

## **SUFNILABOR**



**Kóczán György**

### **Mindenféle színű tüzek**

"To invent, you need a good imagination and a pile of junk."  
Thomas A. Edison

Vegyük fel a régen elejtett fonalat! A színes lángokkal, konkrétan a réz-klorid lángfestésével foglalkoztunk a 2016/4. számban. Természetesen ezzel nem merült ki a színes lángok témaköre.

Láttuk, hogy gázlángba tartva a  $\text{CuCl}_2$  szép kékeszöldre színezi a lángot (más sók esetén más szín is elérhető). Ha a színes lángokat dekorációs célra akarjuk használni (...még szép hogy!), akkor érdemes volna a gáz helyett valami más, „hordozható” lángforrást használni. Működik a kísérlet alkohollal is?

Mossunk ki egy kis fémedényt, például egy májkrémes dobozt. Szedjük le a címkét, ha festett, akkor (a kertben, mert büdös) égessük le a festéket is. Tegyük az asztalra egy hőálló alátétet (például régi csempét), és erre rakjuk a dobozunkat. A doboz a kísérlet során tűzforró lesz, a dédi berakásos asztalát prímán kicsinálja. Megfogni sem lehet, ha odébb kell tenni, akkor a csempével együtt lehet mozgatni. És most a legfontosabb dolog: tüzet csak akkor gyújtunk, ha azt el is tudjuk oltani. Az égő alkoholt elfújni nem lehet, csak annál jobban ég, ha erősen fújunk, akkor kifröccsen az égő folyadék, és örülünk, ha el tudunk futni a tűzvész elől. A konzervdobozban égő alkohol eloltásának legbiztonságosabb útja az, ha egy éghetetlen anyaggal (pl. vaslemezzel) lefedjük a dobozt. Addig ne gyújtsunk tüzet, amíg egy ilyen lemez nincs előkészítve. Az első kísérlet előtt pár csepp alkohollal oltási próbát kell végeznünk.

Ne felejtjük el: az égő folyadék az egyik legveszélyesebb dolog. Fel tud borulni, ki tud dőlni. Ha pl. megpróbálsz kézzel odébrakni a sötét izzásban lévő kísérleti alanyt, akkor jó eséllyel úgy dobod el, hogy átrepül a szobán, maga után lángoló kondenzcscsikat húzva. Egy másodperc múlva a szoba 4 négyzetméteren fog lángolni, amit eloltani szép kihívás. Szóval ne ökörködjünk, hanem gondosan készítsünk elő mindent, és maximum 10 ml alkoholt gyűjtsünk meg egyszerre, és ne ismételjük meg a kísérletet mosdólavórban.

A biztonsági kérdés áttekintése után oldjunk fel egy kevés  $\text{CuCl}_2$ -t alkoholban. Meglepő módon nem kék, hanem zöld oldatot kaptunk. Szerencsére a higrométeres kísérletek óta ennek tudjuk az okát: a kristályvíz egy része beoldódott az alkoholba, „elvonódott” a rézionok környezetéből, ezért tűnt el a réz akvakomplexére jellemző kék szín, és látjuk a klorokomplex sárgászöld színét. (Az oldat egy kis részéhez adjunk pár csepp vizet: egyszerűen újra bekékül az oldat.)

Töltsük az alkoholos réz-klorid-oldatot a konzervdobozba, és egy gyújtópálca segítségével gyűjtsük meg. Fontos! Az alkohol gőzei azelőtt belobbannak, hogy a pálca elérné az alkohol felületét. Ne ijedjünk meg, pláne ne lökjük fel a konzervdobozt. És emiatt a „lobbanás” miatt soha ne használjunk rövid gyufát, vagy öngyújtót ilyen esetben: garantáltan leégetjük a dús szőrzetet a kezünkről.

Ennyi bevezető után igazán megérdemelten gyönyörködhetünk a réz-klorid lángfestésében. Vagy mégsem? Sajnos nem: esetenként egy-egy pillanatra a láng kis részén látszik a várt kékeszöld lángfestés, de összességében a kísérlet negatív: a láng pont olyan, mintha sima alkoholt használtunk volna. Ismét ne feledjük: a negatív kísérlet nem kudarc: az, ha rájövünk, hogy miért nem a várt eredményt kaptuk, elvezethet a megoldáshoz.

