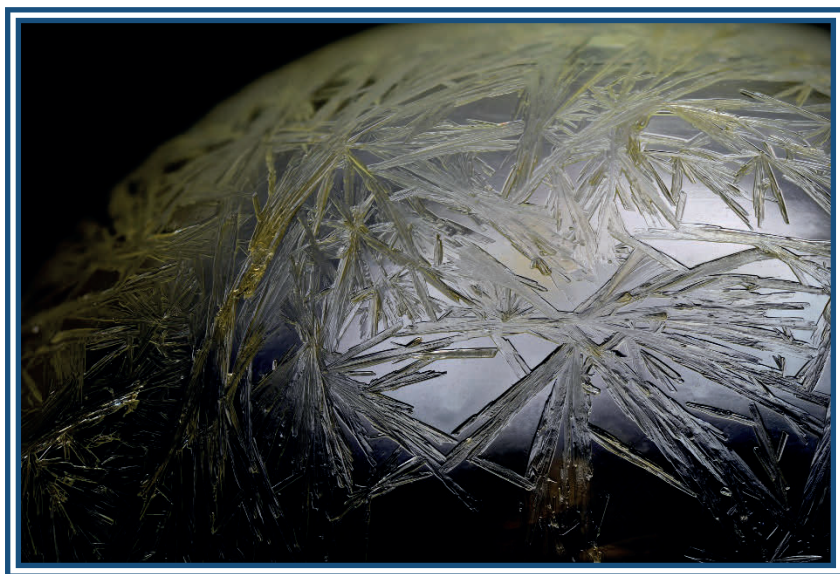
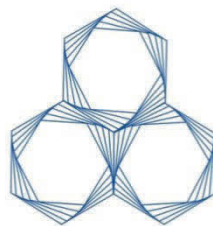


# Középiskolai Kémiai Lapok



**XLVIII.**

**2021/2.**



EMBERI ERŐFORRÁS  
TÁMOGATÁSKEZELŐ



MINISZTERELNÖKSÉG  
GALDOKI TUDOMÁNYOS KÖZPONT



Nemzeti  
Tehetség Program

A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap, a Miniszterelnökség, a Nemzeti Tehetség Program és a Magyar Tudományos Akadémia támogatja.

# Középiskolai Kémiai Lapok

A Magyar Kémikusok Egyesülete  
Kémia tanári Szakosztályának folyóirata

|                      |                         |                |
|----------------------|-------------------------|----------------|
| <b>2021. március</b> | <b>XLVIII. évfolyam</b> | <b>2. szám</b> |
|----------------------|-------------------------|----------------|

**Alapító:** Dr. Várnai György

**Főszerkesztő:** Zagyi Péter

**A szerkesztőbizottság:**

**Elnöke:** Dr. Magyarfalvi Gábor

**Tagok:** Dr. Borbás Réka, Dr. Horváth Judit, Dr. Ósz Katalin,  
Tóth Edina, Dr. Tóth Zoltán, Dr. Varga Szilárd, Zagyi Péter

|                       |                                                                                                         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Szerkesztőség:</b> | Magyar Kémikusok Egyesülete, 1015 Budapest Hattyú u. 16.<br>E-mail: kokel@mke.org.hu      06-1-201-6883 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Kiadja:** Magyar Kémikusok Egyesülete

**Felelős kiadó:** Androsits Beáta

**Terjeszti:** Magyar Kémikusok Egyesülete

**Előfizethető:** postai utalványon a Magyar Kémikusok Egyesülete,  
1015 Budapest Hattyú u. 16. II. 8. címre vagy átutalással a CIB  
Bank Zrt. 10700024-24764207-51100005 pénzforgalmi  
jelzőszámon „MKE9068” megjelöléssel.

**Készült:** Europrinting Kft.

**Megjelenik** évente ötször.

**Előfizetési díj** a 2021. évre: 4000 Ft, mely összeg magában foglalja az áfát.

A Magyar Kémikusok Egyesülete tagjai számára kedvezményes előfizetési  
díj: 3000 Ft.

**ISSN 0139-3715 (nyomtatott)**

**ISSN 2498-5198 (online)**

<http://www.kokel.mke.org.hu>

A lapot az MTA MTMT indexeli és a REAL archiválja, továbbá az Országos  
Széchényi Könyvtár (OSZK) Elektronikus Periodika Adatbázisa és Archívuma  
(EPA) archiválja.

