



9.B | 2025. ápr. 30.

9.-es jegyzet 35–37. o.

A kémiai egyensúly

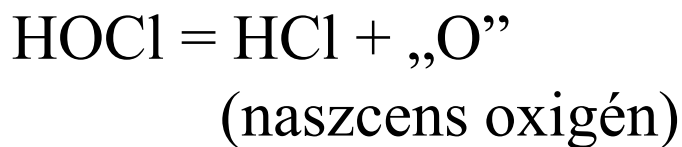
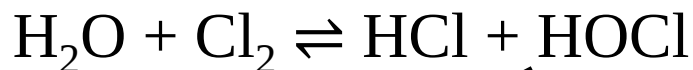
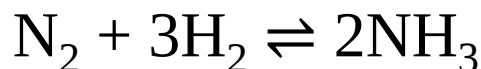
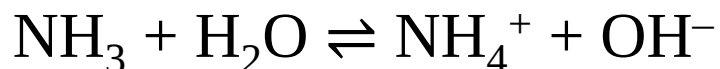
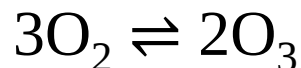
1. Bev.

- a spontán reakciók iránya ← ?
- a reakciók többsége egyirányú, azaz gyakorlatilag irreverzibilis
de: $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{⚡}} \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$
- egyensúlyra vezető ($\sim$ reverzibilis) reakció – ?



a reaktánsok nem alakulnak át mind,
ráadásul a termékek részlegesen visszaalakulnak

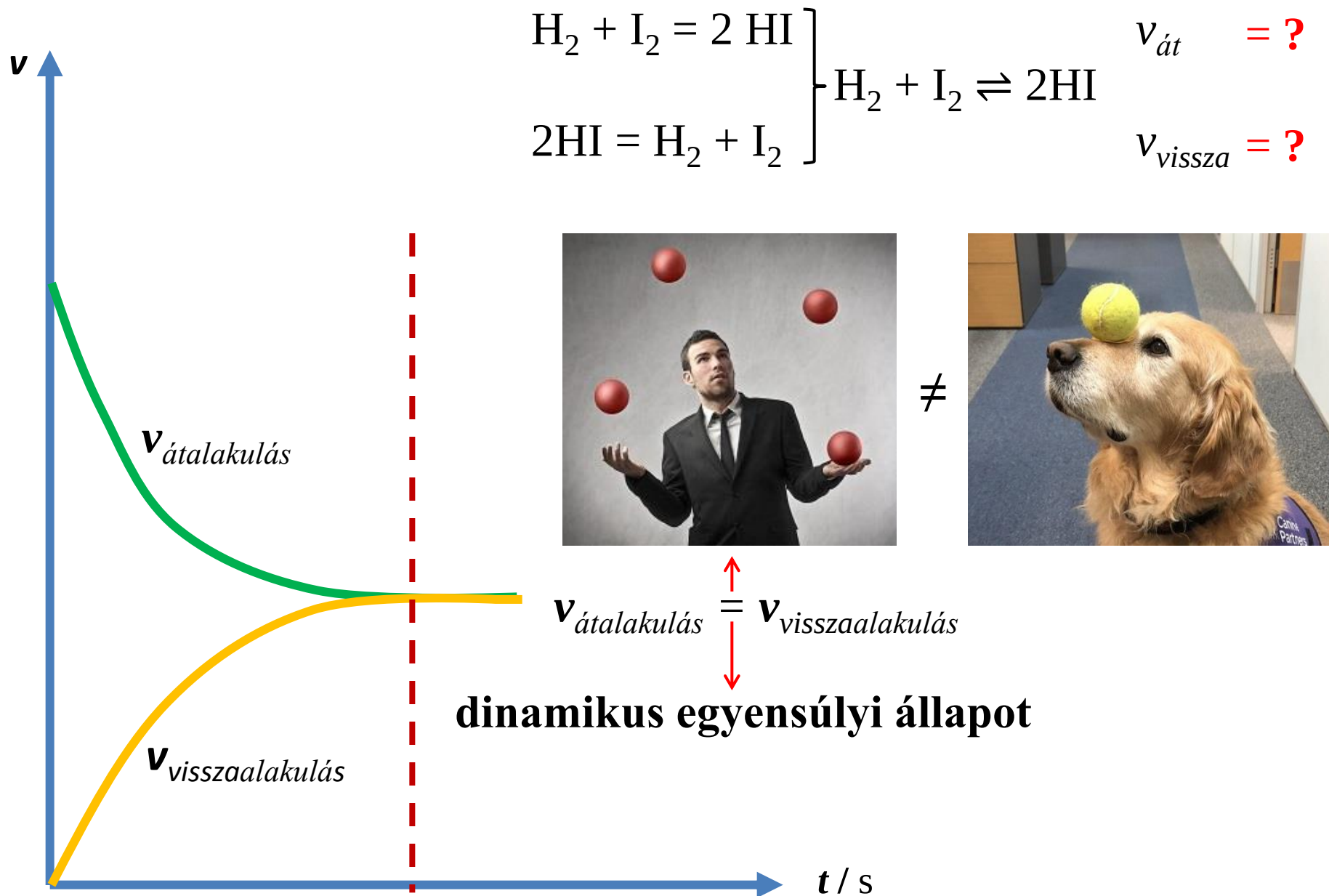
pl. – ?



