

kémiaérettségi.hu

Kémiai egyensúlyok

Írta: Durkó Gábor (gabor@kemiaerettsegi.hu)

Sok kémiai reakció nem megy végbe teljes mértékben, a reakció beindulása után bizonyos idő elteltével a kiindulási anyagok és a termékek között egyensúly alakul ki. Ilyenkor azt tapasztaljuk, hogy már nem keletkezik több termék, és a kiindulási anyagok egy része átalakulatlanul marad.

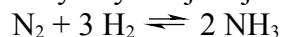
1. Egyensúlyi folyamatok

Ha egy reakció egyensúlyra vezet, ez két dolgot jelent:

(1) A folyamat (ugyanazon körülmények között) az átalakulás és a visszaalakulás irányába is lejátszódik. Pl. az ammóniaszintézis során a keletkező ammónia egy része folyamatosan elbomlik:



Ezt kétirányú nyíllal jelöljük a reakcióegyenletben:



(2) A reakció előrehaladása során idővel a két folyamat sebessége kiegyenlítődik:

$$v_{\text{oda}} = v_{\text{vissza}}$$

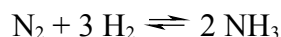
(Pl. az ammóniaszintézis esetén: ugyanannyi ammónia bomlik el, mint amennyi keletkezik.) Amint ez a kiegyenlítődés megtörtént, a reakcióelegyben jelen levő komponensek koncentrációja többé nem változik – beállt az **egyensúly**. Az ekkor mérhető, állandósult koncentrációértékeket nevezzük **egyensúlyi koncentrációknak**. Jelölése: a vegyület nevét szögletes zárójelbe tesszük. Pl.:

$c_0(\text{NH}_3)$ – kiindulási koncentráció

$c(\text{NH}_3)$ – pillanatnyi koncentráció

$[\text{NH}_3]$ – egyensúlyi koncentráció

Az egyensúlyi koncentrációk függenek a **kiindulási koncentrációktól**: más és más kiindulási (bemérési) koncentrációk esetén különböző lesz az egyensúlyi reakcióelegy összetétele. Azonban az egyensúlyi koncentrációk *megfelelő hatványon vett szorzata* állandó (**tömeghatás törvénye**). A megfelelő hatvány: a kérdéses vegyület együtthatója a folyamatot leíró reakcióegyenletben. A termékeket a számlálóba, a kiindulási anyagokat a nevezőbe kell írni. Például az ammóniaszintézis esetén:



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

Ezt az állandót nevezzük **egyensúlyi állandónak (K)**. Mértékegysége a mol/dm^3 megfelelő hatványa: attól függ, hogy az adott folyamatra felírt egyensúlyi állandóban hány komponens szerepel és milyen hatványon. Pl. a fenti folyamat esetén a mértékegység:

$$\frac{\left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^2}{\left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)\left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^3} = \frac{1}{\left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^2} = \frac{\text{dm}^6}{\text{mol}^2}$$

2. Az egyensúlyt befolyásoló tényezők

Az egyensúlyi állandó értéke függ a **hőmérséklettől**, vagyis ha a hőmérsékletet megváltoztatjuk, az

egyensúlyi állandó (és ezzel az egyensúlyi elegy összetétele is) megváltozik.

Egy adott hőmérsékleten létrejött egyensúlyt többféleképpen befolyásolhatunk, eltolhatjuk a termékek vagy a kiindulási anyagok képződésének irányába. A **legkisebb kényszer elve (Le Chatelier–Braun-elv)** szerint az egyensúlyi rendszer az őt érő külső hatásokat tompítani igyekszik (teljesen kompenzálni azonban nem tudja). Így pl. ha *növeljük* a nyomást, az egyensúly a nyomás *csökkenésének* irányába tolódik el; ha *elvonunk* (részlegesen eltávolítunk) egy komponenst a reagáló anyagok közül, akkor a folyamat ezen vegyület *képződésének* irányába fog eltolódni.

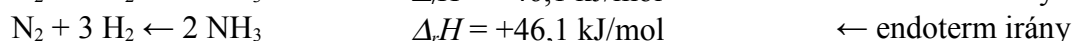
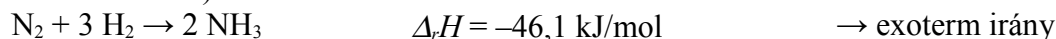
Az egyensúly befolyásolására a következő eszközeink vannak:

- **termék elvonása** a reakcióelegyből: a termékképződés irányába,
- **kiindulási anyag elvonása**: a visszaalakulás irányába,
- a **nyomás növelése** (csak gázequensúlyok esetén): a nyomás csökkenésének irányába tolja el az egyensúlyt. A $pV = nRT$ összefüggés alapján ez (rögzített térfogat és hőmérséklet esetén) úgy lehetséges, ha az összes anyagmennyiség csökken.

Pl. a $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$ folyamatnál 4 molekulából 2 lesz, tehát a nyomás növelésének hatására az ammónia képződésének irányába tolódik el az egyensúlyi folyamat.

A $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ reakciónál azonban 2 molekulából lesz 2 molekula (mind az oda-, mind a visszaalakulás esetén), így a reakció során az összes anyagmennyiség nem változik, ezért ezt az egyensúlyt a nyomás megváltoztatása nem befolyásolja.

- a **hőmérséklet növelése**: az endoterm irányba tolja el az egyensúlyt (a rendszer a közölt hőt igyekszik felhasználni):



Természetesen **az előbbi hatások ellentéte** (termék vagy kiindulási anyag hozzáadása, nyomás vagy hőmérséklet csökkentése) az egyensúlyt pont az ellenkező irányba tolja el.

A **katalizátor** csupán meggyorsítja az egyensúly beállítását, de nem tolja el azt semmilyen irányba.

3. Az átalakulás mértéke

Egyensúlyra vezető reakció esetén az egyensúly kialakulásáig a bemért anyagoknak csupán egy része alakul át. Az egyes vegyületek átalakulásának mértékét a **disszociációfokkal** vagy **átalakulási aránnyal** (α) jellemezzük. Ez a kérdéses vegyület átalakult és kiindulási mennyiségének hányadosa:

$$\alpha = \frac{n_{\text{átalakult}}}{n_{\text{kiindulási}}} \left(= \frac{n_{\text{kiindulási}} - n_{\text{egyensúlyi}}}{n_{\text{kiindulási}}} = 1 - \frac{n_{\text{egyensúlyi}}}{n_{\text{kiindulási}}} \right)$$

Ha az össztérfogat a reakció során nem változik (zárt edényben lejátszódó reakció), koncentrációk hányadosaként is felírható. Értéke 0 és 1 közötti szám, mértékegység nélkül. Százalékos formában is megadható. Természetesen a kiindulási vegyületek disszociációfoka (átalakulási százaléka) más és más lehet (kivéve, ha sztöchiometrikus, vagyis a reakcióegyenlet szerinti arányban mértük össze őket). Az átalakulási százalékot mindenféle reakciónál, a disszociációfok fogalmát inkább csak bomlási (disszociációs) reakciónál célszerű használni. ■