács jellemzője, az alacsony *Op.* a molekularácsé

	<i>Op.</i> / °C
AlCl <sub>3</sub>	194
KI	686 ←
NaBr	755 ←
SnCl <sub>4</sub>	-33
BaF <sub>2</sub>	1533 ←
PbCl <sub>2</sub>	500 ???

- Melyek az ionos halogenidok?

I.A	Op. / °C	II.A	Op. / °C	IV.A	Op. / °C
NaCl	800	BeCl <sub>2</sub>	405	SiCl <sub>4</sub>	-68
KCl	776	MgCl <sub>2</sub>	712	GeCl <sub>4</sub>	-50
RbCl	716	CaCl <sub>2</sub>	772	SnCl <sub>4</sub>	-30
		SrCl <sub>2</sub>	872	PbCl <sub>4</sub>	-15
		BaCl <sub>2</sub>	960		

ionrác  
M↑ Op.↓

kovalens (molekularács)

ionos

molekularács  
M↑ Op.↑

rácstípus nem azonos  
Op.-ok mutatják az átmeneti jelleget

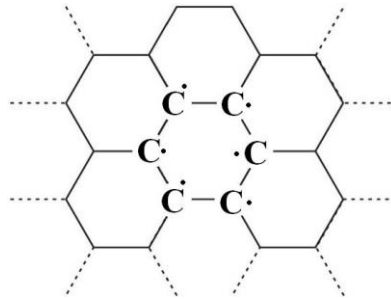
A táblázatból is láthatjuk, hogy a kis méretű és nagy töltésű kationok polarizálnak jól.

#### d) az atomrácok

α) C<sub>gy</sub> — Op. = 3370°C — igazi atomrác (a tér mindhárom irányában kovalens kötések)

β) C<sub>gr</sub>

síkszerkezet – kovalens kötés  
– delok. e<sup>-</sup>-ok  
└ jó vezető  
└ alacsonyabb E-jú  
**STABILABB**  
Op. = 3730°C

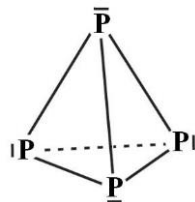


rétegek között – diszperziós kötés → kenhető

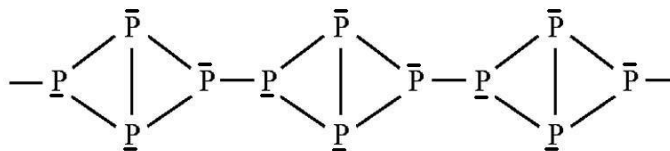
ATOM- / FÉM- / MOLEKULARÁCS (kocktér-rács)

└ 2 dimenziós / réteges atomrác

γ) P<sub>4</sub> — fehérfoszfor



P<sub>∞</sub> — vörösfoszfor



egy irány → kovalens kötés  
két irány → diszperziós kötés } egydimenziós atomrác

ATOM- / MOLEKULARÁCS

allotróp módosulatok: egyazon elem különböző kristály- vagy molekulaszervezetű változatai  
pl. C<sub>gy</sub> / C<sub>gr</sub> / C<sub>60</sub> (fullerén) — P<sub>4</sub> / P<sub>∞</sub> — O<sub>2</sub> / O<sub>3</sub>

# OLDATOK

1. **Oldat** = oldószer }  
oldott anyag } homogén elegye  
|  
egyenmű, egyfázisú, nincs határfelület

*fázis*: a rendszer azonos fizikai és kémiai tulajdonságú pontjainak összessége

jeges víz: kétfázisú, egykomponensű

olajos víz: kétfázisú, kétkomponensű

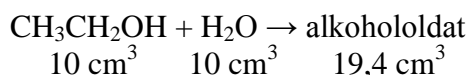
NaCl-oldat: egyfázisú, kétkomponensű

## 2. Oldhatóság

- számszerűen:  $s$  (solubility) — 5,25 g  $\text{KMnO}_4$  / 100 g víz / 20 °C
- Mitől függ? – o.a. / o.sz. anyagi minősége
  - $T$  (gázok:  $T \uparrow \rightarrow s \downarrow$  — mivel minden gáz exoterm oldódású)
  - $p$  (gázok:  $p \uparrow \rightarrow s \uparrow$  — mivel oldódásuk nagy kontrakcióval jár)

## 3. $V_{\text{o.a.}} + V_{\text{o.sz.}} \neq V_0$

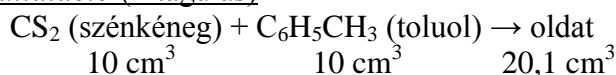
> kontrakció (összehúzódás)



a kontrakció abszolút értéke  $-0,6 \text{ cm}^3$ , relatív értéke  $\frac{-0,6}{10+10} \cdot 100 = -3\%$

igen nagy kontrakcióval jár a gázok vízben való oldódása

< dilatáció (kitágulás)



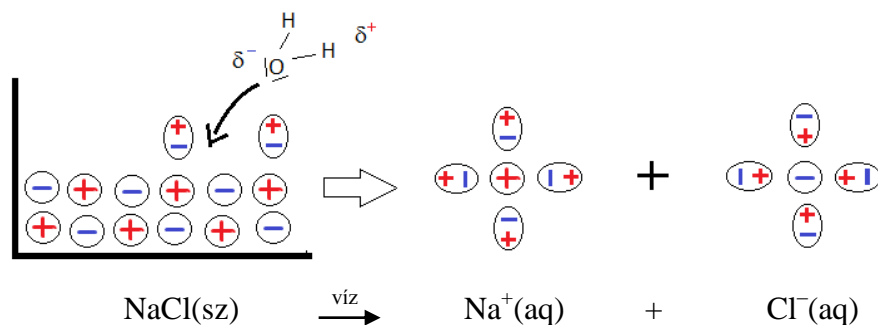
okok: 1. eltérő részecskeméret (bab / mák ~ kontrakció)

2. részecskék közötti eltérő erősségű kötőerő (pl. ha gyengébb  $\rightarrow$  dilatáció)

*tanulság*: a térfogat nem additív! — a tömeg természetesen az:  $m_1 + m_2 = m_0$  ✓

## 4. Az oldódás folyamata

- diffúzió*: a részecskék a hőmozgás miatti spontán elkeveredése

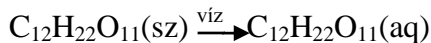


- hidrátburok*: a vízmolekulák töltés szerint irányítottan veszik körül az oldott anyag részecskéit (*ha nem víz az oldószer: szolvátburok*)
- hidratáció*: a hidrátburok kialakulása (*más oldószer esetén: szolvatáció*)
- hidratációs energia*: 1 mol szabad (gáz halmazállapotú) részecske hidratációját kísérő E-változás (mindig exoterm)  
 $[E_{\text{hidr}}] = \text{kJ/mol} < 0$  (exoterm)

- *elektrolitos (ionos) disszociáció*: a folyamat végén (hidratált) ionok képződnek
  - ↳ elektrolit: ionokat tartalmazó oldat
$$\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{sz}) \xrightarrow{\text{víz}} 2\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad \text{—} \quad \text{ionvegyület oldódása}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{f}) + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad \text{—} \quad \text{itt molekula disszociál ionokra}$$
  - ↳ a savak molekulái mindig!

- elektrolitos disszociáció nélküli oldódás:



↳ apoláris o.sz.-ekben az apoláris anyagok ált. szerkezetváltozás nélkül oldódnak

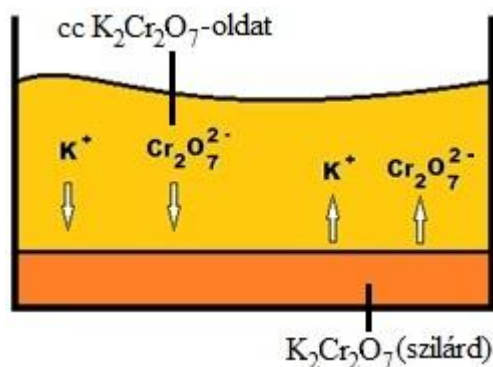
- oldódás gyorsítása – aprítás (A nő) → megnő az érintkezési felület
- keverés → gyorsul a diffúzió

→ telített (cc.) / telítetlen / túltelített oldat

↳ csak melegen cc. oldat lehűtésével állítható elő

↳ instabil (pl. zsebmelegítő)

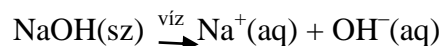
## 5. Dinamikus egyensúly — a telített oldat és a feloldatlan szilárd anyag között



- oldódás sebessége = kiválás sebessége → nincs szemmel látható változás
- *dinamikus egyensúly*: olyan állapot, amelyben az ellentétes irányú folyamatok sebessége megegyezik
- ↳ nem statikus, mivel állandó (szabad szemmel láthatatlan) mozgásban van

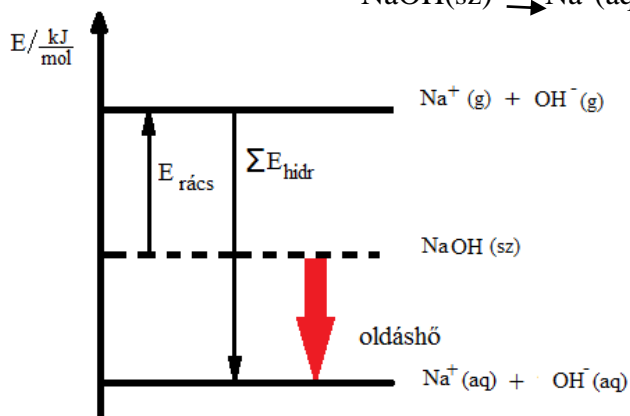
## 6. Energetika

a) exoterm oldódás:  $E_{\text{belső}}$  (rendszer) ↓,  $E$ (környezet) ↑, vagyis  $Q$  szabadul föl (melegszik) minden tömény sav vagy lúg, pl.  $\text{NaOH}(\text{sz})$ ,  $\text{KOH}(\text{sz})$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{f})$



$$Q_{\text{old}} = -42,3 \text{ kJ/mol}$$

↳ negatív → exoterm

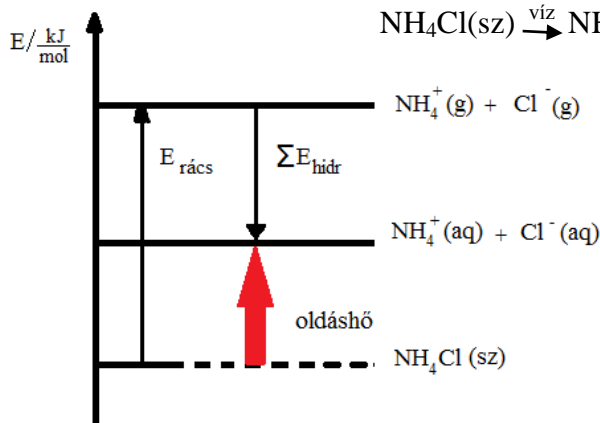
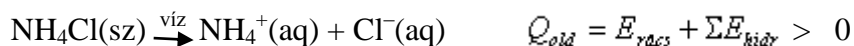