gyenge sav / bázis + víz



2. A kémiai egyensúly



$$v_{\text{át}} = v_{\text{vissza}}$$

~



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

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

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

↓
KÉMIAI EGYENSÚLYI ÁLLANDÓ

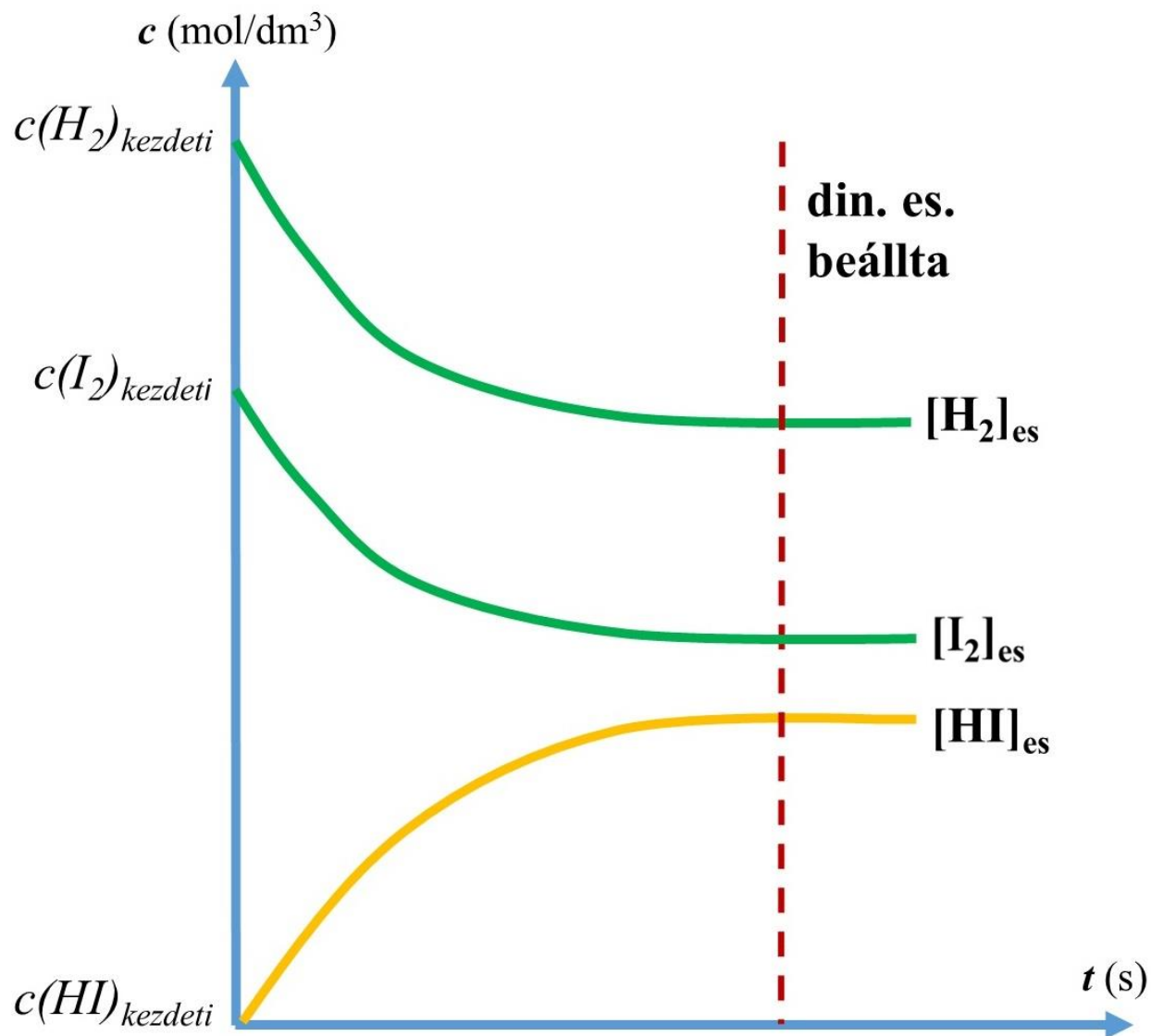
← reakcióra jellemző

← c -től független

← T -től, p -től függ

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



A koncentrációk nem válnak egyenlővé,
hanem kényszerkapcsolatban (K) állnak egymással

1. példacska Egy zárt, 1 dm³-es tartályba 34,0 mmol hidrogéngázt, illetve 29,5 mmol jódgázt töltünk. Ha a tartályt 350 °C-ra melegítjük, akkor a jód 85%-a átalakul. Számítsuk ki az egyensúlyi koncentrációkat és a 350 °C-ra vonatkozó egyensúlyi állandó értékét!



kiind: 0,0340 0,0295 – mol/dm³

↓ · 0,85

átalakulás: –0,0251 ← –0,0251 → · 2 +0,0502

egyensúlyi: 0,0089 0,0044 0,0502

Az es-i koncentrációk:

$$[\text{H}_2] = 0,0089 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{I}_2] = 0,0044 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{HI}] = 0,052 \text{ mol/dm}^3$$

$$K = \frac{[\text{HI}]_{\text{es}}^2}{[\text{I}_2]_{\text{es}} \cdot [\text{H}_2]_{\text{es}}} = \frac{0,0502^2}{0,0089 \cdot 0,0044} = \underline{\underline{64,4}}$$

