

10. Égéshő, hőkapacitás, reakcióhő

A különféle fűtőanyagoknál már említettük, hogy nem mindegy, milyen anyaggal fűtünk. Ha egy lábos vizet akarunk felmelegíteni, különböző mennyiségű fára, szénre, olajra vagy földgázra van szükségünk. Mindez természetesen amiatt van, hogy a különféle anyagok égése közben különböző nagyságú energia szabadul fel. Ezt az energiát természetesen Joule-ban mérhetjük.

Jogos kérdés, hogy miként fejezhetjük ki a legjobban az égéshőt. A földgáz égéshője 54 MJ/kg, míg a feketekőszéné csak 38 MJ/kg. Ha viszont nem a tömeghez, hanem a térfogathoz viszonyítunk, a kőszénél az érték 72 MJ/l, a földgáznál csak 10 MJ/l. Ha tehát az a szempont, hogy minél kisebb legyen az üzemanyag tömege, a földgáz a jobb választás, míg ha minél kisebb térfogatból szeretnénk minél nagyobb fűtőértéket kinyerni, akkor a szén a jó választás. Korábban már tanultunk egy olyan mennyiségről, ami segíthet ezt a vitát eldönteni, az anyagok mennyiségét mólból mérjük. Az égéshőt a legpontosabban kJ/mol-ban adhatjuk meg. A szén esetében ez 392 kJ/mol, a földgáznál 949 kJ/mol. **Az égéshő azt mutatja meg, hogy mekkora energia szabadul fel egy mol anyag elégetésekor.**

Persze ha égésről van szó, akkor nem csak az számít, hogy mit égetünk, az sem mindegy, hogy mit próbálunk melegíteni ezzel. Ha alumíniumot és hőálló műanyagot melegítünk egyszerre, magunk is tapasztalhatjuk, hogy az alumínium hőmérséklete sokkal gyorsabban növekszik. Hogyan lehet ez, hiszen ugyanakkora energiát közöltünk velük? A különbség oka a két anyag eltérő szerkezetében van, míg a belső energiájuk ugyanúgy növekedett, a hőmérsékletük különböző sebességgel változott. Ezt a különbséget a **moláris hőkapacitás** mutatja meg nekünk (a hőkapacitás jele c). A moláris hőkapacitás azt mutatja meg, hogy mennyi energia kell ahhoz, hogy egy adott anyag egy móljának hőmérsékletét egy fokkal növeljük. A gyakorlatban a moláris hőkapacitás helyett gyakran inkább a fajlagos hőkapacitást használjuk, ami nem egy mól, hanem egy kg anyagra vonatkozik. A víz moláris hőkapacitása 75 J/mol*K, fajlagos hőkapacitása 4183 kJ/kg*K.

Térjünk még vissza az égéshőhöz! Mit is tanultunk az égésről, az nem más mint oxigénnel történő egyesülés. Valójában egy kémiai reakció játszódik le, melynek során az adott anyag reagál az oxigén molekulákkal. A szén elégetésekor ennek végterméke szén-dioxid, a földgáz esetében szén-dioxid és víz. Az égéshő az az energia, ami felszabadul a reakció során. Nem csak az égéshez rendelkezünk ilyen energiameennyiséget, hanem bármilyen kémiai folyamathoz, reakcióhoz, ezt nevezik **reakcióhőnek**. Ezt a mennyiséget mindig a rendszer szempontjából nézzük, ha tehát az érték pozitív, az azt jelenti, hogy a rendszer energiája nő, tehát hőt vesz fel a környezetéből, míg a negatív érték esetében a rendszer energiája csökken, vagyis hőt ad le. Ha a reakcióhő pozitív a környezet hőmérséklete csökken, a reakció tehát **hőcsökkentő** azaz **endoterm**. A negatív reakcióhő esetében a leadott energia növeli a környezet energiáját, a folyamat tehát **hőnövelő** vagyis **exoterm**.