- *oldáshő*: egy mol oldandó anyagból való nagyon híg oldat készítését kísérő E-változás

$$[Q_{\text{old}}] = \text{kJ/mol}$$

- $Q_{\text{old}} = E_{\text{rács}} + \Sigma E_{\text{hidr}} < 0$

b) endoterm oldódás:  $E_{\text{belső}} (\text{rendszer}) \uparrow$ ,  $E(\text{környezet}) \downarrow$ , vagyis  $Q$  nyelődik el (lehűl)  
pl.  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_2\text{CO-NH}_2$  (karbamid)



- spontán (önként végbemenő) folyamatok iránya
  1. E-minimum elve
  2. entrópiamaximum elve (rendetlenség növekedjék)

↓

emiat megye végbe önként az endoterm oldódás (habár ellentmond az E-min. elvének)
- E fejezetben a fizikai oldódásról volt szó! (kémiai oldódás pl.  $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ )
  - ↳ nem keletkeznek új anyagok
  - ↳ új anyagok keletkeznek

### 7. Az oldat fagyáspontja alacsonyabb, forráspontja magasabb, mint a tiszta oldószeré

↳ havas út jégmentesítése

↳ ok: a hidrátburokból nehezebben fagynak ki / forrnak el az o.sz.-molekulák

### 8. Ozmózis: kis molekulák, ionok áramlása féligáteresztő hártán keresztül az egyik oldatból a másikba, pl. o.sz.-molekulák a hígabb oldatból a töményebbe

pl. mazsola (~ cc. cukoroldat) a pudingban → a víz beleáramlik, hogy „hígítsa”

### 9. Az oldatok összetételének jellemzése

#### a) százalékok — nincs mértékegység

$$\bullet \quad \frac{m}{m} \% = \frac{m(o.a.)}{m(o.)} \cdot 100 \quad m_{o.a.} + m_{o.sz.} = m_o$$

$$\bullet \quad \frac{n}{n} \% = \frac{n(o.a.)}{n(o.)} \cdot 100 \quad n_{o.a.} + n_{o.sz.} = n_o$$

$$\bullet \quad \frac{V}{V} \% = \frac{V(o.a.)}{V(o.)} \cdot 100 \quad V_{o.a.} + V_{o.sz.} \neq V_o$$

a tömeg és az anyagmennyiség additív, a térfogat nem

#### b) koncentrációk — van mértékegység

$$\bullet \quad c_n = \frac{n(o.a.)}{V(o.)} \quad [c_n] = \text{mol/dm}^3 \quad \text{anyagmennyiség-koncentráció}$$

koncentráció

$$\bullet \quad c_m = \frac{m(o.a.)}{V(o.)} \quad [c_m] = \text{g/dm}^3 \quad \text{tömegkoncentráció} \neq \rho$$

# HALMAZKEVERÉKEK

**Diszperz rendszer:** olyan, legalább kétkomponensű rendszer, amelyben az egyik komponens részecskékre oszlatott állapotban tartja a másik komponenst  
 diszpergáló közeg – diszpergált anyag

**1. Durva diszperz rendszer** — heterogén  
 L többfázisú, van határfelület

- diszpergált részecske mérete > 500 nm
- fajtái:

	gáz	folyadék	szilárd
gázban	—————	KÖD: felhő	FÜST: poros levegő
folyadékban	HAB: tejszínhab	EMULZIÓ: majonéz (olaj + tojássárgája)	SZUSZPENZIÓ: palacsintatészta, sár, festék

- *hab*: olyan durva diszperz rendszer, melyben folyadék diszpergál gázt  
 (többi definíció ugyanígy képzendő)  
 aeroszol: gáz közegben szétosztatott folyadékcseppek és/vagy szilárd részecskék.  
 ↓  
 alelete: *szmog*: szennyezett városi levegő, mérgező gázokat és szálló port tartalmaz
- a durva diszperz rendszerek nem stabilak  
 L már létrehozásukhoz is energia kell (pl. habverő)  
 L előbb-utóbb szétválnak — ennek megakadályozására kell pl. az emulgeálószer  
 az epe is emulgeálószer (a zsírt elegyíti a vizes közeggel, így segíti elő az emésztést)  
 L máj termeli, epehólyag raktározza
- a durva diszperz rendszerek elnyelik a fényt

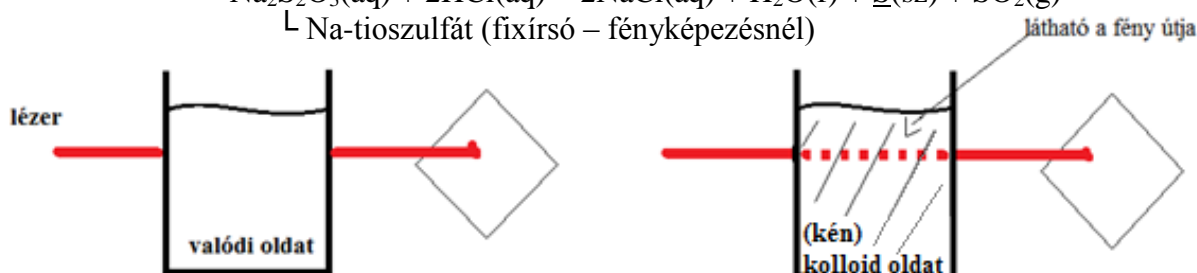
## 2. Kolloid állapot

- diszpergált részecske mérete: 1–500 nm (aránylag nagy méretűek)  
 nagy *m* }  
 nagy *A* } jó adszorbens — pl. vegyi szennyvíztisztítás frissen leválasztott  $Al(OH)_3$ -dal
- Faraday-Tyndall-jelenség: a kolloidok szórják a fényt  
 L látszik az áteső fény útja

*Kísérlet:* S-kolloid előállítása

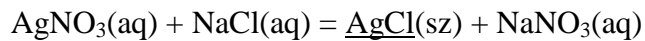
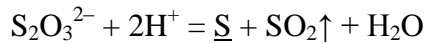


L Na-tioszulfát (fixírsó – fényképezésnél)

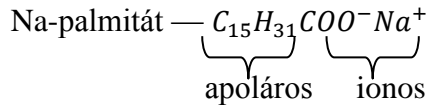


- eredet szerint három fajta:

a) lioszol: frissen levált, még le nem ülepedett csapadék



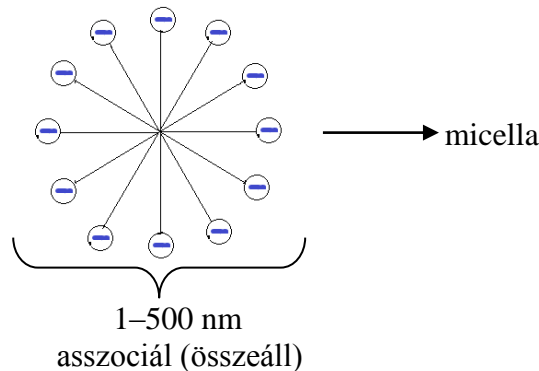
b) asszociációs kolloid: pl. összetapadt szappanionok, tej, puding



nem akar oldódni ↔ szívesen oldódik

a megoldás: – a palmitationok kezdetben a felületen gyülekeznek, apoláros részük fönt kilóg az oldatból

– majd apoláros farkukat egymás felé fordítva összetapadnak:



c) makromolekulás kolloid: vízben jól oldódó, kolloid méretű molekulák oldata

pl. tojásfehérje — fehérjemolekulák > 1 nm

tej (a benne oldott fehérjére nézve kolloid, zsírtartalmára nézve durva diszperz)

- a részecske / diszpergáló közeg kölcsönhatása szerint kétféle kolloid

	SZOL (f)		GÉL (kocsonyás)
a kolloid részecske:	önálló hidratburok		részlegesen közös hidratburok
	pl. húsleves	<p style="text-align: center;">hűtés → ← melegítés</p>	pl. kocsonya, zselé
		<p style="text-align: center;">hidratburok elvonás (kisózás) → NaCl elveszi a vízmolekulákat</p>	

### 3. Homogén keverékek

- diszpergált részecske < 1 nm
- nincs határfelület ~ egyfázisú + többkomponensű
- halmazállapot szerint:
  - minden gázelegy
  - valódi oldat / elegy (az o.a. és az o.sz. egyaránt folyékony)
  - ötvözetek
- a fényt átengedik

# REAKCIÓK

**1. Fogalma:** olyan folyamat, melynek során régi anyagokból új anyagok keletkeznek, illetve a régi kötések egy része megszűnik, és újak jönnek létre

## 2. Csoportosítás

### a) energiaváltozás szerint

- **exoterm:** olyan reakció, melynek során a környezet E-ja nő, a rendszer E-ja csökken  
pl.  $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$   
 $2\text{Li} + 0,5\text{O}_2 = \text{Li}_2\text{O}$  (ált. az égések)
- **endoterm:** olyan reakció, melynek során a rendszer E-át vesz el a környezetétől (a környezet E-ja csökken, a rendszer E-ja nő)  
pl.  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{⚡}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  (áram hatására megy végbe)  
 $\text{AgBr} = \text{Ag} + 0,5\text{Br}_2$  (fény hatására)