Figyeljük a lángot! Sokáig nem történik semmi, de amikor már csak kevés alkohol van a dobozban, akkor sercegést hallunk, és a láng gyönyörű kékre színeződik. Végre itt a várt effekt! De mi történt, és mi tartott ennyi ideig? Nyilván észrevettük, hogy a sercegést az alkohol felforrása okozta. A forrás során pedig finom folyadékcseppek porlasztódnak bele a lángba, ún. aeroszol képződik. Éppen úgy, mint korábban, amikor a kölniszóróból spriceltük ki az alkoholos  $\text{CuCl}_2$ -oldatot. És

most – éppen mint korábban – a lángba jutó aeroszol már szépen festi a lángot. Mi lehet ennek az oka?

Az alkohol 78 °C-on forr (a réz-klorid 993 °C-on). Amikor meggyújtjuk az alkoholt, akkor az oldat kezdetben szobahőmérsékletű. A láng által leadott energia természetesen melegíteni kezdi az alkoholt, egészen addig, míg eléri a forráspontot, 78 °C-ot. Ekkor a hőmérséklet nem nő tovább, egészen addig, amíg az alkohol teljes mennyisége el nem párolog, de akkor persze a láng is elalszik. És itt egy igen érdekes ponthoz értünk: hiába forró (700-900 °C-os) a láng maga, az égő alkohol mégis maximum a forráspontig melegszik fel. Azaz az égő alkohol egyben „hűti” is a környezetét. Ezt a jelenséget a NASA is kihasználja: bizonyos rakétamotorok torkolatát egy vékony folyadékfilmmel (alkohollal) hűti.

Egy másik izgalmas és életveszélyes alkalmazása a jelenségnek egy bűvésztrükk: a bűvész egy kevés alkoholt fröcsköl a kezére, meggyújtja, majd nagy csapkodásokkal lángot spriccelve ugrál, de végül – láss csodát – nem lesz semmi baja. A kísérlethez nem etil-alkoholt, hanem a még alacsonyabb forráspontú (65 °C) metil-alkoholt használják. Ezt a hőmérsékletet a bőr rövid ideig károsodás nélkül kibírja. A csapkodás (ami ha valaki kigyullad, a legnagyobb hiba, hisz csak fokozza az égés hevességét: le kell feküdni, és hempergéssel, összekuporodással kell eloltani a tüzet, ha tő éppen nincs a közelben) miatti légáramlás egyrészt eltereli a forró láng hőjét a bőrről, másrészt a „szél” segít hűteni a kezét. A kísérletet maximum 1-2 csepp alkohollal (tutira, komolyan, nem egérségből mondom) szabad kipróbálni egy vizeslavór vagy éppen a Balaton mellett. Három nagy hibát lehet elkövetni: a) meggyújtjuk a két cseppet, és minden figyelmünk arra irányul, és nem az ötliteres kannára a másik kezünkben, amit a nagy sietségben elfelejtettünk becukni; b) félünk és kesztyűben próbáljuk ki a kísérletet: az alkohol 2 másodperc alatt el is ég, eddig szupi, csakhogy felgyújtja a kesztyűt, ami egyből ráolvad a kezünkre, így lehúzni sem tudjuk; és c) tök jól megy a kísérlet a kezünkön, ezért kipróbáljuk cimbi hátán is megfelelkezve arról, hogy a szőr is ég. Összefoglalva: ez egy érdekes, és kellő komolysággal, odafigyeléssel biztonságos kísérlet, de végig maximális odafigyelést kíván.

Az újabb kitérő után foglaljuk össze a negatív eredmény okát: a gázlángot szépen színezi a réz-klorid, hisz a láng eléggé forró ahhoz, hogy az anyagot a magas forráspontja ellenére lassan elpárologtassa. A lángba kerülő gőzök okozzák a lángfestést. Az alkohol esetében az alkohol hűtő hatása miatt a réz-klorid egyáltalán nem párolog, nem jut be a lángba, ezért nem tapasztalunk lángfestést. Amikor az alkohol végül felforr, akkor a buborékokkal kicsi cseppecskék formájában bejut az oldat (és így a réz-klorid is) a lángba, ahol a cseppek pillanatszerűen elpárolognak, visszamarad egy mikroszkopikus kristályka  $\text{CuCl}_2$ , amit eztán már az alkohol nem hűt, így el tud párologni, és megszínezi a lángot.

A negatív tapasztalat tehát elvezetett a megoldáshoz: a  $\text{CuCl}_2$ -t be kell juttatni a lángba. Hogyan lehetséges ez? Kanóccal. Gyűjtsünk meg egy gyertyát, és jól figyeljük meg mi történik: a megolvadt paraffint felszívja a kanóc, bejuttatja a láng forró belsejébe, ahol a paraffin elpárolog, és gőzei táplálják a lángot. A párologás ugyan hűti a kanócot (ezért nem ég el), de amikor elfogy a paraffin, akkor a kanóc sem hűl tovább: felizzik és elég. Ezért nem kell egy jól méretezett gyertya kanócat égés közben vagdosni: az magától pont olyan gyorsan ég el, amilyen gyorsan kell. Tehát a kanóc csúcsa mindig nagyon forró: a gyertyánál látjuk, hogy egy ponton izzik is. És éppen ez az, amire szükségünk van.