Az egyes vegyületeket előállíthatjuk elemeikből, az ilyen reakciók reakcióhőjét nevezzük az egyes vegyületek **képződéshőjének**. A képződéshő azt mutatja meg, milyen energiaváltozással jár egy anyag egy móljának előállítása elemeiből. Az elemek legstabilabb változatának képződéshőjét 0-nak vesszük és ehhez viszonyítva adjuk meg a vegyületek képződéshőjét.

Feladatok

1. Elégetünk 5 l földgázt hány kilogramm 25 Celsius fokos vizet tudunk ezzel felforralni? (a földgáz égéshője 10 MJ/l, a víz fajlagos hőkapacitása 4183 kJ/kg*K)
2. A benzin égéshője 47,3 MJ/kg, a gázolajé 44,8 MJ/kg, melyiket lehet hatékonyabban használni?
3. Mennyi energia szabadul fel 2,8 kg propán-bután gázkeverék elégetésekor, hány kg fa elégetésének felel ez meg? (a propán-bután égéshője 50 MJ/kg, a fa égéshője 15 MJ/kg)

4. Melyik gáz jobb a hőszigetelésre az ammónia vagy az oxigén? (ammónia $c=80 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, oxigén $c=29 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

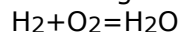
égéshő, reakcióhő, képződéshő, hőkapacitás, exoterm, endoterm

11. Kémiai reakciók

A kémiai reakciók során az olyan változáson megy keresztül, amiben az atommag szerkezete nem változik. A kémiai reakciókra tehát igaz a tömeg és az energia megmaradás törvénye, a reakció során tehát a teljes rendszernek sem az tömege, sem az energiája nem változik. A kémiai reakcióknak egy típusát már tanultuk hetedik osztályban, amikor a vízről volt szó. Ezek voltak a sav-bázis reakciók, melynek során protonok vándoroltak az egyes részecskék között. A kémiai folyamatok másik típusában nem protonok, hanem elektronok cserélnek gazdát, ezeket nevezzük **redoxireakció**knak. A redoxireakció az, amiben egyes anyagok elektron vesznek fel, mások elektront adnak le.

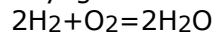
Az elektron leadását nevezzük **oxidációnak**, az elektron felvétele a **redukció**. (Innen jön a folyamat neve is, az egyik anyag redukálódik, a másik oxidálódik, ezért nevezzük redoxifolyamatnak az illetet.) Az egyes anyagok legkülső elektronhéjukra felvehetnek elektronokat, vagy leadhatnak onnan, így elektron többlettel vagy elektron hiánnyal rendelkezhetnek. Egy adott elem állapotát, hogy éppen elektron többlete vagy hiánya van-e az **oxidációs szám** mutatja meg. Ahány elektront felvett az atom annyival növekszik az oxidációs száma, amennyit leadott, annyival csökken. Az elemek oxidációs száma természetesen 0. A vízben a hidrogén oxidációs száma +1, hiszen a kötés ugyan kovalens, de az oxigén sokkal erősebben vonzza az elektront. Az oxigén oxidációs száma ugyanebben a molekulában -2. Az egyes elemek számára léteznek stabil és kevésbé stabil oxidációs számok. Az oxigénnek ilyen a -2, de a króm például a +4, +6 és +7 oxidációs számmal is előfordulhat vegyületekben.

A kémiai folyamatokat legjobban kémiai egyenletekkel írhatjuk le. Egy kémiai egyenlet egyik oldalán a kiindulási anyagok képletei szerepelnek, míg a másikon a termékeké. Ha durranógázt robbantunk, akkor a következő reakció játszódik le:

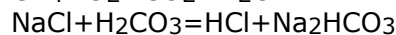
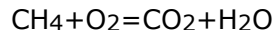
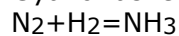


Ha ránézünk, láthatjuk, hogy valami nincsen rendben ezzel az egyenlettel! Az egyik oldalon két oxigén szerepel, a másikon meg csak egy! Mi lesz így az anyagmegmaradással?