A címlapfotó Hegedüs Kristóf munkája.

A kiadó számára minden jog fenntartva. Jelen kiadványt, illetve annak részleteit  
tilos reprodukálni, adatrendszerben tárolni, bármely formában vagy eszközzel  
– elektronikus, fényképes úton vagy módon – a kiadó engedélye nélkül  
közzélni.

## SUFNILABOR



Kóczán György

### A Sufnilabor anyák napi különkiadása

Nem, nem a szerző bolondult meg, és nem is a kéziratoknál megszokott apró késésről van szó. Rovatunk mostani részében édesanyáknak fogunk kedveskedni egy fluoreszcein nevű festék előállításával. Hogy ez neki miért jó, majd meglátjuk. Mivel egy hosszú küldetésről van szó, érdemes nekikezdeni, hogy időre elkészüljünk.

Tehát: a fluoreszceinhez rezorcinra és ftálsavanhidridre lesz szükségünk, amihez meg kell tanulnunk desztillálni, ahhoz meg elengedhetetlen, hogy üvegmegmunkálási gyakorlatot szerezzünk.

Eddig zömmel olyan kísérleteket végeztünk, amihez elegendő volt egy kimosott konzervdoboz, vagy egy fazék. Ha komolyabb laboreszközöket is igénybe akarunk venni, akkor meg kell tanulnunk üveggel dolgozni: vágni, hajlítani. Persze csak nagyon amatőr módon, de higgyük el, a fiatalkori üvegcsőhajlítási bénázások révén egy nagyon hasznos gyakorlatot szerzünk, ami később, már kutatói éveink alatt gyakran lesz segítségünkre (és vívja ki a kollégák elismerését).

Kezdjük az elején: üvegcsőre lesz szükségünk. Minél alacsonyabb lágyuláspontú üveget szerezzünk be, így is komoly kinszenvedés lesz a kellően magas hőmérséklet elérése. Vastag üvegcsövet a nagyáruházak kiégett fénycső gyűjtőjéből tudunk szerezni. A fénycső végét levágjuk, és a belsejét borító ún. „fényport” gondosan kitakarítjuk. Ez így könnyen hangzik, de – mint egy jó küldetéshez illik – máris két életveszélyes feladattal állunk szemben. A fényporok esetenként rákkeltő hatásúak (régén számos berilliumvegyületet használtak ilyen célra), a csőben pedig vákuum van, ha vágjuk, jó eséllyel robban.

Mielőtt a komoly küzdelembe kezdünk, keressünk egy vékony üvegcsövet, amin begyakorolhatjuk a vágást. Ehhez szükségünk lesz egy

kaszakőre dédapánk hagyatékából (vagy a „gazdabót”-ból), esetleg egy késélező kőre. A fenőkő élével karcoljuk meg az üvegcsövet ott, ahol el akarjuk vágni. A karc fusson körbe a peremen úgy, hogy lehetőleg a kerület felét-harmadát lefedje. Most jön a trükk, ami a legtöbb szakkönyvből hiányzik: az ujjunkkal töröljük végig a karcot. Ilyenkor a bőrünket borító zsír bekerül a mikroszkopikus repedésekbe, és meglepő hatékonysággal segíti a karc tovább terjedését! Próbáljuk ki: a simítás hatása frenetikus<sup>1</sup>! A csodasimítást követően fogjuk meg a csövet két kézzel a karc két oldalán, két hüvelykujjunkkal támasszuk meg a karccal ellentétes oldalon, és érzéssel hajlítsuk, és egyidejűleg húzzuk szét a két véget. Ne erőltessük: megfelelő munka esetén a csőnek kis erőbehatásra is el kell pattannia.

Elsőre a dolog aligha fog simán menni. Gyakoroljuk sokat. A munka elején húzzunk védőkesztyűt, később, amikor már „érezzük az üveget” ez nem lesz fontos. Vastag falú cső esetén ez a módszer nem mindig válik be, ilyenkor a gázlámpánk legforróbb lángja segítségével fehér izzásig kell melegíteni egy üvegcső/üvegbot végét, és a forró, kilágyult üveget hozzá kell nyomni a repedés végéhez. A hirtelen hőtágulás hatására az üveg továbbreped. Kis ügyeskedéssel a repedést körbe tudjuk vezetni a csövön. A csövet csak úgy tudjuk eltörni, ha a karc mindkét oldalán legalább 7-10 cm-es túlnyúló rész van. Ha egy cső végéből csak pár cm-t kell levágnunk, akkor csak a forró üveggel való repesztést használhatjuk.