Csakhogy miből legyen a kanóc? A szövet sajnos nem válik be, a kanócunk azelőtt elégne, hogy a  $\text{CuCl}_2$  jelentős mértékben elpárologna. Olyan anyagot keresünk, ami nedvszívó, tűzálló, biztonságos, (olcsó és legális), és nem tartalmaz nátriumot, mert annak az intenzív lángfestése elfedne minden más színt. Nem tűnik könnyűnek az igényeket kielégíteni, de van ilyen anyag: a vermikulit. Ez a fura lemezes szerkezetű kristályvíztartalmú Mg-Fe-Al-szilikát ásvány hevítésre vizet veszít, és felduzzad, mint a popcorn. Az anyag kertészboltokban kapható. Mivel jó nedvszívó, homokos talajokat javítanak vele. Használják még veszélyes anyagok csomagolásánál: szállításnál ezzel veszik körbe például a brómot tartalmazó üvegeket. Ha eltörne az üveg, a vermikulit felszívja az anyagot, ami így nem folyik szét, kezelhető a probléma. Próbáljunk vegyész vagy agráripáros ismerőstől kérni pár maréknyit.

Ismételjük meg a kísérletet: öntsünk a konzervdobozba alkoholos  $\text{CuCl}_2$ -oldatot, és szórjunk bele annyi vermikulitot, hogy a kupac teteje pár milliméterrel a folyadék szintje fölé érjen. Várjunk pár másodper-

cet, hogy az alkohol átítassa az ásványt, és a szokott nyugodt módon gyújtsuk meg gyújtópálcával. Tádámmm! A láng az első pillanattól az utolsó lobbanásig gyönyörű kék, a vermikulit tökéletes kanócnak bizonyul.

A látvány lenyűgöző, és még edukációs szempontból sem haszontalan, ugyanis egy ismert iskolai kísérletet is demonstrálunk egyben: amikor az utolsó kis lángocska is ellobban, megfigyelhetjük, hogy a vermikulit szegélye pár helyen izzásban marad. Közben – bár az égés során nem sok szagot tapasztaltunk – most határozottan kellemetlen, édes szagot áraszt a konzervdoboz. Mi történik? A dobozt az égés végén alkoholgőzök töltik ki. A forró vermikuliton a réz-klorid részben réz-oxidá alakul (látszik a vörös kéreg). Emlékszünk rá, hogy ez az anyag katalizálja az alkohol oxidációját az édes, de kellemetlen szagú acetaldehiddé ( $\text{CH}_3\text{-CHO}$ ). Az oxidáció exoterm, ezért marad izzásban a vermikulit. A katalizátor részben réz(I)-oxidá alakul, ennek a vörös színét látjuk a vermikulit felületén. Ezért ne várjuk meg, hogy az alkohol az utolsó cseppig elégjen: előtte fedjük le a konzervdobozt a vaslappal, és oltuk el a lángot (sose próbáljuk meg elfújni!).

Van kék lángunk, próbáljunk meg sárgát is csinálni! Ehhez használjuk a nátrium sárga lángfestését: keverjük össze egy kevés alkoholt konyhasóval ( $\text{NaCl}$ ). Öntsük az elegyet egy tiszta konzervdobozba, és szórjunk bele vermikulitot. Gyújtsuk meg a doboz tartalmát a korábbi figyelmeztetések megfontolásával és betartásával. És nincs sárga lángunk! Miért? A válasz könnyebb, mint korábban. Nem volt nehéz megfigyelni, hogy a konyhasó nem oldódik alkoholban, tehát a konzervdoboz alján csücsül, a vermikulit nem tudja felszívni, csak tiszta alkohol jut el a lángba. Mi lehet a megoldás? Olyan nátrium-vegyületet kell keresni, ami oldódik alkoholban (és persze könnyen hozzáférhető). Ilyen anyag például az élelmiszer-tartósításra használt nátrium-benzoát. Lopjuk el a konyhából (a befőző szezonnak úgyis vége), oldjunk egy keveset alkoholban, és ismételjük meg a kísérletet: gyönyörű mélysárga lángunk lesz. Egyben megtanultuk, hogy a kanóc (tágabb értelemben: minden abszorber) csak az oldatokat szívja fel, az oldatlan anyagot nem. Ez a tapasztalat igen fontos, hisz például így működik a szűrőpapír vagy a kromatográfiás eljárások is.