### b) résztvevő anyagok száma szerint

- **egyesülés:** olyan reakció, melynek során több (kiindulási) anyagból egy anyag (végtermék) lesz  
pl.  $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$   
 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$  (UV-fény hatására)
- **bomlás:** olyan reakció, melynek során egy anyagból több anyag keletkezik  
pl.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 12\text{C} + 11\text{H}_2\text{O}$  (hőbomlás → hő hatására)  
 $4\text{HNO}_3 = 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  (fény hatására)
- **izomerizáció:** olyan reakció, mely során egy anyagból egy lesz  
pl.  $\text{C}(\text{gr}) = \text{C}(\text{gy})$  mesterséges gyémántgyártás
- **cserebomlás:** olyan reakció, melynek során több anyagból több anyag keletkezik  
pl.  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- **disszociáció:** megfordítható bomlás  
pl.  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$  (itt: víz hatására) (nem reakció!)  
 $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}(\text{g})$  (itt: hő hatására) ( — || — )

### c) fázisok száma szerint

- **homogén:** minden részt vevő komponens azonos fázisban (halmazállapotban) van  
vagy gáz-, vagy oldatreakciók  
pl.  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- **heterogén:** a résztvevő anyagok különböző fázisban vannak  
pl.  $\text{Fe}(\text{sz}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$   $\text{Fe}^{2+}$   
 $\text{Fe}(\text{sz}) + 1,5\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{FeCl}_3(\text{sz})$   $\text{Fe}^{3+} \leftarrow \text{Cl}_2$  erősebb oxidálószer

### d) részecskeátmenet szerint

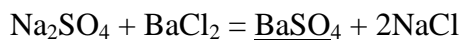
- **sav-bázis reakció:** protonátmenettel járó reakció ( $\text{p}^+ = \text{H}^+$ )  
pl.  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- **redoxireakció:** elektronátmenettel járó reakció  
pl.  $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$   
 $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \rightarrow$  gázfejlődés ( $\text{H}_2$ )
- **egyik sem** (csapadék- vagy komplexképződés)  
pl.  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 2\text{KI} = \text{PbI}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOK} \rightarrow$  csapadékképződés  
 $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{sz}) + \text{NaOH}(\text{aq}) = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \rightarrow$  komplexképződés

# TERMOKÉMIA

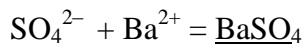
## 0. Alapfogalmak

reaktáns → termék

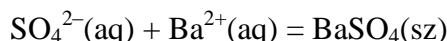
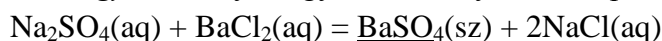
sztoichiometriai egyenlet (bruttó egyenlet): minden anyag teljes képletével szerepel



ionegyenlet: csak a változást szenvedő részecskéket tünteti föl



termokémiai egyenlet: olyan egyenlet, amelyben szerepel az anyagok állapota {(sz), (f), (g), (aq)}



## 1. A rendszer energiája

- $E_{\text{teljes}} = U_{\text{belső}} + E_{\text{mozgási}} + E_{\text{potenciális}}$   
L magenergia, kötési energia, hőenergia

- energiacsere a környezettel

a) hőközlés

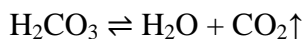
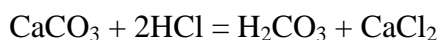
b) mechanikai munka végzése

– térfogati

*Kísérlet:*  $\text{CaCO}_3$ -ot oldunk egy dugattyúval lefedett edényben

*Tapasztalat:* a dugattyú megemelkedik

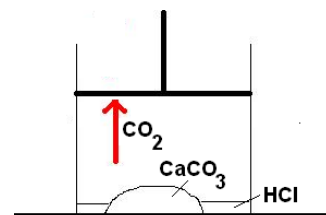
*Magyarázat:* az alábbi egyenlet szerint  $\text{H}_2\text{CO}_3$  keletkezik, ami tovább bomlik  $\text{CO}_2$ -ra. Így megnő a gáz halmazállapotú anyagok térfogata, és a dugattyú felemelkedik.



– felületi

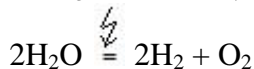
ha egy reakcióban víz keletkezik, a cseppeknek felületestül kell létrejönniük

ez E-t igényel

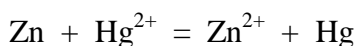


- c) fény:  $2\text{AgBr} = 2\text{Ag} + \text{Br}_2$   
 $4\text{HNO}_3 = 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$  } fény hatására indulnak be  
kék fény  
 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$   
a gyors égések pedig fényt termelnek (láng)

d)  $E_{\text{elektromos}}$



endoterm reakciók (elektrolízis)



exoterm (gombelem – higanyelem)



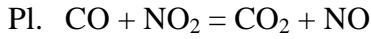
# REAKCIÓKINETIKA

= a reakciók időbeli lefolyásával foglalkozó tudományág

## 1. A reakció feltétele: kezdőlökés

- $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$  be kell gyújtani, utána exoterm
- $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$  kék fény kell a beindításhoz, utána exoterm
- $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$  25 °C-on magától végbemegy a reakció

### • Miért?



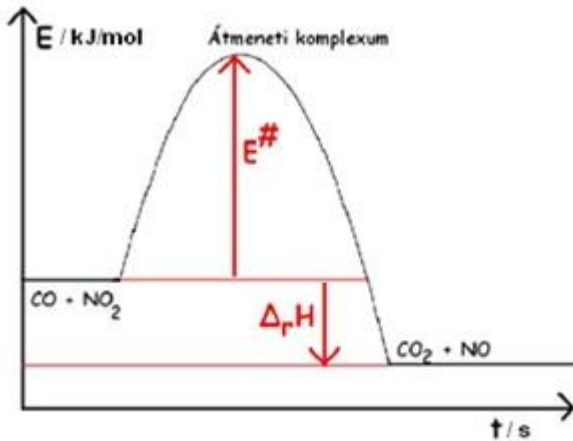
már-még állapot

létrejövő és a megszűnő kötések együtt vannak jelen

csak igen rövid ideig

ÁTMENETI (AKTIVÁLT) KOMPLEXUM

### • energiadiagramon:



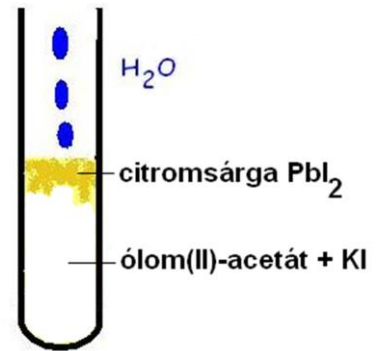
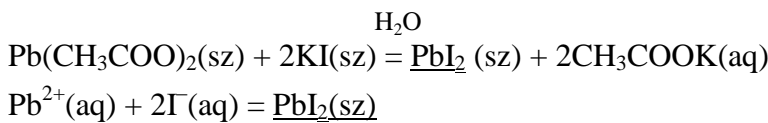
$E^\#$ : *aktiválási energia*: az az energia, amelyet a részecskékkel közölni kell, hogy aktivált (reakcióképes) állapotba jussanak

[ $E^\#$ :] = kJ/mol

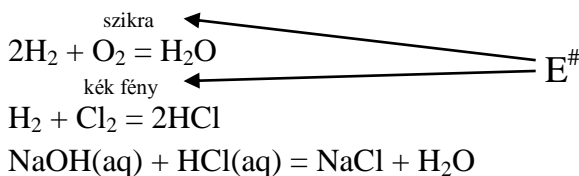
## 2. További feltétel: minél több, hasznos ütközés

- *Kísérlet*: ólom(II)-acetát és kálium-jodid reakciója szilárd állapotban nem megy végbe, pár csepp víz hatására viszont citromsárga  $\text{PbI}_2$  keletkezik

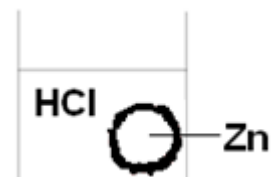
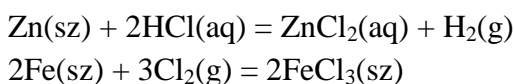
*Magyarázat*: az oldódás után az ionok mozoghatnak, van esélyük találkozni egymással



- *homogén reakció*: két gáz vagy két folyadék reakciója
  - ↳ a rendszer egész V-ában (mindenhol) ütközések

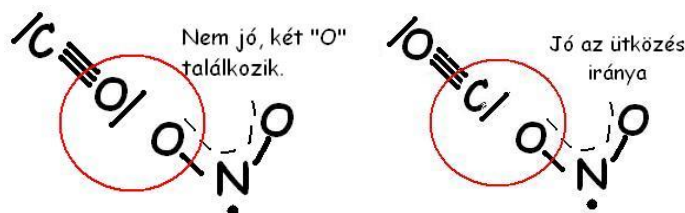


- *heterogén reakció*: szilárd anyag reakciója gázzal vagy folyadékkal
  - ↳ a részecskék csak a határfelületen találkoznak
  - ↳ ~ oldódás → keveréssel gyorsítható (diffúzió)



Zn oldódása sósavban:  
csak a határfelületen megy végbe a reakció!