Rendeznünk kell az egyenletet úgy, hogy az anyagmennyiségek megegyezzenek a kiindulási anyagok és a termékek között. A helyes egyenlet:



Gyakorlásként próbáljuk meg rendezni az alábbi egyenleteket:



Az egyenletek rendezésénél meg kell találnunk, hogy milyen arányban kell a kiindulási anyagokat kevernünk ahhoz, hogy azok teljesen átalakuljanak terméké.

Ha ismerjük, hogy egyes elemek milyen oxidációs számok mellett stabilak, azt is meg tudjuk mondani, hogy a reakciójuknak mi lesz az eredménye. A klór például -1-es oxidációs számnál a legstabilabb, a kalcium +2-nél, megjósolható tehát, hogy reakciójuk terméke a CaCl_2 .

Vajon mi lehet az eredménye a reakcióknak és mik a pontos reakcióegyenletek?

1. $\text{Si} + \text{O}$ (oxidációs számok: Si: +4, O: -2)
2. $\text{Na} + \text{O}$ (oxidációs számok: Na: +1, O: -2)
3. $\text{C} + \text{Cl}$ (oxidációs számok: C: +4, Cl: -1)

4. Fe+O (oxidációs számok: Fe:+3, O:-2)

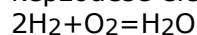
Az egyes reakciók esetében a reakciót kísérő energiaváltozás kiszámolható a vég- és a kiindulási termékek képződéshőjének különbségéből. Ez független attól, hogy a reakció milyen úton ment végbe. Ha a reakcióhő pozitív, minden esetben valamilyen energiabevitelre van szükség ahhoz, hogy a reakció egyáltalán lejátszódjon.

Számoljuk ki az etilalkohol és az etán égésének reakcióhőjét! Az égés végterméke mindkét esetben szén-dioxid és víz. A szükséges adatok a képződéshők: CO₂ : -393 kJ/mol, H₂O: -241 kJ/mol, etán: -83,85 kJ/mol, etilalkohol: -277 kJ/mol.

12. Katalízis, energiagát, egyensúlyi folyamatok

Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy ha egy reakció hője negatív, vagyis a termékek alacsonyabb energiaszinten vannak, mint a kiindulási anyagok, miért nem játszódik le magától a reakció? Az alumínium és jód hevesen reagálnak egymással, mégis össze tudtuk keverni a két anyagot és a reakció csak akkor indult meg, amikor egy csepp vizet adtunk hozzá. Hogyan lehetséges, hogy az anyagok nem a lehetséges legalacsonyabb energiaszinten vannak?

Egy pillanatra próbáljuk meg a részecskék szintjén elképzelni, hogy mi szükséges ahhoz, hogy egy reakció végbe menjen! Vegyünk egy egyszerű folyamatot, legyen ez a víz képződése elemeiből!



Mi mindennek kell megtörténnie a két gáz keverékében ahhoz, hogy ez a reakció létrejöhessen? Először is a két molekulának találkozni kell. Már ez sem feltétlenül egyszerű, ha belegondolunk, milyen sok az üres tér a gázok között. Ezután szükség van arra, hogy a hidrogén és az oxigén molekulák kötése felbomoljon, majd arra, hogy kialakuljanak az új kötések. Mindez energiát igényel. Ahhoz tehát, hogy a reakció lejátszódjon először energiabefektetésre van szükség. Ezt nevezik a reakciók esetében **energiagátnak** vagy **aktiválási energiának**.

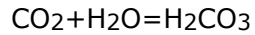
Gyakran a kiindulási anyagok ütközésének energiája is elég ahhoz, hogy ezt az energiát biztosítsa, ilyenkor spontán módon is lejátszódik a reakció. Természetesen, minél gyorsabban mozognak a részecskék, annál nagyobb az ütközések energiája, tehát a magasabb hőmérsékleten a legtöbb reakció könnyebben indul be. A részecskék sebességét az is növeli, ha oldott formában vannak.

