

MŰHELY



Kérjük, hogy a *MŰHELY* című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

Dr. Tóth Zoltán

A szén-monoxid-érzékelő, mint tanításművészeti darab (Egy példa a problémaközpontú tanításra)

1. Bevezetés

A tanítás művészete Martin Wagenschein német pedagógus által kidolgozott módszer, amely az 1980-as években kezdett elterjedni elsősorban Németországban, Svájcban és Hollandiában. A módszer lényege, hogy a tanítandó tartalmakat nem a tudomány logikájának megfelelő sorrendben tanítjuk, hanem egy-egy jól megragadható – lehetőleg gyakorlati – probléma köré szervezzük. Részletes ismertetése magyarul olvasható Mikonya György: „A tanítás művészete” című könyvében (Mikonya, 2003), valamint Radnóti Katalin KÖKÉL-ben megjelent írásában (Radnóti, 2005).

A problémaközpontú tanításszervezés klasszikus példája Faraday-nak az 1861-ben a gyertya működésével kapcsolatos karácsonyi előadássorozata, melynek teljes anyaga magyarul is hozzáférhető (web-1).

Ebben a tanulmányban azt mutatom be, hogy miként lehet egy napjainkban rendkívül aktuális téma, a rendszeresen előforduló szén-monoxid-mérgeзések, és az ezek kivédésére ajánlott szén-monoxid-érzékelők, mint központi téma köré csoportosítani fizikai, kémiai és biológiai ismereteket.¹

2. A témakör feldolgozása

A témakör feldolgozása problémafelvetéssel indul, majd a következő kérdésekre keressük a választ. A válaszokat vagy a tanulók fogalmazzák meg előzetes ismereteik alapján, vagy a tanár adja meg, vagy a tanulók csoportmunkában foglalkoznak vele.

2.1. Problémafelvetés

A fűtési idény beindulásával szinte hetente lehet arról hallani, hogy valaki vagy valakik szén-monoxid-mérgeзést szenvedtek. Magyarországon évente több száz szén-monoxid-mérgeзés történik és több tucatnyian halnak meg szén-monoxid-mérgeзésben.

Mi az oka a gyakori szén-monoxid-mérgeзésnek?

A szén-monoxid a szén vagy széntartalmú vegyületek (pl. fa, földgáz, olaj) égésének terméke. Minden esetben számolnunk kell képződésével a lakás légteréből „táplálkozó” fűtési módok (kandalló, cserépkályha, olajkályha, gázkonvektor, gázzal működő vízmelegítő, gáztűzhely, gázkazán) esetén.

A szén-monoxid színtelen, szagtalan gáz, ezért érzékszerveinkkel nem észleljük jelenlétét. Ráadásul már nagyon kis koncentrációban is súlyos tüneteket (fejfájás, ájulás, halál) okozhat.

Hogyan védekezhethetünk a szén-monoxid-mérgeзés ellen?

¹ Hasonló problémaközpontú feldolgozásra láthatunk példát a pezsgőtablettákkal (Molnár, 2010) és a vörösiszappal (ELTE Kémiai Intézet, 2010) kapcsolatban.

Egyrészt a tüzelőberendezések megfelelő karbantartásával. Másrészt a lakás gyakori szellőztetésével. Harmadrészt szén-monoxid-érzékelők felszerelésével.

2.2. Feldolgozható kérdések

Mi is a szén-monoxid?

A szén egyik oxidja. Molekulaképlete: CO. A két atom között datív kötés is található, ezért elektronszerkezeti képlete: $\text{C}\equiv\text{O}$. Bár a két atom elektronegativitás-különbsége nagy, a datív kötés miatt a molekula gyakorlatilag apoláris. Molekularácsban kristályosodik. Színtelen, szagtalan alacsony olvadáspontú (op: -205°C) és forráspontú (fp: -191°C) gáz. Vízen rosszul oldódik. Sűrűsége a levegő sűrűségéhez hasonló, ezért zárt helyiségben a levegővel elkeveredve tölti ki a teret. Éghető gáz, égése szén-dioxidot eredményez: $2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$. A levegővel 12,5 – 74 V/V% koncentrációban robbanóelegyet képez. Erős redukálószer. A vasgyártás során képződő szén-monoxid redukálja a vas-oxidot: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$. Régen a városi gáz alkotója volt, melyet úgy nyertek, hogy izzó szénre vízgőzt fúvattak: $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$. (Ezért volt életveszélyes a gázszivárgás régen, és nem elsősorban a robbanásveszély miatt, mint manapság.) Képződik szén vagy széntartalmú vegyületek tökéletlen égésekor. Jelentős mennyiségű szén-monoxidot tartalmaznak a vulkáni gázok, a cigarettafüst és a füstölők égéstermékei, valamint a gépjárművek kipufogógáza.

