

Termokémián alapuló számolási vegyes feladatok (emelt szint)

Elméleti bevezető (saját tankönyvem a 12. fejezete alapján)

A bevezetőben, röviden és tömören összefoglalom azt, ami kell ennél a témakörnél a számolási példák megoldásához. Bővebben az elméleti anyagom 12. fejezete, azaz a Termokémia fejezet írja le.

Fizikai/kémiai folyamatok csoportosítása hőváltozás szerint

Amikor különböző anyagok egymással reakcióba lépnek, akkor az anyagokban lévő kötések egy része, vagy akár összessége felszakad, és új kötések jönnek létre. Ez energiaváltozással (hőváltozással) jár. A kémiai folyamatok során bekövetkező energiaváltozással a termokémia foglalkozik.

Egy folyamat a rendszer szempontjából lehet energia nyereséges és energia veszteséges. A rendszer ugyebár maga az adott kémiai/fizikai folyamat, mind más környezetnek számít (Te is, hacsak nem épp Te vagy maga a reakció ☺).

Ha egy adott folyamat során a rendszer belső energiája csökken, akkor a rendszer a környezetnek energiát ad át és ez a rendszernek energia szempontjából veszteséges folyamat. Az ilyen folyamatokat exoterm folyamatoknak nevezzük és értékük negatív előjelű, úgy is szokták a feladatok szövegei emlegetni őket, hogy felszabaduló hő (tehát a felszabaduló hő EXOTERM, azaz NEGATÍV ELŐJELŰ, soha el ne rontsd, mert akkor kuka a feladat).

Ha a rendszer kap energiát a környezettől, akkor az adott folyamat a rendszer szempontjából energia nyereséges, pozitív előjelű és endoterm folyamatnak nevezzük. Ebben az esetben a rendszer belső energiája nő. A feladatok szövegei úgy is szokták őket emlegetni, hogy elnyelődő hő (tehát az elnyelődő hő ENDOTERM, azaz POZITÍV ELŐJELŰ, természetesen ezt se rontsuk el, mert akkor para van).

Reakcióhő

Egy adott folyamat során bekövetkező hőváltozást a reakcióhővel lehet jellemezni. **A reakcióhő, azaz az energia, amely akkor szabadul fel, vagy nyelődik el, amikor a reakcióegyenletben feltüntetett minőségű és mennyiségű anyagok egymással reakcióba lépnek. Jele $\Delta_r H$, mértékegysége kJ/mol, bármilyen előjelű lehet.** Tehát a reakcióhő függ a mennyiségtől és anyagi minőségtől. Önmagában egy reakcióhő érték semmit nem ér, mindenképp fel kell tüntetnünk az adott reakció egyenletét is (az anyagok halmazállapotával), amire kiszámoltuk, mert nem mindegy, hogy milyen sztöchiometriai együtthatókkal írjuk fel az egyenletet, illetve az sem mindegy, hogy milyen halmazállapotú anyagok reagálnak, illetve képződnek, ugyanis a különböző halmazállapotok esetében különböző az energiatartalom. Víz képződési folyamatán nézzük meg, hogy miért számít a reakcióegyenlet feltüntetése:



Jól látható, hogy a két reakció teljesen ugyanaz, egy dolgot kivéve. Az első reakció terméke vízgőz, a másodiké pedig folyékony víz. A két reakció között 88 kJ/mol energiakülönbség van. Ez a különbség a gáz- és folyékony halmazállapot közötti átalakulást kísérő energiaváltozás, vagyis a vízgőz lecsapódása során felszabaduló energia.



A sztöchiometriai együtthatókat megváltoztatva a következőt látjuk:



A reakcióban szereplő anyagok minősége és halmazállapota megegyezik, azonban az egyik reakció 1 mól víz képződésére van felírva, a másik pedig 2 mól víz képződésére. A „reakcióegyenletet tehát „elfeleztük”, így a megfelelő egyenlethez tartozó reakcióhő is a

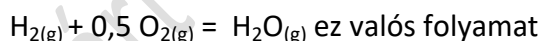
felére csökkent. Most már jól látható, hogy miért kell mindig feltüntetni a reakcióhő mellé az adott folyamat egyenletét (benne a halmazállapotokkal).

Képződéshő

Praktikus volna termokémiai szempontból ismerni, jellemezni a különböző anyagokat. Az energia azonban minden esetben relatív mennyiség: abszolút energiának nincs értelme, csak valamihez viszonyított energiának. Például egy hasonlat, mely segít megérteni miért: hasonlóan a földrajzi magassághoz, ahol a tengerszint a skála nulla pontja, de akár más is lehetne (pl. Budapest magassága), ez csak megállapodás kérdése. Szükséges volt tehát egy olyan mennyiség bevezetése, mely definíció szerint rögzíti az anyagokat egy képzeletbeli energiaskála egyes fokain. Más-más anyagoknak más-más energiatartalmuk van. Ezt a mennyiséget képződéshőnek nevezzük.