Ne felejtjük el: a törött üveg hihetetlenül éles, mély, és nehezen gyógyuló sebet ejthet. A munka során erre mindig tekintettel kell lennünk: húzzunk védőkesztyűt, és a szilánkokat a munka végén különösen gondosan takarítsuk fel. A védőszemüveg is elengedhetetlen: a szemből a pár milliméteres üvegszilánk eltávolítása felejtetetlen kaland.

Vigyázzunk: a frissen vágott üvegcső vége is nagyon éles. Mielőtt a munkát folytatnánk, ezzel kezdenünk kell valamit. Gyűjtsuk meg a gázlámpánkat, és állítsuk erős fokozatra. Tartsuk be az üvegcső frissen vágott végét a láng legforróbb részébe. Az üveg nagyon rossz hővezető, ezért a lángtól 4-5 cm-re már nyugodtan megfoghatjuk. Ugyanakkor a

---

<sup>1</sup> Egy egyszerű simogatás ilyen átütő hatásával a szerző az élet más területein nem találkozott...

rossz hővezetés miatt a forró üveg nagyon lassan hűl ki, erre mindig tekintettel kell lennünk. A hevítés megkezdése előtt keressünk egy hőálló alátétet, amire a forró üveget majd rá tudjuk tenni: nagy porcelántálat, csempét vagy paladarabot. És persze ne égessük meg magunkat azzal, hogy rámarkolunk a lángból pár perce kivett darabokra.

A lángban az üvegcsőnek egyenletesen kell melegednie, különben a rideg anyagban az eltérő hőtágulás miatt olyan erős feszültség keletkezik, ami akár szétvetheti a csövünket. Gyakoroljuk be, még hidegen: az üvegcsövet két ujjunkkal folyamatosan oda-vissza forgatni kell. Tehát a frissen vágott üvegcsövet a végétől 4-5 centire két ujjal megfogjuk, oda vissza forgatjuk, és a végét beletartjuk a lángba. Megfigyeljük, hogy pár másodperc múlva a kék láng színe sárgára változik (nem meglepő: az üveg nátriumtartalmú anyag, a nátrium-ionok pedig sárgára festik a lángot). A lángfestés megjelenése után a cső vége izzásba jön. Mikor az izzás színe már élénk sárga, akkor megfigyelhetjük, hogy az éles törési felület legömbölyödik: a kilágyuló üveg felületi feszültsége a vízcsepphez hasonlóan gömbölyű formára húzódik össze. Húzzuk ki a lángból a csövet, de a forgatást ne szüntessük be: a melegítéshez hasonlóan a lehűlésnek is egyenletesen kell történnie. Kb. 10 másodperc leteltével tegyük a csövet a tűzálló lapunkra, és várjunk legalább 4-5 percet, mielőtt kézbe vennénk.

Fontos, hogy az éles üveggel és a forró lánggal való munka során mindent előre végiggondoljunk, és nyugodt, lassú, megfontolt mozdulatokkal dolgozzunk. Ehhez sok gyakorlás szükséges, ne sajnáljuk rá az időt.

Ha már begyakoroltuk a vágást, akkor térjünk vissza a fénycsőre! A cső belsejében vákuum uralkodik, azaz hatalmas nyomás préseli a cső falát befelé. Ha megkarcoljuk (meggyengítjük), akkor a repedés nem szép lassan körbefut, hanem egy pillanat alatt berobban az egész cső. Tehát vágás előtt meg kell szüntetni a vákuumot. Ehhez állítsuk a lámpánkat szűrőlángra. Ha nincs rajta ilyen opció, akkor egy kb. ceruza vastagságú üvegcsővel fújjunk bele oldalról a láng magjába: az ellenkező oldalon egy keskeny, hosszú, és nagyon forró lángnyelv jelenik meg. Irányítsuk ezt a szűrőlángot a fénycső egyik vége közelében egy pontra. Az üveg hamar kilágyul, és a vákuum egyből be is szívja. A jelenség hangos pukkanással

jár, ne ijedjünk meg<sup>2</sup>. Így tudjuk biztonságosan kinyitni a vákuum alatti üvegeszközöket. Ezt követően már levághatjuk a cső két végét, és kitakaríthatjuk a fényport<sup>3</sup>. Próbáljunk vékonyabb (kb. 2 cm) és vastagabb (3-4 cm) átmérőjű csöveket is beszerezni<sup>4</sup>.