- hasznos ütközés  
– irány  $\text{CO} + \text{NO}_2 = \text{CO}_2 + \text{NO}$
- részecske energiája  $\leftarrow T$
- minél több ütközés  $\leftarrow c$   
(gázoknál  $p \sim c$ )



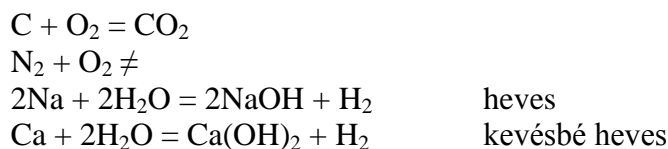
### 3. A reakciósebesség

homogén reakció:  $v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t}$

heterogén reakció:  $v = \frac{1}{A} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t}$

Mitől függ?

a) reaktánsok anyagi minősége

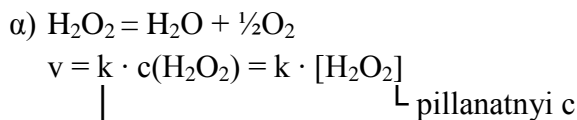


b)  $T \uparrow v \uparrow$

$+ 10^\circ\text{C} \rightarrow v$  kb. 2–3-szorosra nő

tej a hűtőszekrényben lassabban savanyszik meg  
kukta: nagy nyomás  $\rightarrow$  magasabb forráspont és így  
belső hőmérséklet  $\rightarrow$  hús gyorsabban fő

c) reaktánsok c-ja ( $\leftarrow$  gázoknál  $p$ )



reakciósebességi állandó

$\leftarrow$  anyagi minőség

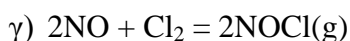
$\leftarrow T$

( $\leftarrow$  neve: a  $c$ -től független)

$T$

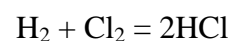


$v = k \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]$

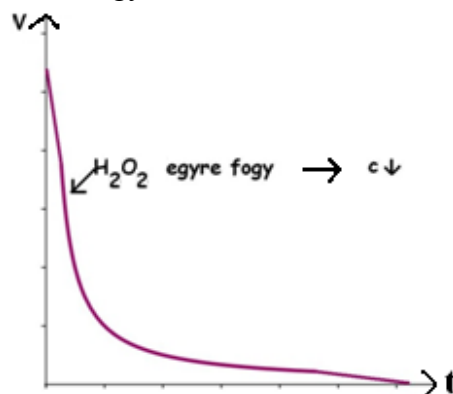


$v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]$

$\leftarrow$  nitrozil-klorid



$v = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{F}_2]$  a sebességi egyenlet  
 $\leftarrow$  nem minden esetben jósolható meg  $\rightarrow v = \frac{k_1 \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{Cl}_2]^{\frac{1}{2}}}{1 + k_2 \cdot \frac{[\text{HCl}]}{[\text{Cl}_2]}}$



d) katalizátor: olyan anyag, amely meggyorsítja a reakciót, anélkül, hogy maga maradandóan megváltoznék

a katalizátor részt vesz a reakcióban, de visszaalakul  
alacsonyabb  $E^\#$ -jú reakcióutat nyit meg

*inhibitor*: lassítja / megakadályozza a reakciót

*enzim*: biokatalizátor (testen belüli folyamatok kat.-a)

$\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$  reakciót számos anyag katalizálja:

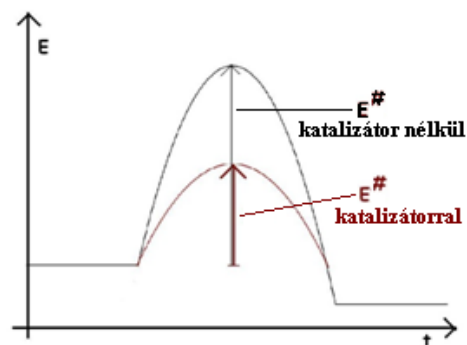
$\text{KMnO}_4$  — leghevesebben

$\text{MnO}_2$  —  $\text{O}_2$  lab. eá.

$\text{NH}_3$  — hajszókítés során

$\text{KI}$  — elefántfogkrém (a keletkező  $\text{O}_2$  habbá fújja a mosogatószer)

$\text{CoCl}_2$  /  $\text{K-Na-tartarát}$  — a hidratált  $\text{Co}^{2+}$  rózsaszín színe a folyamat végére visszaáll



Minden katalizátor valamilyen konkrét reakcióhoz tartozik!

e) keverés: a heterogén reakciókat gyorsítja (mivel segíti a diffúziót)

## Reakciósebesség — kísérletek két időreakcióval

a)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \underline{\text{S}}(\text{sz})$  (opálos színű)

Két azonos V-ű és c-jű, de eltérő T-ű  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -oldatba azonos V-ű, c-jű és T-ű sósavat öntünk. Melyik opálosodik gyorsabban? Az, amelyikben a forró fixírsóoldat volt.

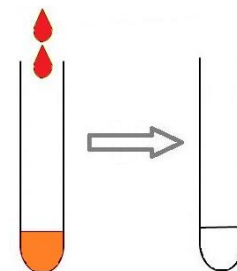
b)  $\text{HCOOH} + \text{Br}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{HBr}$

színtelen      vörös      színtelen      színtelen

↳ a vörös szín eltűnése jelzi a reakció végét

Két azonos T-ű és V-ű, de eltérő c-jű hangyasavoldatba azonos V-ű, c-jű és T-ű brómos vizet öntünk

→ a tömény hangyasavoldat esetén az elegy hamarabb lesz színtelen



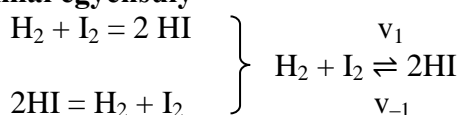
## A KÉMIAI EGYENSÚLY

### 1. Bevezetés

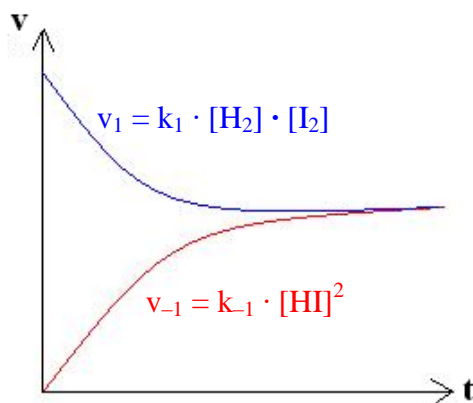
- a spontán reakciók iránya: ← energiaminimum  
← entrópiamaximum
- egyirányú reakció: a többség (→ gyakorlatilag irreverzibilis)
  - $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$
  - $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) = \underline{\text{BaSO}_4}(\text{sz})$
- egyensúlyra vezető (~ reverzibilis)\* reakció:
 

	kiindulás	⇌	termék
$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$	↳ nem ala-		↳ ráadásul
$3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$	kul át mind		részlegesen
$\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HOCl}$			visszaalakul
			$\text{HOCl} = \text{HCl} + \text{„O”}$ (nászencs oxigén)
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$			
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			gyenge sav / bázis + víz
$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$			
$2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$			

### 2. A kémiai egyensúly



HI egyidejűleg bomlik és képződik ugyanabban az edényben



$v_1; v_{-1} \neq 0 \rightarrow$  dinamikus egyensúly

≈ telített oldat – maradék főlódatlan anyag

es:  $v_1 = v_{-1}$

$$k_1 \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2] = k_{-1} \cdot [\text{HI}]^2$$

$$\frac{[\text{HI}]_{\text{es}}^2}{[\text{H}_2]_{\text{es}} \cdot [\text{I}_2]_{\text{es}}} = \frac{k_1}{k_{-1}} = K = 2 \cdot 10^{-3} \quad (400^\circ\text{C-on})$$

KÉMIAI EGYENSÚLYI ÁLLANDÓ

( $k_1, k_{-1}$  áll. → hányadosuk is áll.)

← reakcióra jellemző

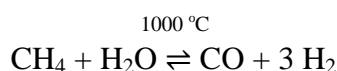
← c-től független

← T-től, p-től függ

\* Régen az egyirányú reakciókat megfordíthatatlannak is nevezték, az egyensúlyra vezetőket pedig megfordíthatónak. Ezek a megnevezések pontatlanok, hiszen megfelelő körülmények között minden reakció megfordítható, pl. a víz elektromos bontása tulajdonképp a  $\text{H}_2$  égésének „visszafordítása”.

### 3. A tömeghatás törvénye (Guldberg-Waage-törvény):

egyensúly esetén a termékek megfelelő hatványon vett egyensúlyi koncentrációinak szorzata osztva a reaktánsok megfelelő hatványon vett egyensúlyi koncentrációinak szorzatával adott hőmérsékleten állandó érték



$$K = \frac{[\text{CO}]_{\text{es}} \cdot [\text{H}_2]_{\text{es}}^3}{[\text{CH}_4]_{\text{es}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]_{\text{es}}}$$

*K: nincs mértékegysége!*

### 4. Az egyensúly megzavarása

#### a) c-változás

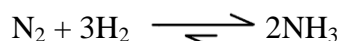


es + további  $\text{H}_2$

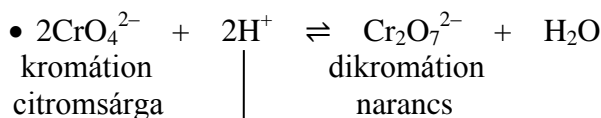
$$K = \frac{[\text{NH}_3]_{\text{es}}^2}{[\text{N}_2]_{\text{es}} \cdot [\text{H}_2]_{\text{es}}^3}$$

$$K > \frac{\dots}{\dots \cdot [\text{H}_2 + x]^3} \quad \begin{array}{l} \text{nevező } \uparrow \\ \text{tört } \downarrow \end{array}$$

$$K = \frac{\uparrow^2}{\downarrow \cdot \downarrow^3}$$



- Le Châtelier-Braun-elv:* a dinamikus egyensúly megzavarásakor az a folyamat erősödik fel, amelyik a zavaró hatást csökkenteni igyekszik



savat hozzáadva:  $c(\text{H}^+) \uparrow$   $\rightleftharpoons$  narancsszínű oldat

lúgot hozzáadva:  $c(\text{H}^+) \downarrow$   $\rightleftharpoons$  citromsárga oldat



#### b) T-változás



70 °C: az  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ -gázelegyet tartalmazó edény vörös

melegítés  $\rightarrow$  a rendszer hűlni akar  $\rightarrow$  az endoterm részfolyamat erősödik föl  $\rightleftharpoons$