Egy másik érdekesség, amit megfigyelhetünk: ez a konzervdoboz a láng kialvása után sem lesz bűdös (ismét egy fontos negatív tapasztalat!). A dolog nem meglepő, az alkoholgőzök aldehiddé oxidálása katalizátort, pl. réz-oxidokat igényel. A Na-sók a reakciót nem katalizálják, így hiába van jelen minden szükséges komponens/körülmény (alkohol, oxigén, meleg) mégsem történik reakció.

A kék és sárga lángú kandeláberek ugyan önmagukban is megoldják, hogy ellopjuk a karácsonyi bulin a show-t a nagy bájglitól, azért próbáljuk meg kiegészíteni a színskálát. Sajnos a tűzijátékoknál használt bárium- és stronciumvegyületek nemcsak nehezen hozzáférhetőek egy sufni-vegyésznek, de nem is válnak be az alkoholos-vermikulitos módszerrel. Ezek a vegyületek sajnos nem eléggé illékonyak az alkoholos láng hőmérsékletén ahhoz, hogy szép lángfestést tapasztaljunk.

Itt álljunk meg egy kicsit. Már többször mondtuk, hogy a gázláng jóval forróbb, mint az alkohol lángja (amivel a stroncium lángfestése már igen szép, a báriumé ott se mutat valami jól, ahhoz kell a pirotechnikai elegyek 2000 °C-os égési hőmérséklete). Miért van ez így? Ha kiszámoljuk a láng hőmérsékletét (nem nehéz: a képződéshők ismertek, és számolhatunk úgy, hogy a teljes felszabaduló energia az égéstermékek – és a nem reagáló nitrogén – felmelegítésére szolgál) akkor igazolhatjuk a tapasztalatot: a gázláng jóval forróbb. Az oka is kézenfekvő: a szénhidrogén az alkoholban már részben oxidált állapotban fordul elő, így nem meglepő, ha kevésbé „energetikus” az anyag: az égése során már csak kisebb energia tud felszabadulni, ezért a lángja is hidegebb\*.

A következő szín legyen a piros. Ehhez lítium-kloridot oldunk alkoholban, ami a vermikulitos eljárással gyönyörű mélyvörös színnel fog égni. Haha. Honnan szerez a sufni-vegyész lítium-kloridot\*\*? (Még ha lenne is történetesen depressziós rokon, akit lítiumterápiára fogtak, akkor se

---

\*A magas lánghőmérséklet kérdése amúgy izgalmas olvasnivaló unalmas vasárnapi délutánokra. Például a ma ismert legforróbb (kb. 5000 °C-os) lángot a diciano-acetilén ( $N\equiv C-C\equiv C-C\equiv N$ ) – oxigén elegy adja. Ez a láng vakító kékesfehér színű, elsősorban az égés során képződő  $C_2$  gyökök miatt. Ez a gyök felelős amúgy a gázláng (vagy a tiszta alkohol lángjának) a kék színéért is.

\*\*Kis szerencsével néha kapható lítium-karbonát kerámikus szaküzletben.

oldjuk fel a lítium-karbonát-tablettáit sósavban: a lítiummegvonás a beteg életébe is kerülhet...) Próbáljuk talán kimerült lítiumelemekből kinyerni? Jól hangzik az ötlet, de sajnos nagyon nehéz kivitelezni. A legtöbb lítiumelem úgy végzi földi pályáját, hogy a lítium egy spéci szénelektrodába van beépülve, ahonnan igen nehezen oldható csak ki, például tömény salétromsavas forralással. A friss lítiumakksik sem fémlítiumot tartalmaznak, hanem például a  $\text{LiNiMnCoO}_2$  összetételű katódot<sup>\*\*\*</sup>, amiből az anyag elég nehézkesen nyerhető ki. Szerencsénkre létezik egyetlen olyan Li-ion akkumulátor típus, ami tiszta lítiumkatódot használ: ez a lítium- $\text{FeS}_2$  akkumulátor, ami kapható is: az Energizer Ultimate Lithium elem éppen ilyen, és szerencsére nálunk is kapható. Ez az elem feltöltött állapotban lítium fémet tartalmaz. Szedjünk szét egy ilyen elemet (persze feltöltöttet)! Ártatlan dolognak tűnik, de nagyon észnél kell lennünk: az elem rövidre zárásával olyan sok energia szabadul fel, hogy akár az elem meg is gyulladhat. Nem véletlenül félnek annyira a légitársaságok a lítiumakksiktól. A munka során a gyulladás túl komoly veszélyt jelentenek az acélburkolat pengeéles darabjai: a „műtéthez” húzzunk vastag kertészkesztyűt, és a kertben, tűzbiztos helyen dolgozzunk.