Megtanultunk üvegcsövet vágni, a következő lépés a hajlítás. Ezt is először egy vékony csövön gyakoroljuk be. A csövet fogjuk két oldalt, és a két kezünk között egy 6-8 cm hosszú darabját lágyítsuk ki (természetesen állandóan forgatva) a gázlángban. Amikor a cső már lágy, akkor fontos, hogy a két kezünk segítségével azonos módon forgassuk a csövet, különben csomót kötünk rá. Ha a cső világossárga színben izzik, és már határozottan lehajlik, akkor vegyük ki a lángból, és azonnal (mielőtt kihűlhetne), de ugyanakkor lassú mozdulattal hajlítsuk meg. Nem mereven megtörve, hanem egy gáláns mozdulattal, az anyagot szinte „végigvezetve” egy körív mentén. Nehéz leírni a mozdulatot, de pár napnyi gyakorlás után mindenkinek a „kezében lesz” a szép íves hajlítás módja. Persze lehet ezt rondán is csinálni, a gáz úgy is bekanyarodik, csak hogy ilyenkor az üvegben sok feszültség marad, és esetleg hónapokkal később, minden látható ok nélkül, a legkritikusabb pillanatban elpattan. A hajlításnál mindig egy kicsit jobban meghajlítjuk a csövet, és végül egy kicsit visszahajlítjuk pontosan a kívánt szögben.

Ha megszereztük a kellő gyakorlatot, akkor készítsük el a desztilláló készülékünket!

Ehhez vegyünk egy 70-80 cm hosszú kb. 2-3 cm átmérőjű üvegcsövet (vékony fénycső), és a végétől 20 cm-re hajlítsuk meg kb. 110 fokos szögben. A 20 cm-es rész függőlegesen fog állni, a ferdén lefelé mutató végen fogjuk kialakítani a hűtőt. Kell még egy lyukat kialakítani a cső legmagasabb pontján. Ehhez dugaszoljuk be a csövünk egyik végét, és a korábban begyakorolt szűrőláng segítségével izzítsuk fel ott, ahova a

---

<sup>2</sup> Ha mégis, akkor takarítsuk össze a cső maradékát, és legközelebb legyünk bátrabbak.

<sup>3</sup> Ne felejtsük el, hogy veszélyes anyagról van szó: járjunk el nagyon gondosan, ne lélegezzük be a porát, ne szórjuk szét. A legjobb, ha végül visszacsempésszük a gyújtóhelyre a fénycsövek mellé.

<sup>4</sup> Vannak olyan "álfénycsövek", amikben LED diódák találhatók. Ezekben nincs vákuum, és gyakran tiszta üvegcsöveket használnak. Mondanom sem kell, hogy a sufnivegyész szemében mekkora kincsről van szó!

nyílást tervezzük. Ha az anyag fehéren izzik, fújjunk finoman bele a csőbe: egy kicsi, 1-2 cm-es buborék keletkezik a hevítés helyén<sup>5</sup>. Izzítsuk a láng segítségével ezt a kis golyócskát, és másodszorra erősen fújjunk bele a csőbe. Egy hatalmas, hajszálvékony falú buborék keletkezik, amit egy legyintéssel összetörünk<sup>6</sup>: egy szép kerek lyuk marad a csövön a tervezett helyen.

Vágjunk le egy vastagabb (4-5 cm-es) üvegcsőből egy 25-30 cm-es darabot. Szükségünk lesz még két darab, L-alakban meghajlított 5-8 cm hosszú vékony (6-8 mm-es) üvegcsőre is.

Elkészültünk hát az üvegmegmunkálással. De ne hagyjuk itt abba! Gyakoroljunk, fejlesszük tudásukat! Keressünk videókat az interneten, ahonnan elleshetjük a profik trükkjeit<sup>7</sup>.

Ha mindennel megvagyunk, akkor szilikon ragasztó segítségével állítsuk össze a desztilláló készülékünket! Keressünk egy edényt (célszerűen nagy gömbloblikot), amiben az oldatunkat biztonsággal forralni tudjuk. Csak olyan edényt használjunk, ami kibírja a melegítést, pl. borosüveget nem szabad ilyen célra használni, mert az egyenetlen

---

<sup>5</sup> Nagyon óvatosan fújjunk: ha túlzásba vesszük, a gümőke kipukkad, mindent beterítünk forró üveggel. Inkább fussunk neki többször finoman.