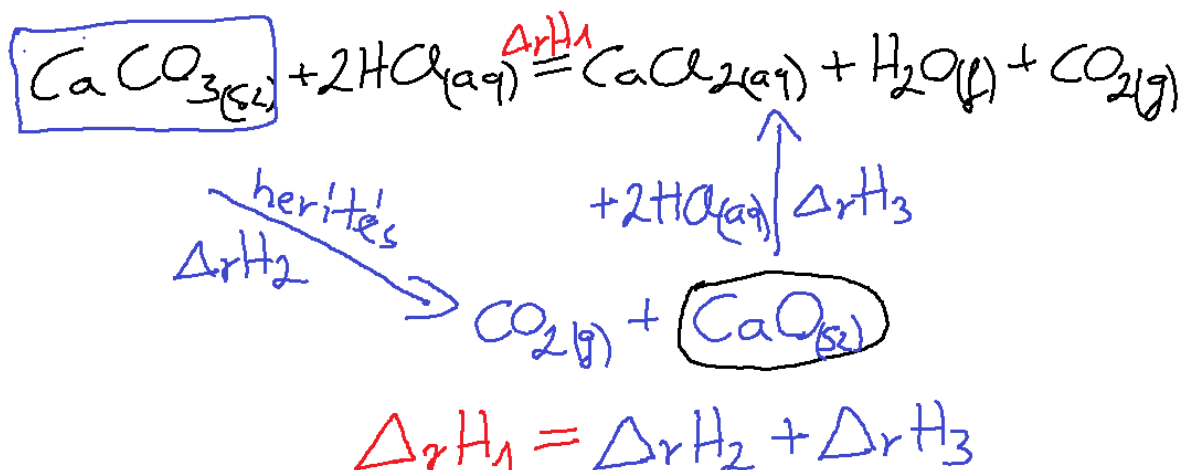
A képződéshő annak a reakciónak a reakcióhője, amelyben az adott vegyület egy mólját standard állapotú stabil elemeiből állítják elő. jele: $\Delta_f H$, mértékegysége kJ/mol.

A képződéshő tehát egy reakcióhő, mely reakcióhőhöz tartozó termokémiai egyenlet a fenti definíció szerint meghatározott. Adott vegyület képződéshője tehát megegyezik annak a reakciónak a reakcióhőjével, melyben a kérdéses vegyület 1 mólja standard állapotban stabilis elemeiből létrejön. A képződéshői reakcióegyenletek lehetnek valós, illetve fiktív folyamatokat leíró egyenletek. Valós például a víz képződéshői reakcióegyenlete, ugyanis oxigén és hidrogén reakciója lévén tényleg víz lesz. Fiktív például a glükóz képződéshői reakcióegyenlete. Könnyen belátható, hogy szén, hidrogén és oxigén összekeverése lévén bizony nem fogunk glükózt kapni:

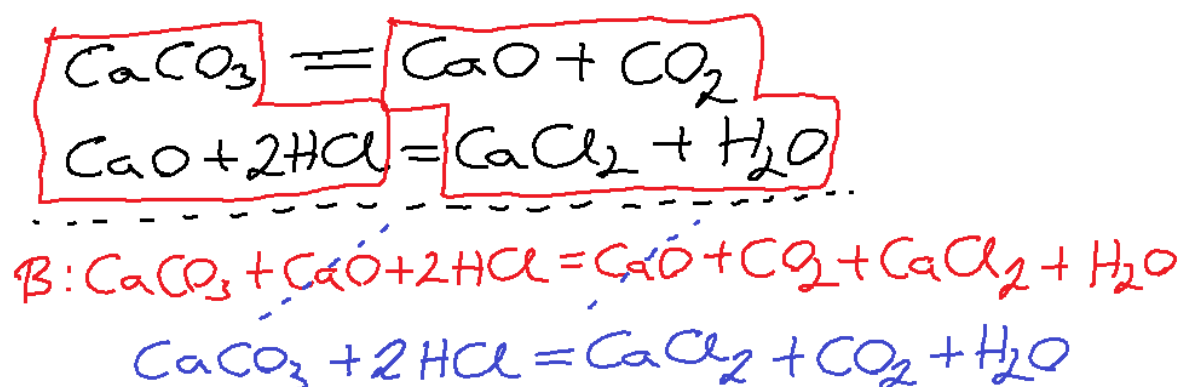


Hess-tétele

Hess-tétele kimondja, hogy egy reakció során bekövetkező hőváltozás csakis a folyamat kiindulási és végállapotától függ. Nézzünk egy példát:



A fenti folyamatábrán jól látszik, hogy teljesen mindegy, hogy egy mol kalcium-karbonátot egyből feloldunk sósavban, vagy először kihevítjük és utána a keletkező kalcium-oxidot oldjuk fel sósavban, hiszen mind a két folyamat során pontosan ugyanazok az anyagok keletkeznek ugyanolyan mennyiségben. Másképp fogalmazva, ugyanakkora hőváltozás tapasztalható a kalcium-karbonát sósavban való oldása során, mint a kalcium-karbonát hevítése és a keletkező fém-oxid savban való oldása során együttesen. Amúgy, ha rendesen leírjuk a reakcióegyenleteket, akkor jól látszik, hogy a keletkező kalcium-oxid nem is lényeges:



A két egyenletet összevonva megkapjuk az eredeti első egyenletet.