Először vágjuk le/pattintsuk ki az elem pozitív „gombját”, majd egy csípőfogóval húzzuk le az elem palástját. Az elem igencsak be van csomagolva, nem lesz könnyű dolgunk. A vékony acéllemez nagyon éles, vigyázzunk a kezünkre. Az elem nyitott végén egy rövidzárlatot megelőzni hivatott elektronika van, azt távolítsuk el. Ezután az elektrodtekercs kicsúszik a köpenyből. Tekerjük ki a tekercset nagyon vigyázva, ha a katód és az anód összeér, akkor rövidzárlatot okozunk, és jó eséllyel a tűz emészti el a lítiumunkat. A belső csík a koromfekete  $\text{FeS}_2$  anód, ezt kidobhatjuk. A következő fehér réteg egy adszorber, amibe egy eléggé mérgező elektrolit van felitva, ezt is gondosan helyezzük a kukába. A harmadik réteg pedig a lítiumfólia maga! (És van egy negyedik átlátszó szigetelő réteg is.) Vigyázzunk az örömkönnyekkel, a lítium a vízzel a nátriumhoz hasonló hevességgel reagál. (Szerencsére az internet nagy segítségünkre van: lítiumot a világ összes sulfidegyésze

---

<sup>\*\*\*</sup>A lítiumelemek/akkumulátorok kémiája is egy nagyon izgalmas téma, ha éppen unatkozna valaki.

ebből az elemből állít elő. Mielőtt „boncolunk”: keressünk rá, van sok videó, ami segíthet.)

A fém a szabad levegőn már pár perc alatt elkezd beszürkülni (LiOH és  $\text{Li}_3\text{N}$  képződik rajta). Ha el akarjuk tenni, akkor nem érdemes olaj alá meríteni (nem is sikerülne, hisz a sűrűsége jóval kisebb az olajénál), száraz levegőn egészen sokáig tárolható: tegyük egyszerűen egy nagyon jól záródó üvegbe. A fém nagyfokú reaktivitása miatt ezt az üveget állítsuk bele egy nagyobb fémdobozba, amibe homokot (esetleg vermikulitot) töltünk, így ha az üveg eltörik, és a lítium meggyullad, akkor sem gyújtjuk fel a házat.

A lítiumot vágjuk fel kis (!) darabokra, és dobáljuk egyesével (!) egy pohárban lévő kevés vízbe. A fém lítium-hidroxid (LiOH) és hidrogén képződése közben oldódik. Vigyázzunk: ha túl nagy darab fémet használunk, akkor a reakció során keletkező hő a fémet megolvasztja, a reakció még hevesebbé válik, végül egy robbanás következik be, amikor vörösen égő olvadt lítium és a lúgos, maró LiOH terít be mindent (a jelenség egyébként messziről nézve szép látvány). Szóval lassan, megfontoltan dolgozzunk. A kapott lúgos LiOH-oldathoz csepegtessünk HCl-oldatot addig, amíg a pH semleges nem lesz. Ehhez használjunk valami indikátort. Ha nem sikerül szereznünk, akkor egy vöröskáposzta-levelet vágjunk apróra és kevés vízzel főzzük 15 percig. Nem baj, ha a lé besűrűsödik, a lényeg, hogy minél erősebb legyen a színe. Ebből a tömény oldatból használjunk pár cseppet: az erősen lúgos közeget sárga-zöld színnel jelzi. 8-9-es pH-nál a szín kék, 7 körül ibolya, savasban rózsaszín, 1-es pH-n piros. A színskála szerencsére a neten is elérhető. Ha sikerül az oldatot körülbelül semlegesre állítani (amit a kékes-lila szín jelez), akkor öntsük át egy lapos edénybe, és helyezzük meleg helyre, ahol nincs útban. A LiCl annyira higroszkópos, hogy nem tudjuk kristályosan kinyerni, de az oldat betöményedik, és lángfestésre ez is tökéletesen megfelel. Ha már nem csökken az oldat szintje, akkor tegyük el egy jól záró (és persze feliratozott) edénybe.