Amennyiben a reakció exoterm, vagyis energiát ad le, a leadott energia elegendő lehet ahhoz, hogy más részecskék számára biztosítsa az energiát átlépését. Jól látható, hogy ebben az esetben láncreakció játszódik le. Minél nagyobb a felszabaduló energia, annál hevesebben, fény és hangjelenségek kíséretében mehet végbe a reakció.

Vannak olyan esetek, amikor a reakció több módon is végbemehet és ezek az utak különböznek abban, hogy mekkora a szükséges aktiválási energia. A platina fém például oldja a hidrogéngázt, de nem molekula formájában, hanem atomokra bontva. Ez természetesen nagy előny lehet bármilyen olyan reakciónál, amiben hidrogén reagál, hiszen nem kell külön energiát fordítani a hidrogénmolekula kötéseinek felbontására. Érezhető az is, hogy a platina nem vesz részt a reakcióban, önmaga nem változik meg, mégis azt tapasztaljuk majd, hogy platina jelenlétében a reakció sokkal gyorsabban megy végbe. Azt az anyagot, amelyik a reakció végén változatlan formában nyerhető vissza, ám jelentősen meggyorsítja a reakció végbemenetelét, csökkenti a szükséges aktiválási energiát **katalizátornak** nevezzük. A vegyiparban nagyon fontosak a katalizátorok, de az élőlényekben lejátszódó kémiai folyamatokhoz is nélkülözhetetlenek, a biológiai katalizátorokat nevezzük enzimnek.

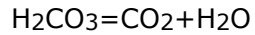
Minden reakciónak van tehát egy adott sebessége, amivel az adott reakció lejátszódik. Ha

Szén-dioxidot oldunk vízben, az szénsav formájában oldódik.

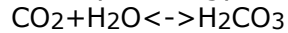


Ennek a reakciónak a sebessége függ attól, hogy milyen energiájúak a kiindulási anyagok (mekkora a belső energiájuk) és hogy milyen nagy számban vannak jelen. Ha sok a szén-dioxid, akkor nagyobb a valószínűsége annak, hogy a megfelelő energiájú részecskék találkoznak.

A szénsav azonban könnyen el is bomlik, a következő reakcióban:



Ennek a reakciónak a sebessége is függ a hőmérséklettől és szénsav koncentrációjától. A két folyamat egyszerre játszódik le, összesítve így ábrázolhatjuk:



Láthatjuk, hogy van olyan állapot, amikor egy adott idő alatt ugyanannyi szén-dioxid alakul át szénsavvá, mint amennyi el is bomlik. Ekkor a rendszer egyensúlyban van. Az olyan reakciókat, amik mindkét irányba lejátszódnak és valamiféle egyensúlyra vezetnek nevezük **egyensúlyi folyamat**nak. Az egyensúlyban a kiindulási- és a végtermékek mennyisége nem változik az időben, beáll az egyensúlyi koncentráció.

Mi történik akkor, ha egy egyensúlyban levő rendszeren változtatunk? Képzeld el, hogy a fenti folyamatnál a képződő szén-dioxidot elvezetjük. Ekkor a szénsavvá alakulás sebessége csökkenni fog, hiszen csökken a szén-dioxid koncentráció, azt tapasztaljuk, hogy az egyensúly eltolódik a szénsav bomlásának irányába. Ha egy egyensúlyi folyamat egyik irányba exoterm, a másikba endoterm, majd növeljük a rendszer hőmérsékletét, akkor természetesen gyorsulni fog az a folyamat, amihez hőbefektetésre van szükség, vagyis a folyamat az endoterm irányba tolódik el. Az egyensúlyi folyamatokra igaz tehát a Le Chatelier-Braun elv, ami szerint: **ha egy egyensúlyban levő rendszert megváltoztatunk, a rendszer úgy változik, hogy csökkentse a külső hatás mértékét.** Ezt a szabályt nagyon sokat használják a vegyiparban, hiszen segítségével képesek vagyunk befolyásolni a reakciók irányát.