Milyen élettani hatása van a szén-monoxidnak?

A szén-monoxid – lévén színtelen és szagtalan gáz – alattomosan fejti ki hatását az élő szervezetre, és végeredményben fulladásos halált okoz. A belélegzett szén-monoxid irreverzibilisen kötődik az oxigénszállítást végző hemoglobinhoz.

A szén-monoxid hatását az emberi szervezetre, és a szén-monoxid-mérgezés tüneteit az 1. táblázat tartalmazza (web-2).

1. táblázat. A szén-monoxid emberi szervezetre kifejtett hatása különböző szén-monoxid-koncentrációk esetén

CO koncentráció a légtérben		Az emberi szervezetre kifejtett hatás
V/V%	ppm	
0,003	30	Megengedett határérték 8 órás tartózkodás esetén.
0,02	200	2-3 óra tartózkodás után gyenge fejfájás, szédülés, émelygés.
0,04	400	1-2 óra után erős fejfájás, rosszullét. 3 óra után életveszély (ájulás, majd halál)
0,08	800	45 perc után erős fejfájás, rosszullét, hányinger. 2-3 órán belül halál.
0,16	1600	20 perc után erős fejfájás, hányinger, eszméletvesztés. 1 órán belül halál.
0,32	3200	5-10 perc után erős fejfájás, hányinger, eszméletvesztés. Fél órán belül halál.
0,64	6400	1-2 perc után erős fejfájás, hányinger, eszméletvesztés. 10-15 percen belül halál
1,28	12800	1-3 percen belül eszméletvesztés és halál.

→ *Mi az a ppm?*

Nagyon kis koncentrációk esetén használjuk a ppm-et, ami milliomodrész jelent (parts per million). Szilárd anyagok esetében ez általában a mg/kg-ot, oldatok esetén a mg/dm³-t, gázok esetén a cm³/m³-t jelenti. 1 ppm CO-tartalom tehát azt jelenti, hogy 1 cm³ szén-monoxid található 1 m³ térfogatú légtérben.

→ *Mi a teendő szén-monoxid-mérgezés esetén?*

A mérgezettet friss levegőre kell vinni, ott kényelmes helyzetbe fektetni, szoros ruhadarabjait meglazítani. Légzésének leállása esetén azonnali légzéstámogatást (mesterséges légzést, lélegeztetőkészüléket) kell biztosítani. A mérgezettet ne engedjük lehűlni. Eszméletvesztés esetén a mérgezettet rögzített oldalfekvésbe kell helyezni. A helyszínre orvost kell hívni.

Hogyan lehet a szén-monoxidot kimutatni?

1. „Biológiai” módszerrel: kis testtömegű állatok (pl. kanári) elpusztulása jelzi a CO-szint emelkedését. (Ezt használták korábban a bányászok is a CO és a CH₄ jelzésére. Például a brit bányászati előírások 1986-ig tartalmazták, hogy a bányákban kanárikat kell tartani a mérgező gázok jelzésére. A kanári ugyanis – kis testtömege miatt – már olyan kis mennyiségű CO-tól elpusztul, ami még az emberre nem életveszélyes. Ráadásul a kanári sokat énekel, így elnémulása jelzi a CO-szint megnövekedését. Megjegyzem, hogy néhány évtizeddel ezelőtt még a kémiai laboratóriumokban is előfordult, hogy kanárit használtak a laboratórium levegőjébe került veszélyes gázok jelzésére.) Ez a módszer – amellet, hogy nem állatbarát – nem szelektív a CO-ra.

