



48. Hőt vesz fel és mégis önként végbemegy



Veszélyességi szint : CSL2

Javasolt kísérleti forma: tanulói kísérlet

Tanulói szint: kezdő

Fogalmak, jelenségek: endoterm oldódás

Gondolkodási képességek:

Anyagcsoportok: [fémek és vegyületeik](#), [alkálifémek és vegyületeik](#), [átmeneti fémek és vegyületeik](#)

Leírása:

Por alakú nátrium-szulfát és kálium-klorid összekeverve jól észlelhetően lehűl (endoterm folyamat). Hasonlóan viselkedik a nátrium-karbonát-dekahidrát és a vas(III)-nitrát-nonahidrát keveréke is.

Anyagok: nátrium-szulfát-dekahidrát ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), kálium-klorid, nátrium-karbonát-dekahidrát ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), vas(III)-nitrát-nonahidrát [$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$].

Eszközök: 2 db 50 cm³-es főzőpohár, hőmérő (lehetőleg digitális), vegyszereskanál, porcelánmozsár, kémcső.

A kísérlet végrehajtása: a) Tegyük a főzőpohárba 2-3 vegyszereskanálnyi kristályos nátrium-szulfátot, és adjunk hozzá ugyanennyi kálium-kloridot. Mérjük meg a kiindulási hőmérsékletet. Keverjük össze az anyagokat, és mérjük közben a keverék hőmérsékletét. Olvassuk le az elért legalacsonyabb hőmérsékletet. **b)** Tegyük a főzőpohárba 2-3 vegyszereskanálnyi kristályos nátrium-karbonátot, és adjunk hozzá ugyanennyi vas(III)-nitrátot. Mérjük meg a kiindulási hőmérsékletet. Keverjük össze az anyagokat, és mérjük közben a keverék hőmérsékletét. Olvassuk le az elért legalacsonyabb hőmérsékletet. Elvégezhetjük a kísérletet egy kémcsőben is. Ebben az esetben betöltjük a kémcsőbe az egyik anyagot és a másikat összekeverés nélkül rátöltjük. Az érintkezési helyen a rendszer azonnal megbarnul a keletkező vas(III)-hidroxid miatt.

Tapasztalat: a) A reakciókeverék kásás állagú lesz. A szobahőmérsékletről indulva kb. 12 °C hőmérséklet-csökkenés várható. Kézzel is jól észlelhető a lehűlés. **b)** A reakciókeverék kásás lesz, és gáz (CO_2) fejlődik. Ha abbahagyjuk a keverést, a gázfejlődés hallhatóvá is válik. A szobahőmérsékletről indulva kb. 20 °C hőmérséklet-csökkenés várható.

Magyarázat: a) A reakció során víz szabadul fel a nátrium-szulfát-dekahidrát kristályrácsából, és ebben oldódnak fel a sók. A rendezett, kristályos szerkezetből a keverék rendezetlen szerkezetűvé válik. Ez a szerkezetváltozás (entrópiánövekedés, azaz a rendezett állapot megszűnése, tehát a rendezetlenség növekedése) az egyébként endoterm (azaz hőelnyelő) folyamat hajtóereje: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}(\text{sz}) + \text{KCl}(\text{sz}) = \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{KCl}(\text{aq}) + 10 \text{H}_2\text{O}(\text{f})$. **b)** A két szilárd, kristályos anyag reakciójának igen nagy a hajtóereje: $3 \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}(\text{sz}) + 2 \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}(\text{sz}) = 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{NaNO}_3(\text{aq}) + 45 \text{H}_2\text{O}(\text{f})$. A keverék rendezett, kristályos szerkezetből rendezetlen szerkezetűvé válik, és ezt az effektust még fokozza az, hogy gáz is fejlődik. Ez a jelentős szerkezetváltozás az egyébként endoterm folyamat hajtóereje. A kristályvíznek fontos szerepe van a reakcióban, ez szabaddá válik a folyamatban, a nátrium-nitrát ebben feloldódik. A folyamat első lépéseként vas-oxid-hidroxid keletkezik, a rosszul oldódó vas(III)-hidroxid csapadékot ad (szuszpendálódik). Ha szükséges, porítsuk el a vegyszereket. A nátrium-szulfát-dekahidrát mindennapi neve [Glauber-só](#), a nátrium-karbonát-dekahidráté [kristálysóda](#). Különösen intenzívek a folyamatok, ha az anyagok sztöchiometrikus arányban vannak: 16,1

g nátrium-szulfát-dekahidrát és 7,9 g kálium-klorid ill. 6,6 g nátrium-karbonát-dekahidrát és 8,0 g vas(III)-nitrát-nonahidrát. A Glauber-só és a kálium-klorid között lejátszódó endoterm reakciónak kémiai történeti jelentősége van. Ezzel a folyamattal mutatta be a Nobel-díjas [van 't Hoff](#) (1852-1911) 1906-ban Bécsben egy előadásában, hogy a Berthelot-féle elv (miszerint a folyamatok az energiaminimum irányában mennek végbe) téves. A nátrium-szulfát-dekahidrát más anyagokkal is ad endoterm folyamatot. Pl. (zárójelben a sztöchiometrikus arány esetén várható hőmérséklet-csökkenés) $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (10 °C), $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (20 °C), $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (20 °C) A nátrium-karbonát-dekahidrát is spontán endoterm reakcióba lép számos más anyaggal: pl. $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (15 °C), NH_4Cl (20 °C), $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (5-10 °C). Hasonlóan endoterm folyamat a kristályos nátrium-karbonát-dekahidrát és a citromsav szilárd fázisú reakciója is. A hőmérséklet csökkenését folyamatosan követhetjük úgy, hogy az egyik diák figyeli a hőmérőt, a másik feljegyzi a mért adatot. Ez kb. 10 percig tart. A diákok egyszerű grafikont is felrajzolhatnak.

Biztonsági tudnivalók és hulladékkezelés: A kísérletben szereplő anyagok nem veszélyesek.

Források: [Riedel, M.; Rózsahegyi, M.; Szalay, L.; Wajand, J.; Szalay, L. \(alkotó szerk.\): Kémiai kísérletek az általános iskolákban. ELTE, Budapest, 2016, 77-79. o., <https://docplayer.hu/17799134-Kemiai-kiserletek-az-altalanos-iskolakban.html>](#)