2. példacska Egy zárt, tartályba hidrogén-, illetve nitrogéngázt töltöttünk, majd a tartályt 300 °C-ra melegítettük. A kialakuló egyensúlyi koncentrációk:

$$[N_2] = 0,075 \text{ mol/dm}^3, [H_2] = 0,050 \text{ mol/dm}^3, [NH_3] = 0,010 \text{ mol/dm}^3$$

Számítsuk ki a 300 °C-ra vonatkozó egyensúlyi állandó értékét!

Határozzuk meg, hogy a kiindulási nitrogénnek, illetve hidrogénnek hány százaléka alakult át!

	$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$			
kiind.	0,08	0,065	–	mol/dm^3
átalak.	–0,005	–0,015	+0,01	
es.	0,075	0,05	0,01	

Diagram details: Blue arrows point from 0,08 to –0,005 and from 0,065 to –0,015. A blue arrow points from +0,01 to 0,01. A blue arrow points from –0,005 to –0,015 with the label ':3'. A blue arrow points from +0,01 to –0,015 with the label '· 3/2'.

$$K = \frac{[NH_3]_{\text{es}}^2}{[N_2]_{\text{es}} \cdot [H_2]_{\text{es}}^3} = \frac{0,01^2}{0,075 \cdot 0,05^3} = \underline{\underline{10,7}}$$

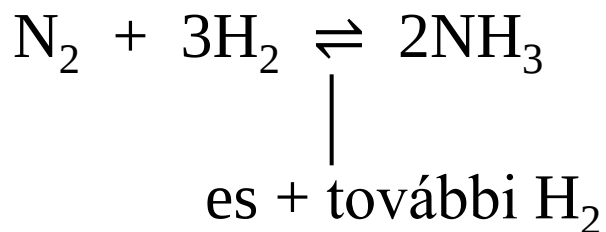
$$\text{N}_2 \text{ átalak.: } \frac{0,005}{0,08} \rightarrow \underline{\underline{6,25\% \text{ N}_2}}$$

$$\text{H}_2: \frac{0,015}{0,065} \rightarrow \underline{\underline{23,1\% \text{ H}_2}}$$

4. Az egyensúly megzavarása

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

a) c-változás



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

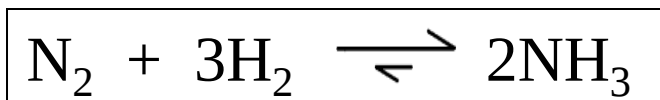
majd: $K > \frac{\dots}{\dots \cdot [\text{H}_2 + x]^3}$