→ *Mitől függ egy anyag mérgezőhatása?*

Az anyag minőségétől és mennyiségétől. Az élőlényekre gyakorolt mérgező hatás általában függ az élőlény tömegétől is: kisebb testtömegű élőlények kisebb mennyiségű mérgező anyagtól pusztulnak el, mint a nagyobb testtömegűek. Az LD₅₀-érték azt mutatja meg, hogy az adott anyagból, vegyületből mekkora mennyiség okozza a kísérleti állatok (általában patkány) 50 %-ának pusztulását 24 órán belül. Az LD₅₀ értéket többnyire mg/kg mértékegységben adják meg, azaz a vizsgált anyag hány mg-ja okozza 1 kg élő súlyú kísérleti állat felének pusztulását. Az LD rövidítés halálos adagot (*Lethal Dose*) jelent. (web-3)

2. Kémiai módszerrel: a CO redukáló tulajdonsága miatt adja az ezüsttükör-próbát, tehát ammóniás ezüst-nitrát-oldatból fémezüstöt választ ki, az oldat CO jelenlétében megbarnul. Ezt kísérletileg is lehet szemléltetni. A reakció egyenlete: $\text{CO} + 2 \text{Ag}^+ + 4 \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{O}$. (A kísérletet célszerű bemutatni. A szén-monoxiddal való munkát jól húzó vegyifülkében kell végezni!) A módszer hátránya, hogy nehézkes, folyamatos mérésre alkalmatlan és érzékenysége sem megfelelő.

→ *Mi az ezüsttükörpróba?*

Formilcsoportot tartalmazó szerves vegyületek (aldehidek, monoszacharidok, hangyasav) kimutatására alkalmas reakció. Lényege, hogy a formilcsoportot tartalmazó vegyület ezüstöt választ ki az ammóniás ezüst-nitrát-oldatból, miközben a formilcsoport karboxilcsoporttá oxidálódik. (A kísérletet célszerű bemutatni, pl. glükózzal.)

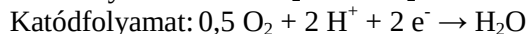
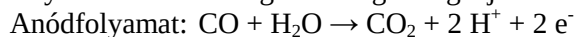
3. Fizikai módszerrel: bizonyos félvezető anyagok elektromos vezetésének mérésével. Egy megfelelő hőmérsékletű (pl. 250 °C-os) félvezető (pl. ón-dioxid, SnO₂) elektromos vezetése megnő azáltal, hogy a felületén a levegőből származó oxigénmolekulák kötődnek meg, és ilyen hőmérsékleten könnyen adnak át elektront a félvezetőnek. Redukálószerrek – mint például a szén-monoxid is – gátolják ezt az elektronátadást, így jelenlétükben lecsökken a félvezető anyag elektromos vezetése. Az ilyen érzékelők nagyon érzékenyek, viszonylag hosszú élettartamúak és folyamatos mérést/érzékelést tesznek lehetővé. Hátrányuk, hogy a félvezetőt megfelelően magas hőmérsékleten kell tartani, ami az áramforrás (az érzékelőt működtető elem) élettartamát jelentősen lecsökkenti. További probléma, hogy egyéb redukálószerrekre (pl. metánra, ammóniára, kén-hidrogénre, nitrogén-monoxidra) is érzékenyek, ezért megnő a téves riasztások száma. (EC, 1999; web-2)

→ *Milyen anyagokat nevezünk félvezetőknek?*

Az anyagokat elektromos vezetésük alapján két nagy csoportba oszthatjuk: vezetők és szigetelők. A vezetőkben az elektromos vezetés azáltal jöhet létre, hogy bennük szabadon elmozduló töltéssel rendelkező részecskék (elektronok vagy ionok) találhatók. Az ún. elsőrendű vezetőkben elektronok, a másodrendű vezetőkben ionok elmozdulása eredményezi az elektromos áramot. Az elsőrendű vezetők egyik csoportját képezik a félvezetők. Ellentétben a fémek vezetőkkel, a félvezetők elektromos vezetése a hőmérséklet növelésével nő. Ilyen félvezetők pl. a szilícium, germánium, a titán-dioxid, a cink-szulfid és az ón-dioxid.