Ennyi munka után jöjjön a próba: a konzervdoboz-alkohol-vermikulit rendszerhez pár csepp LiCl-oldatot adva csodálatos kárminvörös lángfestést tapasztalunk. A lángfestés olyan erős, hogy miután az alkohol elfogy, elég újra pár millilitert adni, LiCl adagolása nélkül is látható a lángfestés: az edényben visszamaradt LiCl elég a jelenség kiváltására. Itt egy újabb fontos munkavédelmi leckét kell megtanulnunk: Az alko-



holt mindig csak akkor adagoljuk, miután kihűlt a konzervdoboz! Gyakori életveszélyes hiba, hogy az alkoholos kannából úgy töltik újra a dobozt, hogy a sarokban még valahol ég egy kicsit. A kannában lévő alkoholgőz berobban, a kanna rakétaként elrepül, miközben vastag sugárban dől belőle az égő alkohol. **Pirotechnikai célra soha ne közvetlenül az üvegből töltsük az éghető oldószert, hanem a tüzeléstől biztonságos távolságban töltsük ki csak a szükséges mennyiséget például egy főzőpohárba. Zárjuk le az üveget, és hagyjuk ott. Csak a poharat vigyük a tűzveszélyes felhasználási helyre.**

Az elnevezés, hogy a láng „kárminvörös” a tankönyvekből származik, és nem tükrözi a szerző véleményét. A kármin egy tetű potrohának vörös színéért felelős anyag, amivel fagyit is festenek, de amúgy egyáltalán nem lítiumláng színű. Mivel a férfiak amúgy csak 16 színt látnak (mint a Windows alapbeállítása), így ne rágódjunk tovább a láng színének elnevezésén, elégedjünk meg azzal, hogy gyönyörű.

A szivárványhoz tehát már csak a zöld láng hiányzik. Itt újabb meglepő dolgokat fogunk tapasztalni. Zöld lángot ugyanis bórsav segítségével tudunk előállítani. Ez a fehér kristályos anyag, patikákban recept nélkül kapható enyhe hatású fertőtlenítő (és nagyon jó rovarirtó). Nagyon gyenge sav, vízben oldva a pH 5 körüli. A vegyület gázlángban igen halovány és szálnalmas zöld lángfestést produkál, ami nem sok jóval kecsgetet. Oldjunk fel egy kevés bórsavat alkoholban, és öntsük a vermikulitos konzervdobozba. Meggyújtva szép élénkzöld lángot kapunk!

Ne dörzsölgessük még a kezünket. A történet sokkal izgalmasabb! Szezzünk be (például modellboltban) egy kevés metanolt (a modellrepülő motorja metanollal működik). Vigyázzunk! Az etil-alkoholtól legfeljebb berüg az ember, de a metanol súlyosan mérgező, és sajnos mostanában is okozott halált a két anyag véletlen összekeverése. Tehát a metanolos üveget egyértelműen feliratozni kell, ráírni, hogy „mérég”, és jelölni kell halálfejes piktogrammal is. Semmilyen körülmények között nem szabad az élelmiszeres üvegek között tárolni, hanem elkülönítve a vegyszerezés között kell tartani. Különösen fontos, hogy mérgező anyagot sosem szabad élelmiszeres üvegbe tölteni. A metanol a vegyész kezében egyáltalán nem veszélyes. Bőrön át gyakorlatilag nem szívódik fel, ha jól szellőző helyen dolgozunk (és ugye ott dolgozunk?), akkor a gőzei se nem mérgeznek meg, se nem gyulladnak fel.

Ha kiömlik egy kevés, töröljük fel WC-papírral, és húzzuk le. Kis mennyiségeket nyugodtan kiönthetünk a csapba, majd mossuk le alaposan. Nagy hígításban nem mérgező, például a kóser borok, de a pálinkák is tartalmaznak, akár 1-2%-ot is.

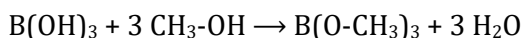
Tényleg? Kicsit ijesztően hangzik, nem? Pedig így van, és a bórsav segítségével ki is tudjuk mutatni. Vegyünk két tiszta konzervdobozt. Most ne használjunk vermikulitot. Öntsünk a két dobozba metil- és etil-alkoholos bórsav oldatot. Meggyújtva az etil-alkoholos oldat a korábbi „kanócos” kísérletünknek megfelelően viselkedik: a láng halványkék, csak az alkohol felforrása után lesz zöld. Mi a helyzet a metanollal? Hoppá! A meggyújtás után azonnal, minden kanóc nélkül gyönyörű zöld lángunk van! Mi lehet erre a magyarázat?