Érettségi feladatok (megoldások a feladatsor után)

É/1 2009 október 9. Számítási feladat (13 pont)

Egy standard nyomású, 25,0 °C-os gázelegy etánt és egy szintén két szénatomos amint tartalmaz.

A gázelegy a brómos vizet nem színteleníti el, sósavba vezetve viszont térfogatának 60,00%-a elnyelődik. A gázelegy 10,00 dm³-ét oxigéngázban tökéletesen elégetve 671,3 kJ hő szabadul fel. (A forró füstgáz szén-dioxidot, vízgőzt, nitrogént és oxigént tartalmaz.)

Képződéshő adatok: $\Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})) = -84,6 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_k H(\text{CO}_2(\text{g})) = -394,0 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -286,0 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_k H((\text{CH}_3)_2\text{NH}(\text{g})) = -46,7 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_k H(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2(\text{g})) = -87,4 \text{ kJ/mol}$

a) Határozza meg a kiindulási gázelegy térfogatszázalékos összetételét!

b) Számítsa ki az etán, majd a kísérlet adataiból az ismeretlen amin égetésének reakcióhőjét!

c) A rendelkezésre álló adatok segítségével, az ismeretlen képződéshőjének kiszámításával azonosítsa az ismeretlen gázt és adja meg a nevét!

É/2 2010 május 8. Számítási feladat (12 pont)

Az iparban az acetilént a metán 1200 °C-on történő hőbontásával gyártják. A folyamathoz szükséges hőt a metán tökéletes égetésével biztosítják.

a) Írja fel a metán hőbontásának, illetve égetésének termokémiai reakcióegyenletét, majd számítsa ki a reakcióhőket (a metán égésénél vízgőz keletkezik)!

A képződéshők: $\Delta_k H(\text{CO}_2(\text{g})) = -394 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -242 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_k H(\text{CH}_4(\text{g})) = -74,9 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})) = +227 \text{ kJ/mol}$

b) Hány m³ 25 °C-os, standard nyomású metánra van szükségünk 25,0 mol acetilén előállításához, ha a metán égetésénél felszabaduló hőnek csupán 60,0%-át tudjuk a hőbontás során hasznosítani? (Tekintsük úgy, hogy a metán hőbontása egyirányban, 100%-os átalakulással megy végbe!)

c) Hány m³ térfogatot töltene ki a kapott acetilén az előállítás hőmérsékletén? (A nyomást tekintsük 101 kPa-nak!)

É/3 2010 október 8. Számítási feladat (8 pont)

Kálium-kloridból (KCl) és nátrium-kloridból (NaCl) álló porkeverék 3,00:1,00 anyagmenynyiség- arányú összetételét vizsgáljuk. Az alábbi adatokat ismerjük:

$$\Delta_{\text{oldáshő}}H(\text{KCl}) = +18,3 \text{ kJ/mol}, \Delta_{\text{oldáshő}}H(\text{NaCl}) = +4,20 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_{\text{k}}H(\text{Cl}^-_{(\text{aq})}) = -168 \text{ kJ/mol}; \Delta_{\text{k}}H(\text{Ag}^+_{(\text{aq})}) = +106 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_{\text{k}}H(\text{AgCl}_{(\text{sz})}) = -127 \text{ kJ/mol};$$

a) Számítsa ki a porkeverék oldáshőjét!

b) 10,0 g porkeveréket vízben oldunk, majd az oldatból AgNO₃ vizes oldatával az összes kloridiont csapadék formájában leválasztjuk. Írja fel a csapadékképződés ionegyenletét! Számítsa ki a csapadékképződés reakcióhőjét! Számítsa ki a 10,0 g porkeverék oldódását és a csapadékképződést kísérő összes hőmennyiséget, ha feltételezzük, hogy a két oldat keveredése nem jár hőmennyiség-változással

É/4 2011 május (1112) 8. Számítási feladat (11 pont)

A háztartásokban használt fűtőgáz metánt, etánt és szén-dioxidot tartalmaz. Egy kisebb lakás fűtésére átlagosan 1,96 m³ fűtőgáz fogy el naponta (25,0 °C, standard nyomás). Ezalatt 6,606*10⁴ kJ energia szabadul fel, és összesen 2,156 m³ 25,0 °C-os, standard nyomású széndioxid jut ki a légtérbe.

$$\Delta_{\text{k}}H(\text{CH}_{4(\text{g})}) = -74,9 \text{ kJ/mol}, \Delta_{\text{k}}H(\text{C}_2\text{H}_{6(\text{g})}) = -83,4 \text{ kJ/mol}, \Delta_{\text{k}}H(\text{CO}_{2(\text{g})}) = -394 \text{ kJ/mol},$$

$$\Delta_{\text{k}}H(\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}) = -242 \text{ kJ/mol}$$

a) Írja fel a fenti gáz égésekor lejátszódó folyamatok reakcióegyenletét!

b) Számítsa ki a metán és az etán égéshőjét a megadott adatok alapján!

c) Számítsa ki a feladatban szereplő fűtőgáz térfogat%-os összetételét!