0 °C: az  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ -gázelegyet tartalmazó edény színtelen

hűtés  $\rightarrow$  a rendszer melegedni akar  $\rightarrow$  az exoterm részfolyamat erősödik föl  $\rightleftharpoons$

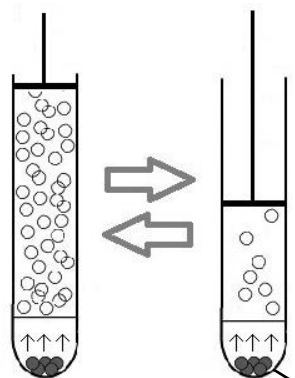
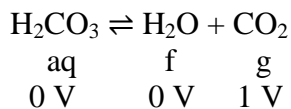
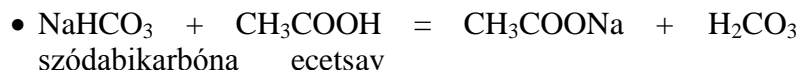
2 megjegyzés: – T változik  $\rightarrow$  K is változik

–  $T \uparrow \rightarrow v_1 \uparrow, v_{-1} \uparrow$   
      $\downarrow$  jobban nő

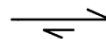
A T emelése minden reakciót gyorsít, es-i reakciónál az oda- és visszaalakulás v-ét is növeli!  
 De: az endoterm részfolyamat v-e jobban nő  $\rightarrow$  az egyensúly az endoterm irányba tolódik el!

c) p-változás — ha a reakció térfogatváltozással jár

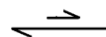
↳ a kondenzált fázisok (sz, f, aq) V-a elhanyagolható!



Tapasztalat: dugattyú kihúzásakor:  $p \downarrow \rightarrow$  jöhet  $\text{CO}_2 \rightarrow$  sok buborék

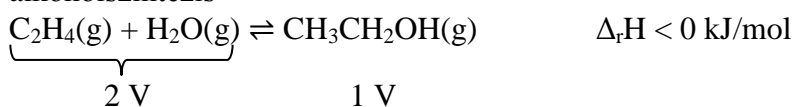


dugattyú benyomásakor:  $p \uparrow \rightarrow \text{CO}_2$  visszaoldódik



↳  $\text{NaHCO}_3, \text{CH}_3\text{COOH}, \text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{CO}_3$

• alkoholszintézis



ip. eá. célja: a termékképződés irányába eltolni az es-t / minél több  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ -t előállítani

– 7–8 MPa (azaz 70–80 bar)  $\rightleftharpoons$

– 300 °C (mérsékleten magas T)

— es-nak rossz:  $\rightleftharpoons$

↳ hűteni kellene, de akkor „befagyna”

— a v miatt kis melegítés szükséges

— azért is melegíteni kell, hogy  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  legyen

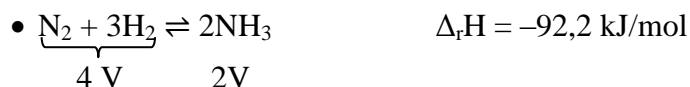
– katalizátor  $\rightarrow v_1$  és  $v_{-1}$  is megnő

↳ az egyensúlyt nem befolyásolja

↳ de hamarabb beáll (ugyanaz az es)

– vízfelesleg (olcsóbb reaktáns  $\rightarrow$  gazdaságos)  $\rightleftharpoons$

A katalizátor nem befolyásolja az egyensúlyi elegy összetételét!



Haber-Bosch-szintézis – igen nagy p (25 MPa)

– mérsékleten magas T (4–500 °C)

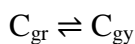
– kat. (Fe)

–  $n(\text{H}_2) : n(\text{N}_2) = 3 : 1$

$\rightarrow \text{NH}_3$ -gyártás jelentősége: –  $\text{HNO}_3 \rightarrow$  pirotechnika ( $\text{KNO}_3$ : salétrom)

– műtrágya (pétisó:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )

• mesterséges gyémántgyártás: átkristályosodás igen nagy p-on

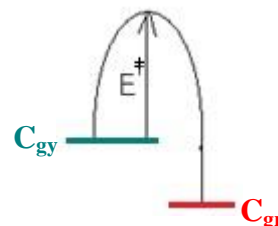


kiseb moláris térfogat

↓

$p \uparrow \rightarrow$  több  $\text{C}_{\text{gr}}$  alakul át  $\text{C}_{\text{gy}}$ -tá, mivel annak kisebb a térfogata

a Föld felszínén (viszonylag kis nyomáson) a  $\text{C}_{\text{gy}}$  elvileg visszaalakulhat  $\text{C}_{\text{gr}}$ -tá, de igen nagy aktiválási energia szükséges  $\rightarrow$  csak igen lassan (évmilliók alatt)







	Sav	Bázis
Erős $K_s / K_b > 1$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HCl (sósav)</li> <li>• H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (kénsav)</li> <li>• HNO<sub>3</sub> (salétromsav)</li> <li>• HBr</li> <li>• HI</li> <li>• HClO<sub>4</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaOH</li> <li>• KOH</li> <li>• Ca(OH)<sub>2</sub></li> </ul> s-mező fémeknek hidroxidjai [kiv. Be(OH) <sub>2</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub> ]
Középerős $10^{-4} < K_s / K_b < 1$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HF (folysav)</li> <li>• H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (foszforsav)</li> <li>• HCOOH (hangyasav)</li> </ul>	
Gyenge $K_s / K_b < 10^{-4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (szénsav)</li> <li>• CH<sub>3</sub>COOH (ecetsav)</li> <li>• H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (kénessav)</li> <li>• HOCl (hipoklórossav)</li> <li>• HCN (kéksav)</li> <li>• HNO<sub>2</sub> (salétromossav)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NH<sub>3</sub> (ammónia)</li> <li>• Be(OH)<sub>2</sub></li> <li>• Mg(OH)<sub>2</sub></li> <li>• Fe(OH)<sub>2</sub></li> <li>• Fe(OH)<sub>3</sub></li> <li>• Al(OH)<sub>3</sub></li> </ul> + a d-/p-mező többi fémjének hidroxidja, mivel azok vízben nem / igen kis mértékben oldódnak

### 3. Kémhatás — az oldat jellemzője

- $[H_3O^+] > [OH^-]$  savas oldat
- $[H_3O^+] = [OH^-]$  semleges oldat
- $[H_3O^+] < [OH^-]$  lúgos oldat

- $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$  autoprotolízis

$$\downarrow$$

$$10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 \text{ vízben} \rightarrow 1000 \text{ g} \rightarrow 55,56 \text{ mol}$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-7}}{55,56} \cdot 100 = 3,6 \cdot 10^{-7} \% \text{ (a vízmolekulák ennyi \% -a vesz részt az autoprotolízisben)}$$

- Írjuk föl a savállandót!

$$K = \frac{[H_3O^+]_{\text{es}} \cdot [OH^-]_{\text{es}}}{[H_2O]_{\text{es}}^2} \quad / \cdot [H_2O]_{\text{es}}^2 \text{ (mert ez állandó)}$$

$$K \cdot [H_2O]_{\text{es}}^2 = [H_3O^+]_{\text{es}} \cdot [OH^-]_{\text{es}} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

$$K \cdot [H_2O]_{\text{es}}^2 = K_v = 10^{-14} \text{ (vízionszorzat)}$$

- A pH számolása:  
↳ híg oldatok kémhatásának számszerű jellemzése

Kis matek:  $\lg 10^1 (= \lg 10) = 1$   
 $\lg 10^2 (= \lg 100) = 2$   
 $\lg 10^3 (= \lg 1000) = 3$   
 $\lg 1 (= \lg 10^0) = 0$   
 $\lg 0,01 (= \lg 10^{-2}) = -2$

- desztillált víz:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-7} = 7,00$

- $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

- Csak a híg oldat pH-ját lehet kiszámolni:  $[\text{H}^+] \leq 1 \text{ mol/dm}^3$  /  $[\text{OH}^-] \leq 1 \text{ mol/dm}^3$

	$K_v (= 10^{-14}) = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{es}} \cdot [\text{OH}^-]_{\text{es}}$		<u>pH</u>	<u>pOH</u>
0,1 mol/dm <sup>3</sup> HCl	$10^{-1} \xrightarrow{(10^{-14} / 10^{-1})}$	$10^{-13}$	1	13
0,01 mol/dm <sup>3</sup> HCl	$10^{-2} \text{ mol/dm}^3$	$10^{-12} \text{ mol/dm}^3$	2	12
0,001 mol/dm <sup>3</sup> HCl	$10^{-3} \text{ mol/dm}^3$	$10^{-11} \text{ mol/dm}^3$	3	11
0,1 mol/dm <sup>3</sup> NaOH	$10^{-13} \text{ mol/dm}^3$	$10^{-1} \text{ mol/dm}^3$	13	1
0,01 mol/dm <sup>3</sup> NaOH	$10^{-12} \text{ mol/dm}^3$	$10^{-2} \text{ mol/dm}^3$	12	2
0,0001 mol/dm <sup>3</sup> NaOH	$10^{-10} \text{ mol/dm}^3$	$10^{-4} \text{ mol/dm}^3$	10	4
1 mol/dm <sup>3</sup> NaOH	$10^{-14} \text{ mol/dm}^3$	$10^0 \text{ mol/dm}^3$	14	0
2 mol/dm <sup>3</sup> NaOH		$2 \text{ mol/dm}^3 \rightarrow -\lg 2 = -0,30 \rightarrow \text{pH} = 14,30$ lenne!		
0,1 mol/dm <sup>3</sup> ecetsav	$< 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$	$> 10^{-13} \text{ mol/dm}^3$	$1 < \text{pH} (< 7) \leftarrow$	<u>gyenge sav</u>
0,1 mol/dm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$(2 \cdot 0,1 =) 0,2 \text{ mol/dm}^3 \rightarrow \text{pH} = -\lg 0,2 = 0,70$		$0 < \text{pH} < 1 \leftarrow$	<u>kétértékű sav</u>
0,001 mol/dm <sup>3</sup> Ca(OH) <sub>2</sub>		$0,002 \text{ mol/dm}^3 \rightarrow \text{pOH} = -\lg 0,002 \sim 2,70$		$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = \sim 11,30$

- lúgos kémhatású oldatnál is a pH-t adjuk meg, bár ott valójában a pOH számít (hiszen a OH<sup>-</sup>-ok száma jelentős, a H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-oké eltörpül)

**4. Indikátor:** olyan anyag, amely színével jelzi az oldat kémhatását

	SAVAS	SEMLEGES	LÚGOS
univerzális	<b>piros</b>	<b>zöld</b>	<b>kék</b>
fenolftalein	<b>színtelen</b>	<b>színtelen</b>	<b>lila</b>
metilnarancs	<b>vörös</b>	<b>narancs</b>	<b>narancs</b>
tea	<b>világos</b>	<b>sötét</b>	<b>sötét</b>

↓  
ha citromsavat öntünk bele, kivilágosodik

## 5. Sav-bázis reakciók csoportosítása

a) közömbösítés: sav és bázis sztöchiometrikus reakciója

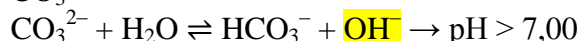
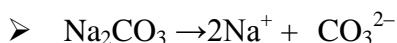
↳ vagyis egyik reaktánsból sem marad

↳ nem mindig semlegesítés, lásd hidrolízis!