Készítsünk nátrium-hidroxid (NaOH)-oldatot: kb. 50 ml vízben oldjunk fel 1-2 „drázsényi” NaOH-t. Az oldás során a vízben oldott gázok kipezsegnek, finom ködöt képeznek, ami persze a már oldódott NaOH miatt erősen lúgos. Ha ezt belélegezzük, akkor hosszan köhögünk, ezért a NaOH-oldat készítését – bármennyire ártalmatlannak tűnik is az ügy – mindig szabadtéren kell végezni. Mi most híg oldatot készítünk, de töményebb oldat esetén számolni kell azzal is, hogy a hatalmas oldáshő simán felforrallhatja az oldatot, és a szétfrecsegő tömény lúg iszonyú károkat tud okozni. Tehát ilyenkor mindig kis adagokban adagoljuk az anyagot, gumikesztyűt és védőszemüveget mindenképpen kell viselni. Ha bőrre, pláne szembe jut az oldat azonnal (!) bő vízzel ki/le kell mosni. Ha ilyen veszélyes a NaOH (igen, az), akkor honnan szerzi be a sufni vegyész? A biobolttól (tényleg). Nagyanyáink korában rengeteg halált okozott az anyag (szappanfőzéshez használták), ezért vagy 60 éve a forgalmazását megtiltották (helyette mosószódát használtak). Modern korunk „bioőrültjei” újra készíténe szappant (ez sufni vegyész-szemponctól persze tiszteletre méltó), de közben ezek a még az E-számoktól is rettegő alakok simán beengednek a lakásukba egy ilyen durva kemikáliát.

Készítsünk újra metilalkoholos bórsavoldatot, de ezúttal adjunk az oldathoz pár csepp NaOH-oldatot is. Ha vermikulit nélküli konzervdobozban meggyújtjuk, nem látunk zöld lángot. A zöld láng akkor sem jelenik meg, miután felforr a metanol: a NaOH sárga lángfestése elnyomja.

Figyeljünk meg még egy jelenséget! Amikor vermikulit nélkül égettük a metil- és etil-alkoholos bórsavoldatokat akkor az etanolos doboz alján fehér bevonatként végül bórsav maradt vissza. A metanolos doboz azonban tiszta. Mit jelentenek ezek a kísérleti adatok? (A vegyész a következtetését legtöbbször nem pusztán egyetlen kísérlet alapján vonja le, hanem sok kísérlet eredményét összegzi: szintetizálja. Most is ezt kell tennünk.)

A jelenség magyarázata az, hogy a bórsav az alkoholokkal reakcióba lép. Nyilván mindenkinek beugrik szerves kémia óráról: észterek képződnek:



A reakcióban bórsavészterek, például trimetil-borát képződik. És itt a magyarázat! Amikor pl. nátrium-benzoátot oldottunk alkoholban, akkor Na-benzoát oldatot kaptunk. De a bórsav alkoholos oldatában nincs bórsav, abban bórsavészter található. És a bórsavészterek illékonyak, sokkal illékonyabbak, mint maga a bórsav. Láttuk, a bórsav még gázlángban is alig-alig párolog el, ezért színezi csak nagyon gyengén a lángot, az észterek illékonyak, ezért szép a lángfestésük. NaOH hatására az észterek elbomlanak, a nátrium-borát só keletkezik, ami a bórsavhoz hasonlóan gyakorlatilag nem illékony. Ezért tűnt el a lángfestés.

De mi a magyarázat a metanol és az etanol eltérő viselkedésére? Az észter és alkohol forráspontjának a viszonya. Láttuk, hogy a két alkohol forráspontja 65 °C és 78 °C. A két észteré pedig 68,7 °C és 118 °C. Azaz a trimetil-borát forráspontja lényegében egybeesik a metanoléval, míg az etil-alkohol-trietil-borát esetén az észter forráspontja jelentősen magasabb. Tehát a gőztérben a metanol fölött igen jelentős mennyiségben a bórsavészter is megjelenik (ezért a láng már vermikulit nélkül is zöld), és az észter az alkohollal együtt el is párolog, ezért „tűnik el” a bórsav a metanolos konzervdobozból. Az etil-alkohol esetén az észter csak nagyon minimálisan párolog, az alkohol felforrása után is csak a cseppecskék révén jut a lángba, végül elforrrhat az összes alkohol (78 °C-on), valamennyi észter mindig marad vissza (ami nem éghető, és végül hóbomlást szenved, ezért látunk bórsavat).