É/5 2013 május (1011) 8. Számítási feladat (8 pont)

A 2,2,3,3-tetrametilbután képződéshőjének megállapítására 1,00 g szénhidrogént tökéletesen elégetünk. A mérések szerint 48,25 kJ hő szabadul fel. A folyamat során cseppfolyós víz képződik.

Írja fel a vegyület égésének reakcióegyenletét, számítsa ki a reakcióhőt, majd a vegyület képződéshőjét!

$$\Delta_{\text{k}}H(\text{CO}_{2(\text{g})}) = -394 \text{ kJ/mol}, \Delta_{\text{k}}H(\text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

É/6 2016 május (1612) 6. Számítási feladat (9 pont)

Egy kisebb lakás fűtésére havonta átlagosan 2500 MJ energia szükséges.

$$\Delta_k H[\text{H}_2\text{O}_{(f)}] = -286,0 \text{ kJ/mol}, \Delta_k H[\text{CO}_{2(g)}] = -394,0 \text{ kJ/mol}, \Delta_k H[\text{bután}_{(g)}] = -126,0 \text{ kJ/mol};$$

$$\text{Ar}(\text{H}) = 1,000, \text{Ar}(\text{C}) = 12,00$$

a) Hány kg szén, illetve bután elégetésével szabadul fel ekkora hőmennyiség?

b) Hány m³ 25,00 °C-os, standard légköri nyomású szén-dioxid jut az egyik, illetve a másik esetben a levegőbe?

c) Melyik esetben jut több szén-dioxid a levegőbe és ez hányszorosa a másik esetben keletkező szén-dioxidnak?

É/7 2015 május 7 (1513). Számítási feladat (14 pont)

Mészégetéskor a mészkőporhoz dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) is keveredett. Az így képződött „égetett mész” tehát magnézium-oxidot is tartalmaz. Annak eldöntésére, hogy mennyi dolomit keveredett a mészkőhöz, az égetett mész kis mintáját feleslegben vett sósavban oldották, és megmérték, mennyi hő fejlődött eközben.

A mérések szerint 2,50 g porkeverék oldása közben 8,70 kJ hő szabadult fel.

A következő képződéshő-adatokat ismerjük:

$$\Delta_k H(\text{CaO}_{(sz)}) = -636 \text{ kJ/mol}; \Delta_k H(\text{MgO}_{(sz)}) = -602 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_k H(\text{Ca}^{2+}_{(aq)}) = -543 \text{ kJ/mol}; \Delta_k H(\text{Mg}^{2+}_{(aq)}) = -462 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_k H(\text{H}^{+}_{(aq)}) = 0,00 \text{ kJ/mol}; \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}_{(f)}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

a) Írja fel a CaO – MgO porkeverék két komponense sósavban való oldásának ioneqyenletét, és számítsa ki a reakcióhőket!

b) Számítsa ki a porkeveréket alkotó két oxid anyagmennyiségének arányát!

c) Számítsa ki, hány tömegszázalék dolomit volt a mészkő-dolomit porkeverékben!

É/8 2015 október 8. Számítási feladat (10 pont)

A buta-1,3-dién hidrogénnel történő telítésének reakcióhőjét akarjuk meghatározni. Az alábbi adatok állnak rendelkezésünkre:

- 2,50 g buta-1,3-dién tökéletes elégetésekor 114 kJ hő szabadul fel, miközben vízgőz keletkezik.
- 2,50 g bután az előzővel azonos körülmények közötti elégetése során szintén 114 kJ hő szabadul fel.
- A vízgőz képződéshője: -242 kJ/mol .

Írja fel a buta-1,3-dién hidrogénnel történő telítésének reakcióegyenletét! A megadott adatok alapján számítsa ki a reakcióhőt!

É/9 2016 május (1611) 8. Számítási feladat (8 pont)

A diizopropil-éter az éternél kevésbé illékony, tűzveszélyes folyadék, sűrűsége $0,725 \text{ g/cm}^3$.