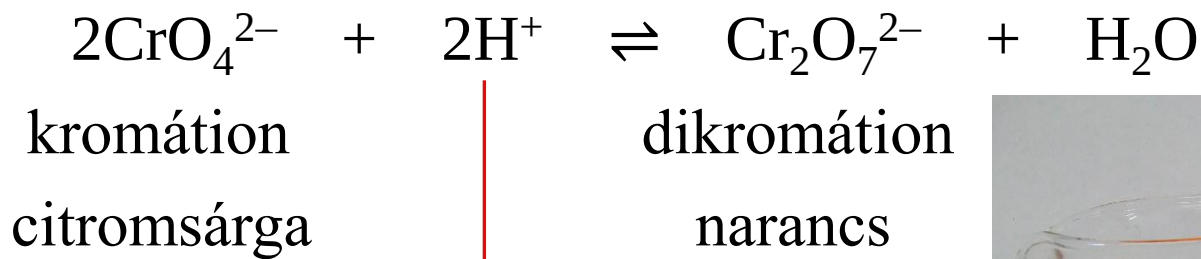
nevező $\uparrow$
tört $\downarrow$



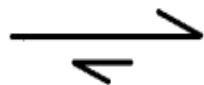
hogy az
egyenlőség
helyreálljon:

$\frac{\uparrow 2}{\downarrow \cdot \downarrow 3}$



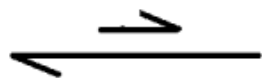
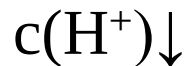
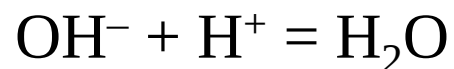


- savat hozzáadva: $c(\text{H}^+) \uparrow$ – ?



narancsszínű oldat

- lúgot hozzáadva – ?



citromsárga oldat



dichromate chromate equilibrium

$$K = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]_{\text{es}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]_{\text{es}}}{[\text{CrO}_4^{2-}]_{\text{es}}^2 \cdot [\text{H}^+]_{\text{es}}^2} = 4,2 \cdot 10^{14}$$

b) T-változás

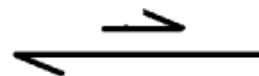


vörösbarna színtelen

70 °C: a gázelegy vörös – ?

melegítés → a rendszer hűlni akar

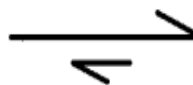
→ az endoterm részfolyamat erősödik föl



0 °C: sokkal halványabb

hűtés → a rendszer melegedni akar

→ az exoterm részfolyamat erősödik föl



2 megjegyzés: – T változik → K is változik

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

↳ jobban nő

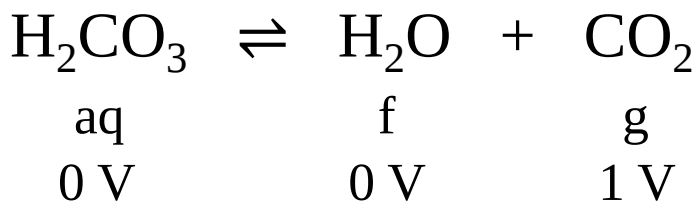
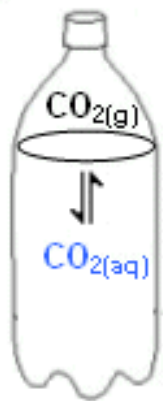


$$K = ? \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{es}}}{[\text{NO}_2]_{\text{es}}^2} = 0,142 \quad (25^\circ\text{C})$$