A metil-alkohol ilyen spéci viselkedése persze a piromániásoknak nagy örömet okoz, de nem lehetne ezt valami hasznos célra is felhasználni? Dehogynem. Gyakori probléma, hogy valamilyen alkoholban ki kell mutatni a metanolszennyezést. Ezt napjainkban természetesen műsze-

res módszerrel, gázkromatográfiával végzik. De van egy „hagyományos” sufnimódszer is: kihasználjuk a trimetil-borát alacsony forráspontját. Vegyünk pl. 10 ml etil-alkoholt (használtunk akár izopropil-alkoholt is, amit elektronikai boltban vehetünk meg, mint zsírmentesítő tisztítószert). Oldjunk fel az alkoholban bórsavat. Vegyünk pár csepp mintát, és gyűjtsuk meg (természetesen a többi alkoholtól biztonságos távolságban). A kis mennyiség miatt a konzervdobozt ne a szokványos módon használjunk: célszerű a dobozt "fejreállítani", és a pár csepp mintát az alján meggyújtani, így jobban meg tudjuk figyelni a lángot. A láng színtelen (ilyen kis mennyiségű alkohol nem fog felforrni, a hőt elvezeti a doboz). Kezdjük el cseppenként metanolt adagolni a mintához, számoljuk a cseppeket. Időnként vegyünk mintát, és ismét gyűjtsuk meg: Már egészen kevés metanol hozzáadása után zöld lángot fogunk látni. Egy csepp térfogata kb. 0,05 ml szokott lenni, így kiszámolhatjuk, hogy mennyire érzékeny a módszer. 1% metanolt így biztosan ki lehet mutatni.

Használható ez a módszer boron/pálinkán is? Közvetlenül nem, ugyanis a víz zavarja a kimutatást (hisz észterképzésről, egy vízkilépéses reakcióról van szó). A megoldás az lehet, hogy egy kémcsőben óvatosan elkezdjük melegíteni a vizsgált szesz egy mintáját. A párologó alkohol a kémcső szájánál lecsapódik. Ez az alkohol természetesen „vízmentes” (96%-os), és így a vizsgálat már elvégezhető rajta. Mivel a metanol illékonyabb, mint az etanol, így ebben a párlatban eleve koncentráltabban fordul elő, mint magában az italban: a módszer így még érzékenyebb. Ha a kémcső falán lecsapódó alkoholcsöppeket összegyűjtjük, egy kis kristály bórsavat adunk hozzá, és meggyújtjuk, akkor pálinkák esetén szinte mindig zöld láng jelzi ezen italok magas (1% körüli) metanoltartalmát, míg a legtöbb bor, sör, konyak stb. esetén nem találunk kimutatható mennyiségű metanolt.

Egy érdekes analitikai módszert dolgoztunk tehát ki: a vizsgált komponenst (metanol) úgy mutatjuk ki, hogy átalakítjuk egy könnyebben azonosítható anyaggá (trimetil-borát). Ezt az eljárást „származékképzésnek” nevezi az analitikai kémia tudománya, és elterjedten használják. A magas forráspontú zsírsavakat például metilészterré alakítva tudják gázkromatográfiával mérni.

Végezetül reméljük, mondani sem kell, hogy zugfőző barátaink pancsolt illegál pálinkáinak metanoltartalmát nem szabad egy ilyen egy-

szerű módszerrel megmérni. Ennek az eljárásnak olyan sok hibalehetősége van, hogy emberéleteket nem szabad rábízni!

Végül eljött az idő. Tegyük félre egy kicsit a magas tudományt, rakjunk sorba 4 konzervdobozt vermikulittal, töltsük meg sorban bórsavas, Nabenzoátos,  $\text{CuCl}_2$ -os és  $\text{LiCl}$ -os alkohollal, és gyújtsuk meg, ahogy mi tettük a címlapfotó elkészítésekor. A kémia ezzel tud hozzájárulni az ünnepi hangulathoz.

Az interneten számos, egészen megdöbbentő színű tűzről készült fotó található. Kis kutakodással aztán rendszeresen kiderül, hogy a felvételek „fotoshopolással” készültek. A sufnivegyész ismét nagy harcot nyert: nem egyszerűen csak azt bizonyította be, hogy ilyen gyönyörű dolgok, mint a színes tűz (kis tudással) a valóságban is léteznek, de közben egy csomó kémiai rejtélyt is sikeresen feltárt.

Legyen ez a rovatunk karácsonyi üzenete: vajon miben rejlik a kémia (vagy más tudomány) igazi szépsége, varázsa és értéke: az előállított dolgok hasznában/szépségében, vagy inkább az oda vezető útban, a megértés örömeiben?\*

---

\* Ez egyfajta pozitív kicsengésű gondolat, amolyan jókívánságféle lenne.