A képződéshőjének meghatározására $0,500 \text{ cm}^3$ diizopropil-étert – megfelelő berendezésben tökéletesen elégettek, így $14,24 \text{ kJ}$ hő felszabadulását mértek. (A mérés során a víz lecsapódik.)

a) Írja fel a diizopropil-éter tökéletes égésének termokémiai reakcióegyenletét, majd határozza meg az egyenlethez tartozó reakcióhőt!

b) Határozza meg a diizopropil-éter képződéshőjét! Számításához használja a négyjegyű függvénytáblázatban található adatokat!

É/10 2016 október 9. feladat (6 pont)

Folyamat	Egyenlet	A folyamatot kísérő energiaváltozás (kJ/mol)
A NaBr rácsenergiája	$\text{NaBr}(\text{sz}) = \text{Na}^+(\text{g}) + \text{Br}^-(\text{g})$	+729
A NaBr képződéshője	$\text{Na}(\text{sz}) + 0,5 \text{ Br}_2(\text{f}) = \text{NaBr}(\text{sz})$	-361
A Br_2 párolgáshője és kötési energiája együttesen	$\text{Br}_2(\text{f}) = 2 \text{ Br}(\text{g})$	+190
A Na rácsenergiája	$\text{Na}(\text{sz}) = \text{Na}(\text{g})$	+100
A Na első ionizációs energiája	$\text{Na}(\text{g}) = \text{Na}^+(\text{g}) + \text{e}^-$	+502
A Br elektronnaffinitása	a)	b)

Ismertek a következő folyamatokat kísérő energiaváltozások.

a) Írja fel a hiányzó folyamatot leíró reakcióegyenletet! (A Br elektronnaffinitása.)

b) Számítsa ki a fenti adatok felhasználásával az a) pontban felírt folyamat energiaváltozását!

É/11 2017 május (1712) 7. Számítási feladat 8 pont

100 cm³ 0,200 mol/dm³ koncentrációjú ezüst-nitrát- és 50,0 cm³ 0,500 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-bromid-oldatot öntöttünk össze. A mért hőmérséklet-változásból meghatároztuk, hogy 1,70 kJ hő szabadult fel.

a) Írja fel a lezajlott reakció ioneqyenletét és a mérési adatokból számítsa ki a reakcióhőt!

Táblázatokban a következő adatokat találtuk meg:

(Ebben a feladatban más adatokat nem használhat!)

Képződéshők:

$$\Delta_f H(\text{AgNO}_3(\text{sz})) = -123 \text{ kJ/mol}; \Delta_f H(\text{Ag}^+(\text{aq})) = +106 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_f H(\text{NaBr}(\text{sz})) = -361 \text{ kJ/mol}; \Delta_f H(\text{Na}^+(\text{aq})) = -240 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_f H(\text{HNO}_3^-(\text{aq})) = -207 \text{ kJ/mol}; \Delta_f H(\text{Br}^-(\text{aq})) = -122 \text{ kJ/mol}$$

Hidratációs energiák:

$$E_{\text{hydr}}(\text{Ag}^+) = -473 \text{ kJ/mol}; E_{\text{hydr}}(\text{Br}^-) = -336 \text{ kJ/mol}$$

$$E_{\text{hydr}}(\text{Na}^+) = -406 \text{ kJ/mol}; E_{\text{hydr}}(\text{NO}_3^-) = -314 \text{ kJ/mol}$$

b) Határozza meg a szilárd ezüst-bromid képződéshőjét!

c) Számítsa ki az ezüst-bromid rácsenergiáját (a rács felbontásának moláris energiaváltozását)!

É/12 2017 október 7. Számítási feladat (12 pont)

Az ömlesztő hegesztéshez koncentrált hőhatást kell biztosítani. Ehhez valamilyen éghető gázt oxigénnel keverve, hegesztőpisztollyal égetnek el egy erre alkalmas berendezésben. Az éghető gáz lehet hidrogén, propán-bután, vagy egyéb szénhidrogéngáz, de általában acetilént alkalmaznak. Hegesztéskor a hegesztőpisztolyban lezajló égést oxigén hozzákeveréssel biztosítják.

A hegesztés előtt a 40,00 liter térfogatú oxigénpalackban $1,500 \cdot 10^7$ Pa nyomást mértek $27,00^\circ\text{C}$ hőmérsékleten. A használat után a nyomás $1,031 \cdot 10^7$ Pa-ra csökkent, a hőmérő $18,00^\circ\text{C}$ -ot mutatott.

a) Számítsa ki, mekkora tömegű oxigént tartalmazott a palack a hegesztés előtt!

b) Írja fel az acetilén tökéletes égésének termokémiai egyenletét, és számítsa ki a folyamat reakcióhőjét! A számításhoz az alábbi képződéshő értékeket használja!

vegyület neve	acetilén	szén-dioxid	vízgőz
képződéshő(kJ/mol)	+227,0	-394,0	-242,0

c) Számítsa ki, mennyivel csökkent az acetilént tartalmazó palack tömege a használat során, ha az oxigént 15,00%-os feleslegben alkalmazták! (A számítások során feltételezzük, hogy az acetilén égéséhez szükséges oxigén teljes mennyisége a palackból származik.)

d) Számítsa ki, mekkora hő szabadult fel az acetilén elégetése során!