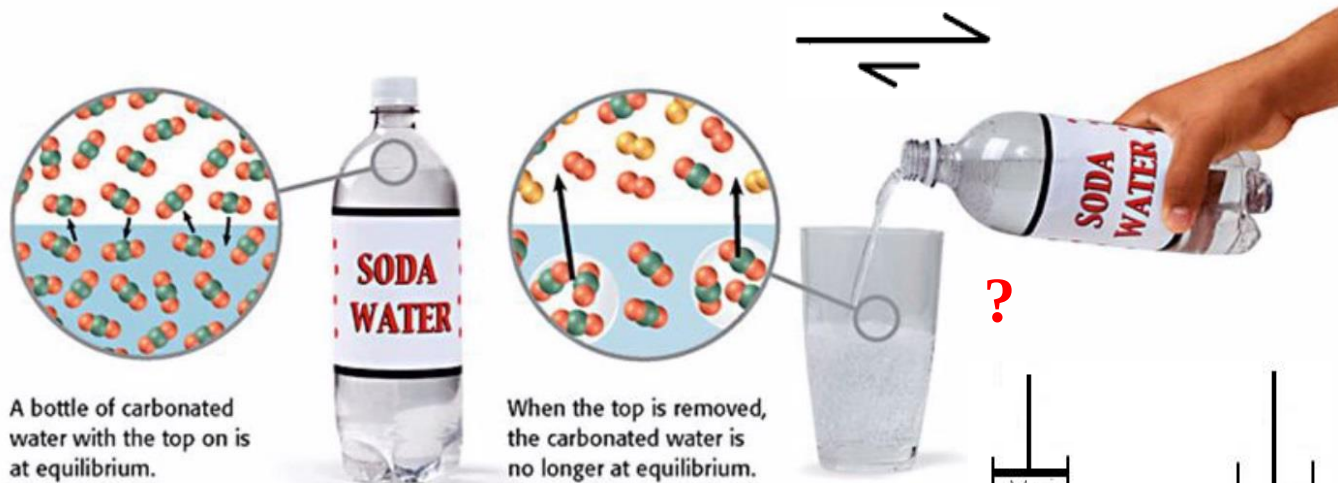
c) p-változás – ha a reakció térfogatváltozással jár

↳ a kondenzált fázisok (sz, f, aq)

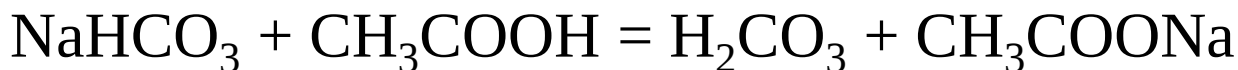
V-a elhanyagolható!



$p \downarrow \rightarrow$ a CO_2 kioldódik,
hogy megnövelje

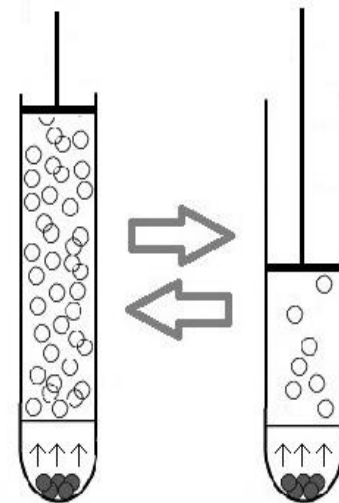


kísérlet:



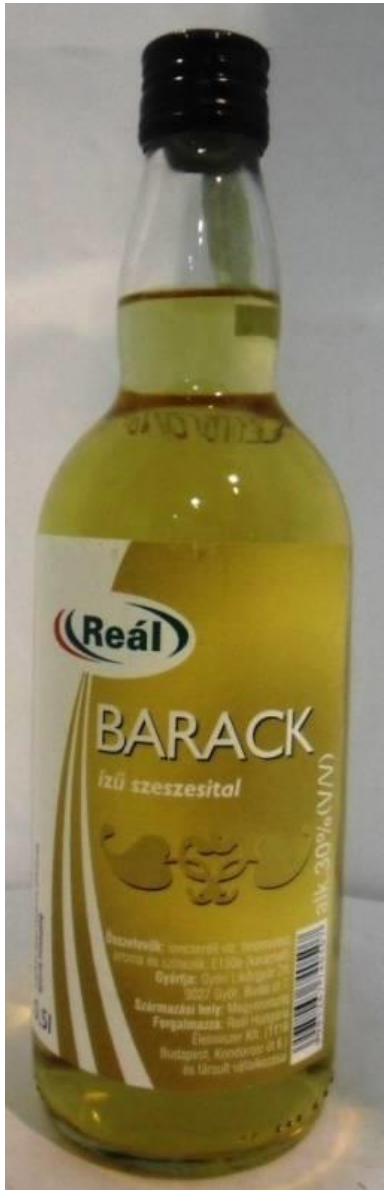
dugattyú kihúzásakor $\rightleftharpoons$