4. Elektrokémiai módszerrel: egy CO – O₂ tüzelőanyag-elem elektromos feszültségének mérésével. A mérés elve az, hogy a szén-monoxid

oxidációját szén-dioxiddá térben elválasztva hajtjuk végre. Megfelelő elrendezésben, platinakatalizátor jelenlétében a CO a következő elektródfolyamatok során reagál a levegő oxigénjével:



Az így létrehozott galvánelem két elektródja között folyó áram erőssége arányos a CO koncentrációjával, és igen kis mennyiségű CO érzékelésére is alkalmas. A módszer előnye, hogy szelektív, folyamatos mérést tesz lehetővé és kicsi az áramfelvétele. Hátránya, hogy viszonylag drága, és élettartama rövid (max. 5 év). Az ilyen készülékek minősége (megbízhatósága) nagymértékben függ a beépített anyagok (elektród, elektrolit, membrán) minőségétől, ezért nem mindegy, hogy milyen gyártású készüléket használunk. (EC, 1999; web-2)

→ *Milyen berendezések a tüzelőanyag-elemek?*

A tüzelőanyag-elemekben lényegében egy égési reakció, mint redoxireakció játszódik le térben elválasztva az oxidációs és a redukációs folyamatot. Elvileg minden éghető anyagból lehet tüzelőanyag-elemet készíteni. A legismertebb tüzelőanyag-elem hidrogénnel és oxigénnel működik, működése közben víz keletkezik. (Ezt a vizet például az űrhajóban – megfelelő kezelés után – ivóvízként is lehet használni.) Az elem „lelke” egy 1 mm-nél kisebb vastagságú protoncserélő membrán (ma szinte kizárólag a Nafion nevű műanyagból gyártják), amely csak a hidrogénionokat engedi át. A membrán két oldalát porózus katalizátorral, általában platínával vonják be. A két ellentétes oldalon diffundál be a membránba az oxigén, illetve a hidrogén. Az anódon a hidrogéngáz oxidálódik, és hidrogénionok keletkeznek, melyek a membránon átdiffundálva a másik oldalon az oxigénredukció termékével, a hidroxidionokkal vízzé egyesülnek. Ilyen tüzelőanyag-cellákat használtak a Gemini és az Apollo űrhajókban is. (Tóth és Ludányi, 2010)

Milyen a jó szén-monoxid-érzékelő?

Az új európai szabvány (EN50291:2001) szerint az érzékelőknek dózis szerint kell jelzést adni. A szén-monoxid élettani hatása ugyanis nemcsak

koncentrációjától, hanem hatásának időtartamától is függ. Kis koncentráció esetén hosszabb ideig, nagy koncentráció esetén rövidebb ideig tartózkodhatunk ilyen légtérű helységben maradandó egészségkárosodás nélkül. Tehát az sem jó, ha túl hamar riaszt a készülék, de az sem, ha túlkésőn. A szén-monoxid-érzékelőkkel szemben megkövetelt riasztási szinteket a 2. táblázat tartalmazza (web-4).

2. táblázat. A szén-monoxid-érzékelőkkel szemben támasztott riasztási szintek

CO-koncentráció	Legkorábbi riasztási idő	Legkésőbbi riasztási idő
30 ppm	120 perc	-
50 ppm	60 perc	90 perc
100 ppm	10 perc	40 perc
300 ppm	-	3 perc

Riasztás esetén az érzékelők fény- és hangjelzést adnak. Fontos követelmény továbbá, hogy az érzékelő rövid hangjelzéssel figyelmeztessen az elem lemerülésére vagy egyéb műszaki meghibásodásra. (A tesztgomb segítségével általában csak a hangjelző működőképességét lehet ellenőrizni.)

Hogyan ellenőrizhetjük a szén-monoxid-érzékelőt?