É/13 2018 május (1813) 7. Számítási feladat (14 pont)

Ismeretlen összetételű és tömegű etanol–aceton elegy két azonos térfogatú mintáját vizsgáljuk. Az első mintába 3,334 g tömegű nátriumdarabot dobtunk, s a reakcióban 1,225 dm³ térfogatú, 25,00 °C-os, 101,3 kPa nyomású gáz keletkezett.

a) Melyik összetevő anyagmennyiségére tudunk ebből a mérésből következtetni? Írja fel a lejátszódó folyamat reakcióegyenletét!

b) Számítsa ki, mekkora tömegű nátrium maradt feleslegben!

A másik mintát kaloriméterben elégetve 226,4 kJ hő felszabadulását mértük.

c) Írja fel az égési folyamatok reakcióegyenletét és számítsa ki a folyamatok reakcióhőjét!

A számításhoz az alábbi képződéshő-értékeket használja:

d) Számítsa ki az elegy anyagmennyiség-százalékos összetételét!

É/14 2018 október 7. Elemző és számítási feladat (12 pont)

Egy égetett meszes zacskó tartalmának tömege, nedves helyen és szabad levegőn állás közben, megnőtt. A zacskóban lévő porszerű anyag egyenletes összekeverését (homogenizálását) követően kis mintákat veszünk belőle és vizsgálatokat végzünk velük:

- Az egyik mintát 10,0 %-os sósavba téve a por gázfejlődés nélkül feloldódik.
- A másik, 1,15 g tömegű mintát kaloriméterben (hőmennyiség meghatározására szolgáló készülék) sósavval reagáltatjuk, és mérjük mennyi hő szabadul fel: 3,47 kJ hő felszabadulását mérjük.

a) Mire utal a gázfejlődés nélküli feloldódás a sósavban?

b) A tapasztalatokat is figyelembe véve mitől nőtt meg az égetett mész tömege állás közben?

c) Írja fel a porminta sósavban való feloldódásakor végbemenő reakciók ioneqyenletét és számítsa ki a reakcióhőket! Ehhez a következő képződéshő-adatok közül választhatja ki a

szükségeket: $\text{HCl}_{(g)}$: $-92,5 \text{ kJ/mol}$; $\text{H}^+_{(aq)}$: $0,00 \text{ kJ/mol}$; $\text{CaO}_{(sz)}$: -636 kJ/mol ; $\text{OH}^-_{(aq)}$: -230 kJ/mol ; $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$: -987 kJ/mol ; $\text{Cl}^-_{(aq)}$: -168 kJ/mol ; $\text{CaCl}_{2(s)}$: -796 kJ/mol ; $\text{H}_2\text{O}_{(f)}$: -286 kJ/mol ; $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$: -543 kJ/mol .

d) Számítással határozza meg, hogy az égetett mészhány százaléka alakult át állás közben!

Megoldások

É/1 2009 október 9. Számítási feladat (13)

Egy standard nyomású, $25,0^\circ\text{C}$ -os gázelegyet tartalmaz, amelyben két szénatomos amint tartalmaz.

A gázelegyet a brómos vizet nem színteleníti el, sósavba vezetve viszont térfogatának 60,00%-a elnyelődik. A gázelegyet $10,00 \text{ dm}^3$ -ét oxigéngázban tökéletesen elégetve $671,3 \text{ kJ}$ hő szabadul fel. (A forró füstgáz szén-dioxidot, vízgőzt, nitrogént és oxigént tartalmaz.)

Képződéshő adatok: $\Delta_f H(\text{C}_2\text{H}_6(g)) = -84,6 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_f H(\text{CO}_2(g)) = -394,0 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(f)) = -286,0 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_f H((\text{CH}_3)_2\text{NH}(g)) = -46,7 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_f H(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2(g)) = -87,4 \text{ kJ/mol}$

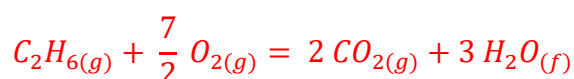
a) Határozza meg a kiindulási gázelegyet térfogatszázalékos összetételét!

Erre a kérdésre elég könnyű lesz a válaszolni. Tudjuk, hogy a gázelegyet etánból és egy aminből áll, sósavban átvezetve 60,00 %-a elnyelődik. Hát vajon ki reagál az etán és az amin közül a sósavval (spoiler:a bázis)?

Természetesen a bázikus amin, azaz a **gázelegyet 60,00 térfogatszázaléka amin**, és a maradék **40,00 térfogatszázaléka etán**.

b) Számítsa ki az etán, majd a kísérlet adataiból az ismeretlen amin égetésének reakcióhőjét!