benyomásakor $\leftleftharpoons$

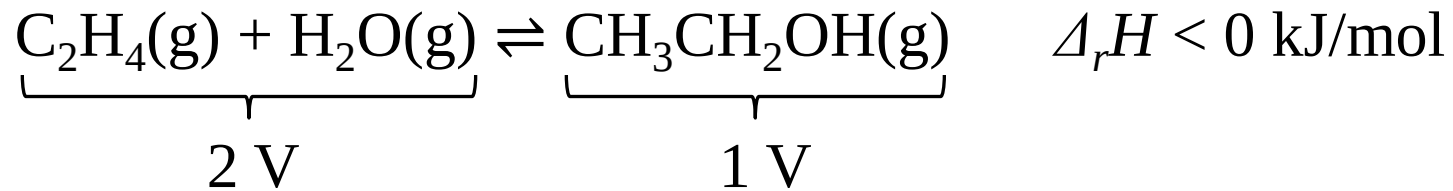
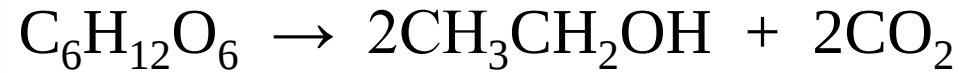


4. A Le Châtelier-Braun-elv ipari alkalmazása

a) alkoholszintézis



természetes úton (erjedés) – ?



ip. eá. célja – ? $\rightleftharpoons$

- vízfelesleg – ? olcsóbb reaktáns $\rightarrow$ gazdaságos
- 7–8 MPa (azaz 70–80 bar) – ?
- 300 °C (mérsékelten magas T) – ?
 - es-nak rossz, de a v miatt kis melegítés szükséges
 - azért is melegíteni kell, hogy $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ legyen
- katalizátor (H_2SO_4) $\rightarrow v_1$ és v_{-1} is megnő
 - └ az egyensúlyt nem befolyásolja
 - └ de hamarabb beáll (ugyanaz az es)



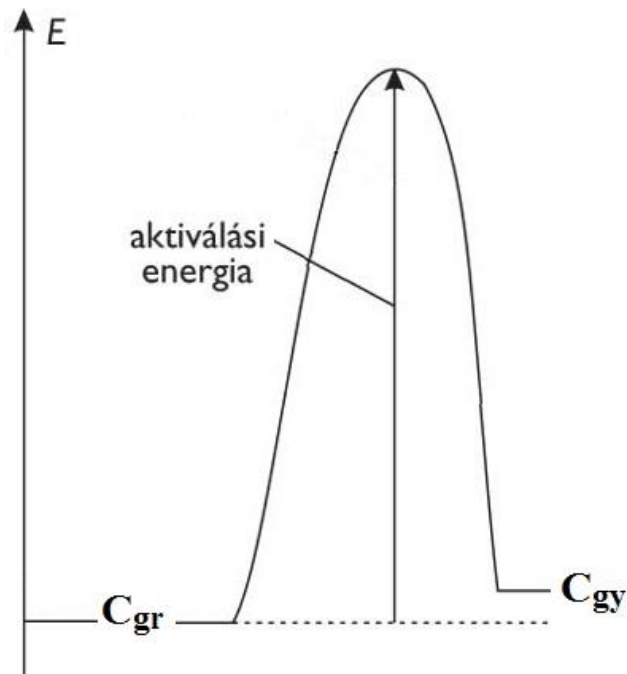
b) mesterséges gyémántgyártás – ?

C_{gr} átkristályosodása igen nagy p -on

$$C_{gr} \rightleftharpoons C_{gy}$$

nagyobb $\rho \rightarrow$ kisebb V_m

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



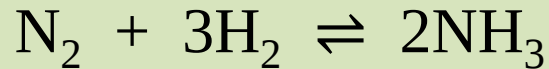
SYNTHETIC NATURAL



fúrófej, csiszolópor stb.
drágakőként használt gyémántok
kb. 2%-a



c) a Haber-Bosch szintézis (20. sz. eleje)



$$\Delta_r H = -92,2 \text{ kJ/mol}$$

körülmények – ?

- igen nagy p (25 MPa)
- mérséketlen magas T (4–500 °C) – ! *es-i / kinetikai szempont kompromisszuma*
- kat. (Fe)

Nem befolyásolja az es-i arányokat!

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

NH₃-gyártás jelentősége – ?

- $\text{HNO}_3 \rightarrow$ pirotechnika
(KNO_3 : salétrom)
- műtrágya (pétisó: NH_4NO_3)

Nitrogénművek Zrt. (Pétfürdő)



Talajjavító növények – nitrogénmegkötés, nitrifikáció