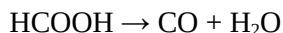
Házilag csak azt tudjuk ellenőrizni, hogy a szén-monoxid-érzékelőnk egyáltalán érzékeli-e a szén-monoxidot. Ezt a következőképpen tehetjük meg: Gyűjtsunk meg egy füstölőt, majd helyezzük kb. 10-15 cm-rel fölé a szén-monoxid-érzékelőt. Amennyiben az érzékelő kb. 5 percen belül megszólal, úgy valóban érzékeli a szén-monoxidot. Azt azonban, hogy mennyire megbízhatóan működik, illetve eleget tesz-e az új európai szabványnak, csak olyan laboratóriumban (akár az iskolában is) tudjuk megvizsgálni, ahol adottak a CO-dal való biztonságos munkálatok feltételei (vegyifülke, vagy szabad tér).

A CO-érzékelőt a következőképpen lehet vizsgálni: Helyezzünk az asztalra vagy a vegyifülkébe egy gumiszőnyeget (vagy gumiból készült lábtörlőt, esetleg mosógép alá való rezgéscsillapítót). Erre tegyük rá a CO-

érzékelőnket, majd borítsuk le egy szájával lefelé fordított nagyméretű (kb. 10 literes) üveggáddal (esetleg akváriummal). Helyezzünk az üveggád fala és a gumialátét közé egy injekciós tűt, ezen keresztül fogjuk beadni a megfelelő mennyiségű szén-monoxidot. Egy kisméretű (ún. Obendrauf-féle) gázfejlesztőben állítsunk elő CO-gázt. Kis műanyag fecskendő segítségével adjunk be annyi CO-ot, hogy az üveggád alatt a koncentrációja kb. 300 ppm legyen. Ha jó a szén-monoxid-érzékelőnk, akkor 3-5 percen belül riasztani fog. Kiszellőztetés után ismételjük meg a kísérletet 100 ppm CO-koncentráció esetén is. Ekkor 10-40 perc között kell megszólalni a riasztónak. (Mivel a CO-érzékelő érzékenysége idővel változik, ezért ezt az ellenőrzést célszerű legalább évente egyszer, a fűtési idény kezdete előtt elvégezni.)

→ *Hogyan állíthatunk elő tiszta szén-monoxid-gázt?*

Tiszta CO-ot hangyasavból (vagy nátrium-formiátból) tömény kénsavval nyerhetünk.



Állítsuk össze az Obendrauf-féle gázfejlesztőt (Kovács, 2002). A kémcsőbe töltünk néhány cm^3 tömény hangyasavat, a kisméretű műanyagfecskendőbe óvatosan szívjunk fel tömény kénsavat. A fejlődő gázt először egy 20 cm^3 -es műanyagfecskendőben fogjuk fel. Mivel ez nem tiszta gáz, ezért ezt a fülke elszívónyílásába engedjük. Ezután kisebb méretű ($2\text{-}5 \text{ cm}^3$ -es) műanyagfecskendőt csatlakoztatunk a gázfejlesztőhöz, és annyi CO-ot fejlesztünk bele, amennyit az üveggád alá beadva a kívánt CO-koncentráció alakul ki. Vigyázat! Mind a tömény hangyasav, mind a tömény kénsav veszélyes, maró anyagok! A CO-fejlesztést lehetőleg vegyifülkében vagy huzatos, nagylégtérű helyiségben, esetleg a szabadban végezzük! A CO-fejlesztést ne bízzuk a tanulókra, azt mindig a tanár csinálja! (Megjegyzés: CO esetén nem használható az Obendrauf-féle gázfejlesztőnél gyakran használt aktív szenes töltet, az aktív szén ugyanis nem köti meg a szén-monoxidot!)

→ *Hogyan lehet az üveggád (akvárium) térfogatát meghatározni?*

Használat előtt töltsük meg az üveggádat (akváriumot) színültig vízzel, majd egy nagyobb mérőhenger segítségével mérjük meg az ehhez szükséges víz térfogatát!