Az etán képződéshőjének a kiszámításához írjuk fel az égési egyenletet, majd Hess-tételét:



$$\Delta_r H = 2 * \Delta_f H(\text{CO}_{2(g)}) + 3 * \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}_{(f)}) - \left(\Delta_f H(\text{C}_2\text{H}_{6(g)}) + \frac{7}{2} * \Delta_f H(\text{O}_{2(g)}) \right)$$

$$\Delta_r H = 2 * (-394) + 3 * (-286) - \left((-84,6) + \frac{7}{2} * 0 \right)$$

$$\Delta_r H_{\text{etán}} = -1561,4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \approx -1561 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Az ismeretlen amin égésének a reakcióhője már keményebb dió lesz. Tudjuk a gázelegy összetételét illetve azt is, hogy $10,0 \text{ dm}^3$ térfogatának az elégetése során $671,3 \text{ kJ}$ hő szabadul fel.

Taktika: számítsuk ki a gázelegy anyagmennyiségét, majd a benne lévő összes etán és amin anyagmennyiségét. Nézzük meg, hogy adott anyagmennyiségű etán mekkora hővel járul hozzá a gázelegy teljes hőmennyiségéhez, és ily módon tudni fogjuk, hogy adott mennyiségű amin esetében mennyi hő szabadul fel (ugyebár az $671,3$ -ból kivonjuk az etán hozzájárulását). Onnan már könnyű lesz kiszámítani a reakcióhőt egy arányosság segítségével.

A standard állapotú gázelegy térfogata $10,0 \text{ dm}^3$, ennek anyagmennyisége:

$$n_{\text{elegy}} = \frac{10,0}{24,5} = 0,4082 \text{ mol}$$

A gázelegy $40,00$ térfogatszázaléka metán. Ne feledjük, hogy Avogadro-törvénye miatt a térfogatszázalék megegyezik az anyagmennyiség százalékkal. A gázelegyben lévő etán anyagmennyisége:

$$n_{\text{etán}} = 0,4082 * 0,4 = 0,1633 \text{ mol}$$

Az előbb kiszámoltuk, hogy 1 mol etán 1561 kJ hőt termel. Ha egy mol etán égetése során felszabadul 1561 kJ hő, akkor $0,1633 \text{ mol}$ esetében $X \text{ kJ}$:

$$0,1633 * (-1561) = X * 1$$

$$X = -254,9 \text{ kJ}$$

Tehát ha a metán égetése során $254,9 \text{ kJ}$ hő szabadul, akkor az amin égetése során:

$$Q_{\text{aminra}} = (-671,3) - (-254,9) = -416,4 \text{ kJ}$$

Azt is tudjuk, hogy az amin a kezdeti gázelegy térfogatának a $60,00 \%$ -a, azaz:

$$n_{\text{amin}} = 0,4082 * 0,6 = 0,2449 \text{ mol}$$

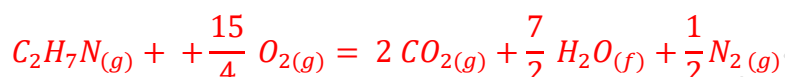
Innen már könnyű dolgunk van, mert ismerjük a gázelegyben lévő amin anyagmennyiségét, illetve azt is, hogy ekkor mennyiség égetése során mennyi hő szabadul fel. A kérdés azonban a reakcióhő, vagyis, hogy 1 mol amin égetése során mennyi hő szabadul fel. Ha $0,2449 \text{ mol}$ amin égetése során felszabadul $416,4 \text{ kJ}$ hő. akkor 1 mol esetében X :

$$\Delta_r H_{\text{amin}} = \frac{(-416,4)}{0,2449} = -1700 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Megjegyzés: az eredeti megoldókulcsban -1702 kJ/mol a megoldás, Az eltérés oka, hogy a megoldókulcs 3 értékesjegy pontossággal számította a részeredményeket, míg én 4..

c) A rendelkezésére álló adatok segítségével, az ismeretlen képződéshőjének kiszámításával azonosítsa az ismeretlen gázt és adja meg a nevét!

Írjuk fel az amin égésének a reakcióhőjét. Ne feledjük, hogy nitrogéntartalma elemi nitrogénné ég el:



$$\Delta_r H = 2 * \Delta_k H(CO_{2(g)}) + \frac{7}{2} * \Delta_k H(H_2O_{(f)}) + \frac{1}{2} * \Delta_k H(N_{2(g)}) - \left(\Delta_k H(C_2H_7N_{(g)}) + \frac{15}{4} * \Delta_k H(O_{2(g)}) \right)$$

Helyettesítsünk be:

$$-1700 = 2 * (-394) + \frac{7}{2} * -(286) + \frac{7}{2} * 0 - \left(\Delta_k H(C_2H_7N_{(g)}) + \frac{15}{4} * 0 \right)$$

$$\Delta_k H(C_2H_7N_{(g)}) = -89,0 \frac{kJ}{mol}$$

A kiszámított képződéshő alapján az ismeretlen amin, az **etil amin**.