- $2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (semlegesítés, vagyis a keletkező oldat pH-ja 7,00)
- $3\text{HNO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  (csak közömbösítés ← hidrolízis)

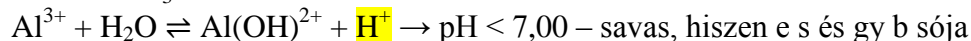
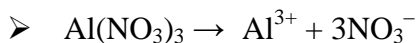
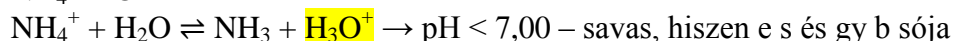
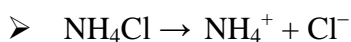
b) sók hidrolízise: a só gyenge savból származó anionja vagy egy gyenge bázisból származó kationja a vízzel egyensúlyi sav-bázis reakcióba lép



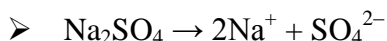
(a szikes talaj lúgos, vö. Arany János: Ég a napmelegtől a kopár szik sarja...)

a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  származtatása:  $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

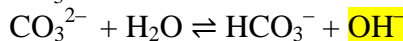
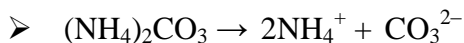
↳ gy s + e b → az erősebb tulajdonsága átöröklődik a sóra!



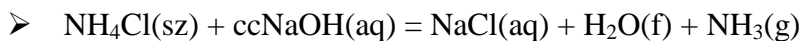
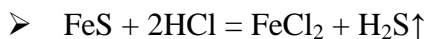
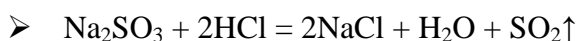
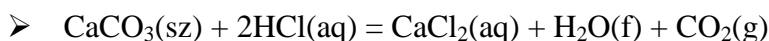
a hidrolízis egyenlete pontosabban, az  $\text{Al}^{3+}$  akvakomplexével fölírva:



egyik ion sem hidrolizál → pH = 7,00



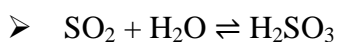
c) az erősebb sav a gyengébb és illékonyabb savat sójából kiszorítja → gázok lab. eá.



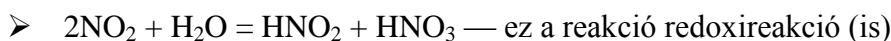
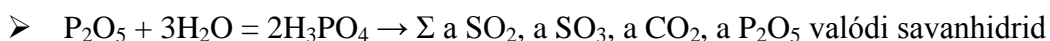
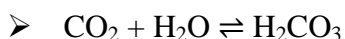
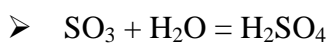
↳ az elv bázisokra is működik

d) sav-/bázisanhidrid + víz

↳ olyan anyag, amit savból kapunk vízelvonással — többnyire nemfém-oxid



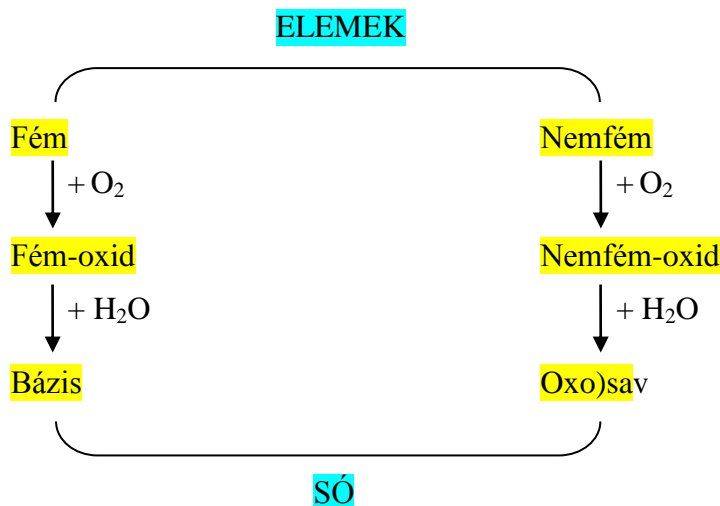
↳ a savanhidrid vízzel való reakciója (oxo)savat ad



↳ a  $\text{NO}_2$  vegyes savanhidrid (vízzel való reakciója két savat ad)

- $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \neq \text{HCOOH}$ , de  $\text{HCOOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$  (ccH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> és melegítés hatására)
  - ↳ formális savanhidrid
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$  — mészlátás
  - ↳ bázisanhidrid + víz → bázis

a szerves kémia vázát az alábbi séma mutatja:



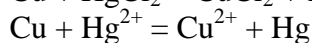
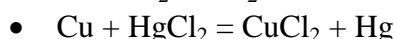
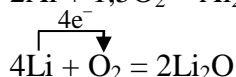
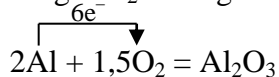
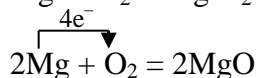
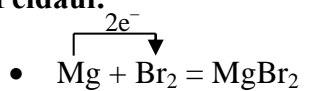
#### e) oldódás

- $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}$ 
  - ↳ mint fentebb, ez is közömbösítés
- $\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH}(\text{aq}) = \text{Na[Al(OH)}_4\text{](aq)}$ 
  - ↳ ez a reakció nem sav-bázis reakció, hanem komplexképződéssel jár

# REDOXIREAKCIÓK

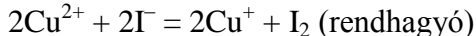
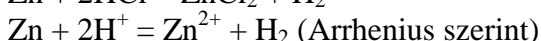
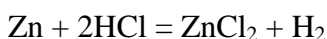
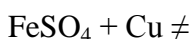
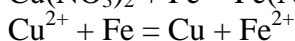
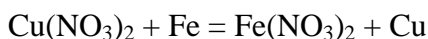
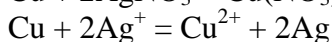
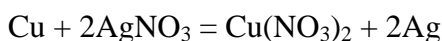
oxidációs szám-változás történi

## 1. Például:



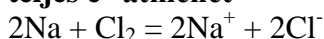
↓

balrabb a jellemerősségi sorban → nagyobb redukálóképesség



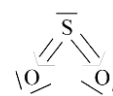
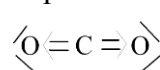
## 2. Redoxireakciók

**teljes e<sup>-</sup>-átmenet**



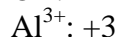
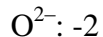
**részleges e<sup>-</sup>-átmenet**

↓  
poláros kovalens kötés

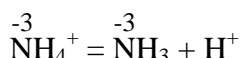
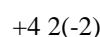


- **oxidációs szám** = az atom tényleges vagy névleges töltése

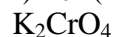
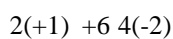
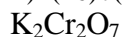
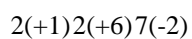
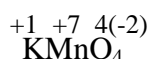
egyszerű ionnál töltésszám



a kötő e<sup>-</sup>-párt a nagyobb EN-ú atomhoz rendeljük

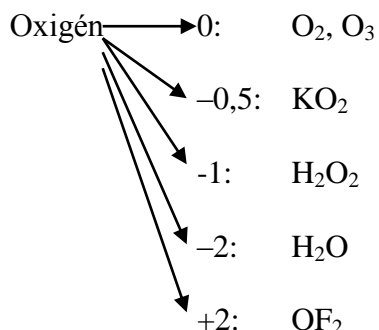
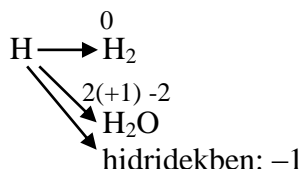


sav-bázis reakciókban nem változik meg az oxidációs szám



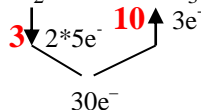
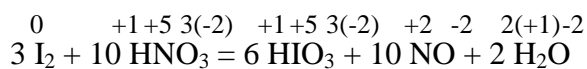
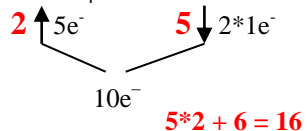
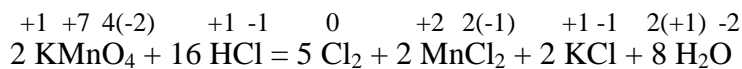
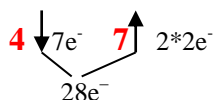
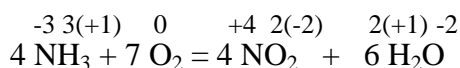
- Állandó oxidációs számok:

elemeké: 0  
 I.A: +1  
 II.A: +2  
 F: -1

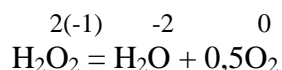
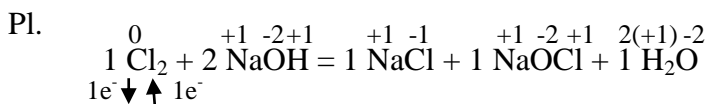