→ *Hogyan lehet kiszámolni az adott CO-koncentráció beállításához szükséges CO mennyiségét?*

Mivel $1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3 \text{ CO} / 1 \text{ m}^3$, ezért egy 10 dm^3 -es üveggád esetén $1,0 \text{ cm}^3 \text{ CO}$ -ra van szükség ahhoz, hogy a légtérben 100 ppm CO legyen. Vagyis 100 ppm CO-koncentrációhoz annyi tized $\text{cm}^3 \text{ CO}$ -gáz szükséges, ahány dm^3 térfogatú az üveggád.

2.3. Tapasztalatok, javaslatok

A témakör feldolgozása egy teljes óra alatt lehetséges. Azt is meg lehet csinálni, hogy az elméleti részt az egyik órán, a kísérleteket (ezüstitűkör-próba, CO-előállítás, CO-érzékelő vizsgálata) a másik órán végezzük el. Fel lehet hívni a tanulók figyelmét arra, hogy akinek van otthon CO-érzékelője, nyugodtan hozza el, és megvizsgáljuk, hogy mennyire megbízható.

A kísérletek során nyomatékosan hívjuk fel a tanulók figyelmét arra, hogy azokban a lakásokban, ahol fennáll a szén-monoxid-képződés veszélye, ajánlatos CO-érzékelőt beszerezni.

Tapasztalataink azt mutatják, hogy nem szabad olcsó, kínai gyártmányú érzékelőket vásárolni, azok közül ugyanis – a mi méréseink szerint – csak kb. minden tizedik megbízható. Nem szabad olyan készüléket sem venni, amelyen nem szerepel a készülék várható élettartama – ami a legtöbb esetben 5 év. Sajnos az a tapasztalatunk, hogy nagyon sok olyan készülék kerül kereskedelmi forgalomba, amely nemhogy az új európai szabványnak, de még a CO-érzékelés követelményének sem felel meg. És az átlagember ezeket nem tudja ellenőrizni, kiszűrni...

3. Összefoglalás

A fűtési idényben szinte mindennapos szén-monoxid-mérgezések ürügyén nagyon sok biológiai, fizikai és kémiai ismerettel gyarapíthatjuk diákjaink tudását. Kísérletekkel szemléltethetjük a szén-monoxid-

érzékelők működését, megbízhatóságát és fontosságát a szén-monoxid-mérgeзések elkerülésében. Tudatosíthatjuk a tanulóknban azt, hogy jól nézzék meg milyen minőségű szén-monoxid-érzékelőt vásárolnak, hiszen előfordulhat, hogy az életük függ ettől.

4. Hivatkozások jegyzéke

EC (1999): InfoChem, Education in Chemistry, 4. szám, 3. oldal.

ELTE Kémiai Intézet (2010): A vörösiszap-katasztrófával kapcsolatos fogalmak magyarázata.
http://www.chem.elte.hu/system/files/ELTE_vorosiszap_lexikonja.pdf

Kovács M. (2002): Variációk két elemre. Fecskendős kísérletek nitrogén-oxidokkal. A Kémia Tanítása, X. évf. 5. szám, 3. oldal.

Mikonya Gy.. (2003): A tanítás művészete. Oktatás-módszertani kiskönyvtár. Gondolat Kiadó, Budapest

Molnár J. (2010): Miről mesél a pezsgőtabletta? Középiskolai Kémiai Lapok, XXXVII. évfolyam, 2. szám, 132-148. oldal.

Radnóti K. (2005): A tanítás művészete, mint újszerű tanulászervezési módszer bemutatása egy kémiai példán keresztül. Középiskolai Kémiai Lapok, XXXII. évfolyam, 5. szám, 429-436. oldal.

Tóth Z. és Ludányi L. (2010): Kémia 9. tankönyv. Maxim Kiadó, Szeged, 185. oldal.

web-1: Faraday: A gyertya természetrajza, I-VI.
<http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/teazo/karacson/gyertya.html>

web-2: A szén-monoxid.
<http://www.premium64.hu/doksik/szenmonism.pdf>

web-3: Szén-monoxid-mérgezés.
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Szenmonoxidmergezés>

web-4: European norm EN50291.
<http://www.nano-sense.com/ENGLISH/articles/EN50291.htm>