<sup>6</sup> Ez ijesztően hangzik, de az ilyen szappanbuborék-vastagságú üveg teljesen veszélytelen. Lágy, hajlítható, és nem éles.

<sup>7</sup> Ha eleget gyakorlunk, akkor karácsonyra már képesek leszünk üvegcsövek, vagy vékony kémcsövek végére szép kis gömböket fűjni. A csőben ezek után elvégezzük az ezüstitűkör-próbát, így készítve el a biedermeier hagyomány szerinti, ezüstszínben csillogó karácsonyfadíszeket. Egy kis alkoholban finoman melegítve oldjunk egy kevés sellakot, és pár kristályka (vagy csepp, ha oldatunk van) ételfestéket. Mártuk az oldatba a gömböket, és forgassuk őket, hogy a lakk megfolyás nélkül, egyenletesen száradjon meg. Ekkor sirlamas „zúzmarás”, matt látványt nyújtanak a díszek. Ha azonban meleg sütőbe rakjuk pár percre (vagy finoman ráfújjunk hőlégfúvóval), akkor a matt lakkréteg megolvad, és gyönyörű fényes, színes bevonatot alkot. A „régis szép időkben” így készültek a karácsonyfadíszek, és nem műanyagból fröccsöntve, mint napjaink igénytelen dömpingárja.

Ne álmodjunk túl nagyot: már arra is büszkéek lehetünk, ha 4-5 centis gömböcskéket tudunk fűjni. Ugyanis nem a méret számít: figyeljük meg agg rokonaink szemében a fura csillogást, amikor meglátják a régi évek emlékét idéző, igazi mestermunkával készült díszünket!

melegedés hatására könnyen eltörhetne. Az edény szájába keressünk egy parafa, vagy inkább szilikongumi dugót. Ezt fúrjuk át, és helyezzük el benne a görbén meghajlított üvegcsövünket. A cső leszálló végére húzzuk rá a vastagabb üvegcsövet köpenyszerűen, és szilikon ragasztóval ragasszuk rá. A két L-csövet is rögzítsük, ezen fog a hűtővíz áramlani. Végezetül készítsünk valami stabil állványt a készüléknek. Különösen fontos, hogy az edényt (szakszóval adólombik vagy üst) stabilan fogjuk, nehogy kidőljön az értékes (és esetleg mérgező, vagy éppen tűzveszélyes) anyagunk.

Végül ragasszuk a helyére a hőmérőnket is: szerencsére ma már fillérekekért kapható pontos digitális hőmérő. A húsok hőmérsékletének mérésére szolgáló konyhaeszköz tökéletesen megfelel. A mérőszensor nyúljon be a hajlat közepéig.

Megéri ennyi időt áldozni a készülék összeállítására ahelyett, hogy a netről rendelnénk egy profi darabot? Mindenképpen. Egy készülék elkészítése, beüzemelése révén szerezzük meg azt a jártasságot, ami majd később a sokkal bonyolultabb eljárások tervezéséhez szükséges.

Avassuk fel készülékünket: készítsünk toluolt a további munkákhoz!

Ehhez keressünk olyan hígítót a festékboltban, ami toluolt, acetont, esetleg etil-acetátot tartalmaz! Kerüljük a butanol, butil-acetát, vagy izobutil-acetát tartalmú készítményeket: ezeknek az oldószereknek a forráspontja túl közel esik a toluoléhoz, nem fogjuk tudni elválasztani őket. Tanulmányozzuk a címkéket, vagy a biztonsági adatlapokat!

Öntsünk 2-3 decinyi hígítót az adólombikba<sup>8</sup>. Az egyenletesebb, „bugyogásmentes” forrás érdekében adjunk pár üvegszilánkot a lombik tartalmához, majd a lombikot szorosan rögzítsük a hűtőre. Indítsuk el a hűtővizet, és kezdjük el melegíteni a lombikunkat. Erre soha ne használjunk nyílt lángot: egy elrepedő lombik tűzveszélyes tartalma egy pillanat alatt terít be tűzzel egy fél szobát! A melegítésre legalkalmasabb egy hőlégfúvó, amivel a melegítést állandó legyezgető mozdulatokkal végezhetjük.