Halogének: általában -1  
 +1 +7  
 de:  $\text{HOCl}, \text{HClO}_4$

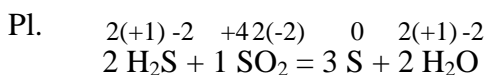
### 3. Egyenletrendezés:



- diszproporció* = szétarányosulás: olyan redoxireakció, amelyben ugyanaz az atom oxidálódik, mint ami redukálódik

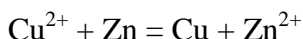
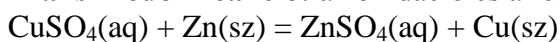


- szinproporció* = összarányosulás: olyan redoxireakció, amely során egyazon elem különböző oxidációs számú atomjai egyazon oxidációs állapotba kerülnek

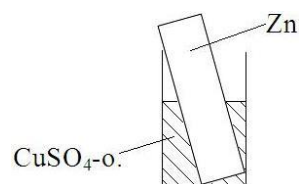


# A GALVÁNELEM

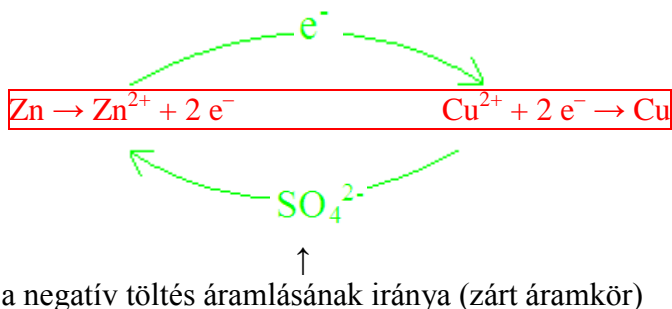
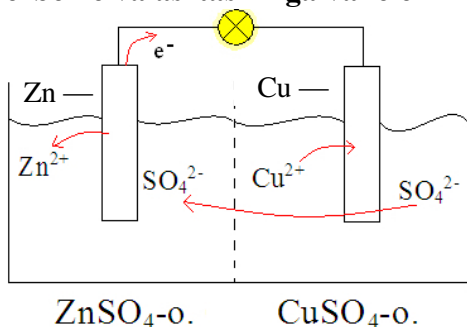
1. „Normális” redoxireakció: az oxidáció és a redukció ugyanott zajlik



tapasztalat: kék oldat színe eltűnik (a  $\text{Zn}^{2+}$  színtelen)  
a szürke cinken vörös bevonat



2. Térbeli elválasztás → galvánelem



szemipermeábilis / féligáteresztő hártya

↳ tojánhéj

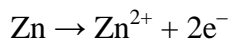
mázatlan, lyukacsos agyaglap  
sóhíd

} csak lassú átjárás

elektrolitoldat: ionokat tartalmazó oldat

elektród: fém + saját ionjait tartalmazó oldat

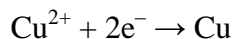
**Daniell-elem** (1836):  $\ominus \text{Zn}(\text{sz}) \mid \text{ZnSO}_4(\text{aq}) \mid \text{CuSO}_4(\text{aq}) \mid \text{Cu}(\text{sz}) \oplus$



ANÓD

oxidáció

itt  $\ominus$



KATÓD

redukció

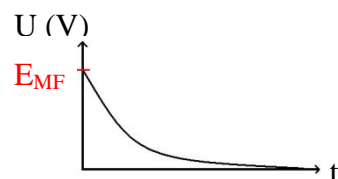
itt  $\oplus$

galvánelem (GC) = kémiai E-nak elektromos E-vá való átalakítására alkalmas berendezés

elektromotoros erő ( $E_{MF}$ ) = a két elektród közötti maximális feszültség, amelyet akkor mérhetünk, ha a galvánelemen keresztül nem folyik áram;  $[E_{MF}] = \text{V}$ ;  $E_{MF} > 0 \text{ V}$

$E_{MF}$ : a GC maximális munkavégző képessége

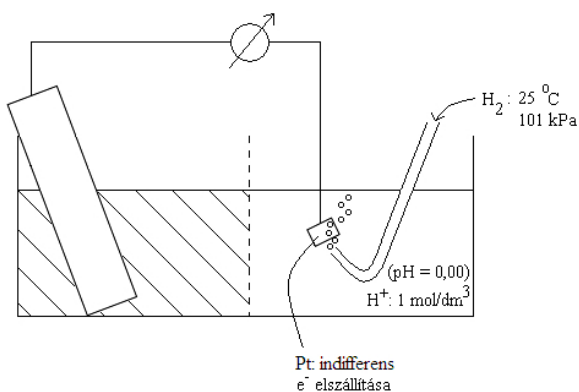
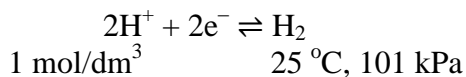
az áram megindulása után a két pólus közti  $U < E_{MF}$



3.  $E_{MF} = \mathcal{E}_K - \mathcal{E}_A$

↳ **elektródpotenciál** = önkényesen kiszemelt 0-ponthez képesti U

||  
standard hidrogénelektrod



$\varepsilon$  = annak a GC-nek az  $E_{MF}$ -je, melynek egyik elektródja a vizsgált, a másik a standard hidrogén-elektrod; [ $\varepsilon$ ] = V

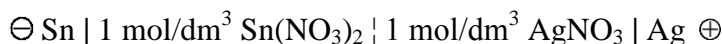
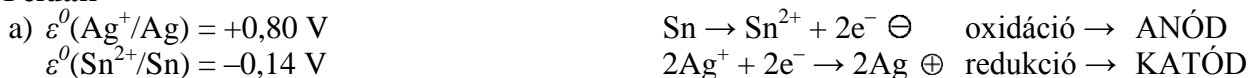
$\varepsilon^0$ : standardpotenciál = olyan GC  $E_{MF}$ -je, melynek egyik elektródja a standard H-elektrod, másik elektródja pedig a vizsgált standard elektrod; [ $\varepsilon^0$ ] = V

$$\varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$$

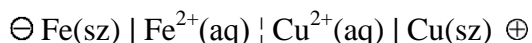
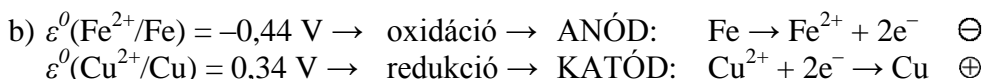
ox/red forma

Daniell-elem:  $E_{MF} = \varepsilon_K^0 - \varepsilon_A^0 = 0,34 - (-0,76) = \boxed{1,1 \text{ V}}$

#### 4. Példák



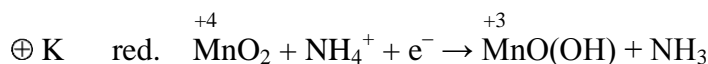
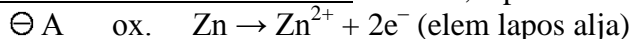
$$E_{MF} = \varepsilon_K^0 - \varepsilon_A^0 = 0,8 - (-0,14) = \boxed{0,94 \text{ V}}$$



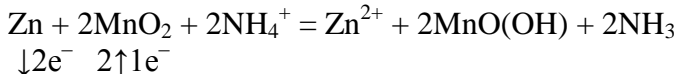
$$E_{MF} = 0,34 \text{ V} - (-0,44 \text{ V}) = \boxed{0,78 \text{ V}}$$

#### 5. Gyakorlati felhasználás (GC: exoterm reakció $\rightarrow$ E-termelés)

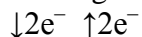
a) Leclanché-elem = alkálielem: ceruza-, lapos- és bébielem



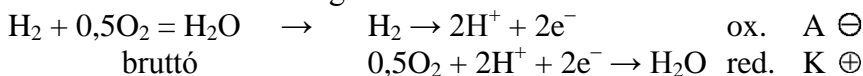
áramtermelő cellareakció:



b) Ruben-Mallory-elem: gombelem — kis helyigény

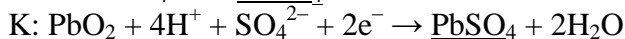
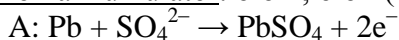


c) Tüzelőanyag-elemek: egy égési folyamat oxidációs és redukciós lépése van térben szétválasztva  $\rightarrow$  elektromos energiát termel

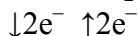
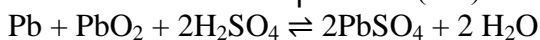


d) Lítiumion-akkumulátor:  $\text{Li} + \text{CoO}_2 \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$  ( $\ominus \text{C}_{gr}$ , Li | **KOH** | **NiO(OH)Ni**  $\oplus$ )

e) Ólomakkumulátor: ólom, ólom(IV)-oxid és kénsav — kocsiban



$\uparrow$  kisülés (GC) = szinproporción



$\downarrow$  feltöltés (elektrolízis) = diszproporción



#### 6. $\varepsilon^0$ és a spontán redoxireakciók iránya: a negatívabb $\varepsilon^0$ -ú részecske redukál $\approx$ feszültségi sor

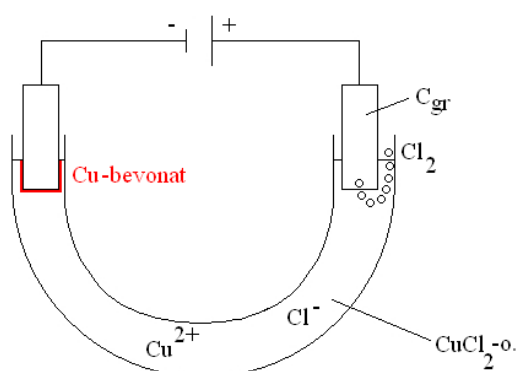
- $\varepsilon^0(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0 \text{ V}$   $\leftarrow$  hiszen a hidrogén a viszonyítási alap
- $\text{Cu} + \text{HCl} \neq \leftarrow \varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) > 0 \text{ V}$ , a Cu-atom nem tudja redukálni a  $\text{H}^+$ -iont
- $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$   
 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu} \quad \leftarrow \varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) > \varepsilon^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$  — Fe redukálja a  $\text{Cu}^{2+}$ -iont
- $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} = 2\text{KCl} + \text{I}_2$   
 $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- = 2\text{Cl}^- + \text{I}_2 \quad \leftarrow \varepsilon^0(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) > \varepsilon^0(\text{I}_2/\text{I}^-)$  —  $\text{I}^-$  redukálja a  $\text{Cl}_2$ -molekulát