É/2 2010 május 8. Számítási feladat (12 pont)

Az iparban az acetilént a metán 1200 °C-on történő hőbontásával gyártják. A folyamathoz szükséges hőt a metán tökéletes égetésével biztosítják.

a) Írja fel a metán hőbontásának, illetve égetésének termokémiai reakcióegyenletét, majd számítsa ki a reakcióhőket (a metán égésénél vízgőz keletkezik)!

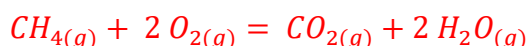
A képződéshők: $\Delta_k H(CO_{2(g)}) = -394 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_k H(H_2O_{(g)}) = -242 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_k H(CH_{4(g)}) = -74,9 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_k H(C_2H_{2(g)}) = +227 \text{ kJ/mol}$



$$\Delta_r H_{\text{hőbontás}} = \Delta_k H(C_2H_{2(g)}) + 3 * \Delta_k H(H_{2(g)}) - 2 * \Delta_k H(CH_{4(g)})$$

$$\Delta_r H_{\text{hőbontás}} = 227 + 3 * 0 - 2 * (-74,9) = 376,8 \frac{kJ}{mol} \approx 377 \frac{kJ}{mol}$$



$$\Delta_r H_{\text{égetés}} = \Delta_k H(\text{CO}_{2(g)}) + 2 * \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) - (\Delta_k H(\text{CH}_{4(g)}) + 2 * \Delta_k H(\text{O}_{2(g)}))$$

$$\Delta_r H_{\text{égetés}} = (-394) + 2 * (-242) - [(-74,9 + 2 * 0)]$$

$$\Delta_r H_{\text{égetés}} = -803,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \approx -803 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

b) Hány m³ 25 °C-os, standard nyomású metánra van szükségünk 25,0 mol acetilén előállításához, ha a metán égetésénél felszabaduló hőnek csupán 60,0%-át tudjuk a hőbontás során hasznosítani? (Tekintsük úgy, hogy a metán hőbontása egyirányban, 100%-os átalakulással megy végbe!)

Ezt a feladatot két részletben érdemes megoldani. Elsőnek számoljuk ki, hogy mennyi metán illetve hő szükséges az adott mennyiségű acetilén előállításához, majd számoljuk ki azt is, hogy a szükséges hőmennyiség megtermelésére mennyi metánt kell elégetni.

A hőbontási egyenlet alapján jól látszik, hogy 25,0 mol acetilén előállításához 50,0 mol metánra van szükség:

$$n_{\text{metán acetilénre}} = 50,0 \text{ mol}$$

Az a) részben kiszámolt hőmennyiségek alapján azt is tudjuk, hogy 1 mol acetilén előállításához 377 kJ hő szükséges. Ha egy mol acetilén előállítása 377 kJ hőt igényel, akkor 25 mol X kJ-t:

$$25 * 377 = 1 * X$$

$$X = 9425 \text{ kJ}$$

No igen, de ne feledkezzünk el arról az apró, de annál fontosabb tényről, hogy a metán égése során a hő hasznosítás csupán 60,0 %, azaz a fent kiszámított 9425 kJ hő az égés által megtermelendő hőnek csupán 60,0%-a, azaz az égés során termelnünk kell:

$$Q_{\text{égés által termelt}} = \frac{9425}{0,600} = 15708 \text{ kJ}$$

Most nézzük meg, hogy 15708 kJ hőt hány mol metán égetése során tudunk megtermelni. Ha egy mol metán 803 kJ hőt termel, akkor X mol 15708 kJ-t:

$$15708 * 1 = 803 * X$$

$$X = 19,6 \text{ mol}$$

Összegezve: 25,0 mol acetilén előállításához 50,0 mol metánra van szükség. A hőbontást fedező összes energia megtermelésére 19,6 mol metán szükséges, azaz együtt:

$$n_{\text{összes metán}} = n_{\text{metán acetilénre}} + n_{\text{metán égésre}}$$

$$n_{\text{összes metán}} = 50,0 + 19,6 = 69,6 \text{ mol}$$

A kérdés azonban a metán térfogata volt standard állapotban:

$$V_{\text{metán}} = 69,6 * 24,5 = 1705 \text{ dm}^3 \approx 1,71 \text{ m}^3$$

c) Hány m^3 térfogatot töltene ki a kapott acetilén az előállítás hőmérsékletén? (A nyomást tekintjük 101 kPa-nak!)

Használjuk az ideális gázok állapotegyenletét:

$$p * V = n * R * T$$

$$101 * V = 25 * 8,314 * 1473$$

$$V_{\text{acetilén}} = 3031 \text{ dm}^3 \approx 3,03 \text{ m}^3$$

Ha szeretnél hozzáférést a többi feladat általam írt részletesen levezetett megoldásaihoz, akkor a hozzáférésért keresd fel a honlapomat ☺

<https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/reszletesen-kidolgozott-erettsegi-feladatok/>