---

<sup>8</sup> A lombik maximum félig lehet. Soha ne desztilláljunk nagy mennyiségeket, hisz az fokozott balesetveszélyt jelent. Ha szükséges, a munkát több kis részletben végezzük el.



A hűtő vége alá tegyünk egy szedőedényt. Soha ne rögzítsünk egy lombikot egy dugó segítségével a hűtőre, mert ilyenkor zárt rendszer alakulna ki, ami a hőtágulás, oldott gázok felszabadulása miatti nyomásfokozódás révén könnyen robbanást okozhatna. A desztilláló készülék mindig legyen nyitott!<sup>9</sup>

Ha az oldat forrása megindul, akkor figyeljük meg a „forrgyűrű felszállását”. Ez az alkimisták korát idéző elnevezés a forró gőzök érdekes viselkedését takarja. A forró pára találkozik a készülék még hideg (szobahőmérsékletű) falával, ott lecsapódik, és lefolyik, csakhogy közben a készülék falát felmelegíti a forráspontig. Így a következő pillanatban a lecsapódás már egy kicsit feljebb lesz megfigyelhető. Tehát egy gyűrű alakú folyadékbevonat halad végig a készüléken a desztilláció megindulása előtt.<sup>10</sup> Ha a forrgyűrű eléri a hűtőt, akkor megindul a párlatképződés, megjelenik a szedőedényben az első csepp desztillátum. Munka közben figyeljük a hőmérőt. Amíg a hőmérséklet nő, addig változik a desztillátum összetétele. Ha a hőmérséklet állandósult, akkor egységes összetételű a párlat. Az acetone, etil-acetát alacsony hőmérsékleten desztillál. Ha az elegyből elfogy az alacsony forráspontú komponens, a forrás rövid időre megszűnik, míg elérjük a magas forráspontú anyag (ez esetben toluol) forráspontját. Cseréljünk szedőedényt, és gyűjtsük össze a tiszta toluolt.

A desztilláció a vegyész egyik legfontosabb laboreljárása<sup>11</sup>. Rengeteg trükk, tudnivaló, bonyolult kérdés és összetett elmélet megismerése vár még ránk az elkövetkező években. Olvassunk utána, tanuljunk, de legfontosabb, hogy gyakoroljunk sokat! És ne ragadjunk most itt le, hisz küldetésünk van!

Kezdjük a rezorcin megszerzésével. Szerezzünk 1-2 üveg „Solutio Castellani” oldatot, amit a patikákban árulnak lábgomba ellen. Ez az anyag 96%-os alkoholban oldott fenolt, 4% rezorcint tartalmaz egy kevés bórsav és más szervesetlen anyagok mellett. Öntsük a lábgomba-

---

<sup>9</sup> Ez az egyik leggyakoribb laborbaleset. Mindenképpen figyelmeztessük pálinkakészítő barátainkat is!

<sup>10</sup> 30 év laborgyakorlat után is örömmel nézem minden alkalommal.

<sup>11</sup> Nem véletlen, hogy a retorta, a legegyszerűbb desztilláló készülék a szakmánk jelképe lassan 1000 éve.

elixírt a kitisztított desztilláló készülékünkbe, és desztilláljuk le az alkoholt. Vigyázzunk, ne „süssük meg” a maradékot! A kihűlt lombikba öntsünk az eredeti térfogat felének megfelelő mennyiségű toluolt, és hőpuskával melegítsük a lombik tartalmát közel forrásig. A lombikban maradt szilárd anyag döntő része feloldódik, csak a bórsav marad oldatlanul. Öntsük át a forró oldatot egy lombikba vagy főzőpohárba, ügyelve arra, hogy a nem oldódó szervesanyagok a lombikban maradjanak<sup>12</sup>. Ahogy az oldat kihűl, a pohár falára kiválnak a rezorcinn-kristályai, míg a fenol hidegen is jól oldódik toluolban. Szűrjük ki a rezorcint, és hagyjuk megszáradni.

Honnan tudjuk, hogy valóban rezorcint kaptunk? Végezzük el a Szelivanov-próbát. Ez az eljárás a keto-cukrok azonosítására szolgál, de mi megfordítjuk: keto-cukor segítségével mutatjuk ki a reagenst: a rezorcint. Tegyük egy kémcsőbe egy késhegynyi rezorcint, és ugyanannyi fruktózt<sup>13</sup>, majd adjunk hozzá 3 ml vizet és 3 ml háztartási sósavat. Tegyük pontosan 1 percre a kémcsövet forrásban lévő vízbe. A megjelenő szép piros szín igazolja, hogy sikerült rezorcint nyernünk<sup>14</sup>.