# ELEKTROLÍZIS

## 1. Alapfogalmak

- elektrolízis = el. áram hatására végbemenő kémiai reakció  
 $E_{\text{elektromos}} \rightarrow E_{\text{kémiai}} \text{ (endoterm)}$
- Pl.  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{el.}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$   
 $2\text{NaCl(f)} \xrightarrow{\text{el.}} 2\text{Na(f)} + \text{Cl}_2(\text{g})$   
 $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{f}) \xrightarrow{\text{el.}} 4\text{Al(f)} + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{az anódszénnel reakció: CO/CO}_2$
- bontásfeszültség: tartós elektrolízishez szükséges minimális feszültség;  $[U_B] = V$   
 $L = \text{az elektrolízis közben kialakuló GC } E_{\text{MF}}\text{-je}$
- indifferens elektród: nem lép reakcióba sem az oldat összetevőivel, sem a termékekkel (Pt,  $C_{\text{gr}}$ )

## 2. Példák

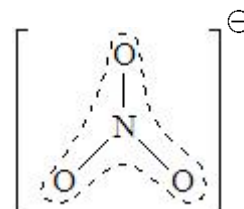


### a) $\text{CuCl}_2$ -oldat elektrolízise

- $\oplus \rightarrow \text{ox. A } 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$   
 $\ominus \rightarrow \text{red. K } \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$   
 $\text{CuCl}_2(\text{aq}) = \text{Cu(s)} + \text{Cl}_2(\text{g})$
- a keletkező klór kimutatása:  
 $\text{KI (aq)-os szűrőpapír}$   
 $2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$   
tap.:  
 $\rightarrow$  sötét szín ( $\text{I}_2$  és/vagy  $\text{I}_3^-$ )  
 $\rightarrow$  + keményítő: sötétedés

### b) $\text{AgNO}_3$ -oldat elektrolízise

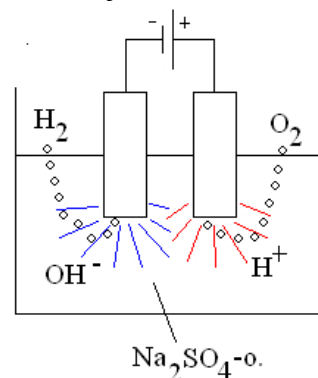
- $\ominus \rightarrow \text{red. K } 2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag}$   
 $\oplus \rightarrow \text{ox. A } \text{NO}_3^-$   
 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 0,5\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$   
 $\emptyset$  bruttó egyenlet



- a nitrátion stabil (delokalizált elektronrendszer)  
helyette a víz reagál az anódon ( $\delta^-$  oxigénes végével ütközik), kötött O-je oxidálódik
- a katódon szürke (ezüst)bevonat  
az oldat az anódnál savasodik  $\rightarrow$  univerzális indikátor piros

### c) $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -oldat elektrolízise

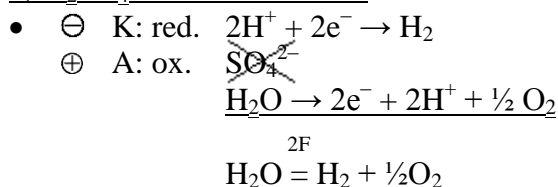
- $\oplus \rightarrow \text{ox. A } \text{SO}_4^{2-}$   
 $\ominus \rightarrow \text{red. K } \text{Na}^+$   
 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + \frac{1}{2}\text{O}_2$   
 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$   
 $3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$   
 $\text{bruttó: } \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$



- Na nem keletkezhetik vizes oldatban ( $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + 0,5\text{H}_2$ )
- mindkét elektródon a víz bomlik; az anódnál savasodás, a katódnál lúgosodás
- Hofmann-féle vízbontó: nem desztillált víz van benne (az szigetelő), hanem pl.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -o.

nagyon  $\ominus \varepsilon^0$ -ú fémion helyett a víz H-je redukálódik a katódon  
összetett anion helyett a víz O-je oxidálódik az anódon

#### d) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-oldat elektrolízise



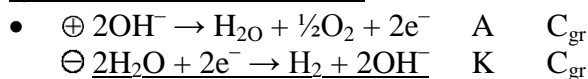
• az oldat töményedik (o.sz. bomlik, o.a. = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> változatlan) → savasodik → pH ↓

• 1 Farad = 96 500 C

↳ 1 mol e<sup>-</sup> töltése

F = 96 500 C/mol → Faraday-állandó

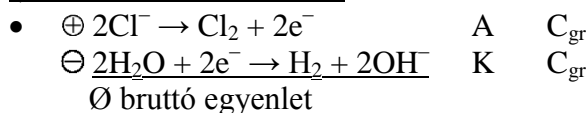
#### e) NaOH-oldat elektrolízise



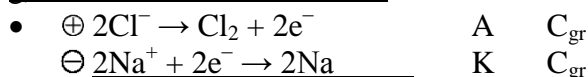
2F

H<sub>2</sub>O = H<sub>2</sub> + ½O<sub>2</sub> → az oldat töményedik, lúgosodik

#### f) NaCl-oldat elektrolízise



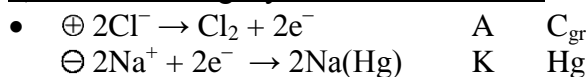
#### g) NaCl-olvadék elektrolízise



2F

2NaCl(f) = 2Na(f) + Cl<sub>2</sub>(g)

#### h) NaCl-oldat higanykatódos elektrolízise

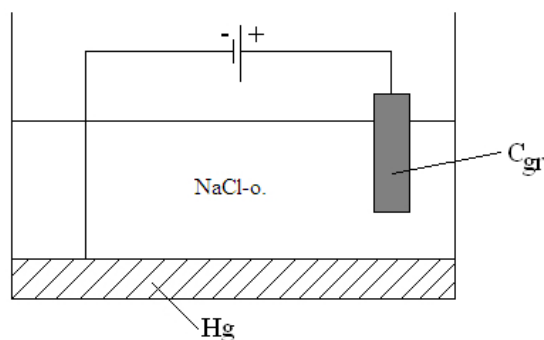


↳ Na-amalgám

↓ megbontása

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

bruttó:  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   $2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaOH}$  ipari eá.



### 3. Elektrolízis gyakorlati jelentősége

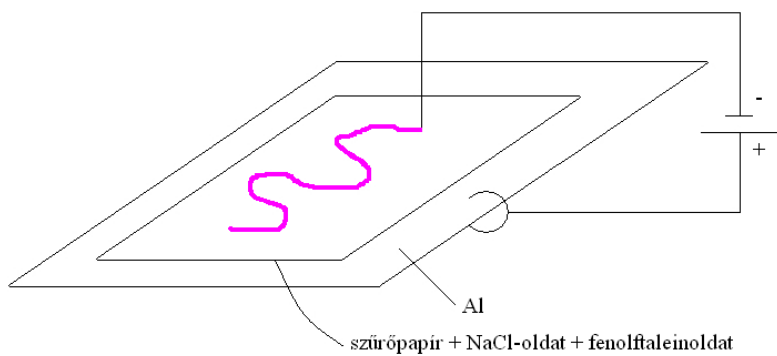
- elektrokohászat: Na, K, Al, (Cl<sub>2</sub>) ipari eá.
- ólomakkumulátor feltöltése  
 $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
- galvanizálás: vékony fémbevonat készítése: a bevonandó tárgyat a bevonatnak szánt fém sójának oldatába helyezük és katódnak kapcsoljuk (→ rajta redukálódnak az oldat fémionjai)
  - ezüstözés → díszítés
  - nikkelezés → korrózióvédelem
  - krómozás → kopás ellen
- eloxálás: elektromos oxidréteg-vastagítás Al-on  
↳ anódnak (⊕) kapcs. → Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-dá oxidálódik

### 4. Faraday-törvények

- Faraday I. törvénye:  $m = k \cdot Q = k \cdot I \cdot t$   $m$ : az elektródon leváló anyag tömege  
 $k$ : elektrokémiai egyenérték (egy állandó)
- Faraday II. törvénye:  $Q = n \cdot z \cdot F$   $z$ : a leválasztandó ion töltésszáma

*Kísérlet: írjunk, rajzoljunk árammal!*

- NaCl- és fenolftaleinoldattal átítatunk egy szűrőpapírt, alufóliára helyezzük, majd az alufóliát  $\oplus$  pólusnak kapcsoljuk  $\rightarrow$  a  $\ominus$  elektród lila nyomot hagy a papíron



- $\oplus 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$   
 $\ominus \text{Na}^+ 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \boxed{2\text{OH}^-}$   
 $\downarrow$   
fenolftalein indikálja

## TARTALOMJEGYZÉK

Atomszerkezet	1
Radioaktivitás	4
Az elektronfelhő	5
A periódusos rendszer	9
Ionok	10
Kovalens kötés	11
Molekula-geometria	14
Összetett ionok	15
Komplexek	16
Kristályrács	18
Oldatok	25
Halmazkeverékek	28
Reakciók	30
Termokémia	31
Reakciókinetika	33
A kémiai egyensúly	35
Protolitikus / Sav-bázis reakciók	38
Redoxireakciók	44
A galvánelem	46
Elektrolízis	48



[TÓTH ZOLTÁN: *Tévhit a kémia oktatásában.*  
Magyar Kémikusok Lapja, LXXIV. (2019) 4. sz. 115.]