A ftálsavanhidrid megszerzése kicsit kalandosabb dolog lesz. Az orto izomerre lesz szükségünk, aminek észtereit elsősorban PVC műanyagokban használják lágyítóként. A PVC önmagában egy rideg, törekeny anyag lenne, de pártíz százaléknyi ftalátészter hatására kesztyű, zuhanyfüggöny stb. készíthető belőle. Sajnos a ftalátoknak elég kellemetlen élettani hatásai vannak, így egyre ritkábban használják őket. Keressünk lomtalanításkor régi PVC padlót, terítőt. Ezekben jó eséllyel dioktil-ftalát, vagy bisz-etilhexil-ftalát található. Honnan tudjuk egy műanyagról, hogy PVC? Ne feledkezzünk meg a Beilstein-tesztről<sup>15</sup>!

Tegyük egy lombikba a feldarabolt PVC-nket, és öntsünk rá toluolt. Melegítsük fel (pl. állítsuk forró vízbe), de ne forraljuk. Tartsuk a

---

<sup>12</sup> A rezorcinn toluolban való oldhatósága nagyon gyorsan csökken a forráspont alatt, ezért az oldatot nem igazán lehet leszűrni: a szűrés közben lehűlő oldatból kikristályosodna a rezorcinnunk.

<sup>13</sup> Használhatunk közönséges kristálycukrot is, hisz ennyire savas közegben a hidrolízis során elbomlik fruktózára és glükózára.

<sup>14</sup> Ha már itt tartunk, akkor mindenképpen próbáljuk ki a reakciót többféle cukorszármazékkal is!

<sup>15</sup> KÖKÉL 2016/5. Sufnilabor

lombikot melegen 6-8 órán keresztül. Ezalatt a lágyítószer nagy része kioldódik a műanyagból (ezért nem szerencsés PVC dobozban zsíros ételt tartani<sup>16</sup>). Öntsük át a toluolt a desztilláló lombikunkba (nézzük meg milyen rideggé váltak a műanyag darabok), és desztilláljuk le az oldószert<sup>17</sup>. A lombikban visszamarad a lágyítószer, egy olajos anyag. Oldjuk fel kevés alkoholban, vagy izopropil-alkoholban, és adjunk hozzá 10%-os NaOH-oldatot. A pH ne csökkenjen 14 alá. Ha szükséges, adjunk még bázist. A lombikot hagyjuk állni 1-2 napig, időnként rázogatva. Közben elhidrolizál az észter, és az orto-ftálsav nátriumsója keletkezik (ami vízben oldható), és persze az észter alkohol komponense, aminek jellegzetes, édes, nem túl kellemes szagát érezzük is. Hagyjuk az oldószert alkoholt elpárologni, vagy desztilláljuk le. Az oktil-alkohol (vagy etil-hexil-alkohol) nem oldódik vízben, az oldatunk tetején úszik, válasszuk el. Adjunk óvatosan a lúgos oldathoz annyi háztartási sósavat, hogy a pH erősen savas legyen<sup>18</sup>. A ftálsav gyenge sav, a sósav felszabadítja a sójából. Mivel a sav rosszul oldódik vízben, kristályosan ki is válik. Tegyük a főzőpoharat a hűtőbe egy éjszakára, hogy minél több anyagot kapjunk. Szűrjük ki a ftálsav kristályait, és szárítsuk meg.

Szerencsénk van: a ftálsavmolekulában a két karboxilcsoport egymás mellett található, így nagyon könnyen képződik az anhidridje. Ráadásul az anhidridben már nem találhatóak erős hidrogénkötések, ezért ez az anyag könnyen szublimál, ezáltal egy egyszerű módszer adódik az anyag házi előállítására. Tegyük a ftálsavunkat egy főzőpohár aljára. Tegyük egy hideg vízzel telt gömbömlombikot a pohár szájába, és kezdjük el a pohár alját melegíteni. A ftálsav megolvad, vízkilépéssel anhidrid keletkezik, és az szublimál is egyben, és gyönyörű, vattaszerű kristályok formájában lerakódik a lombik hideg aljára. Időnként szedjük ki ezt a vattát a pohárból, majd folytassuk a melegítést, míg a ftálsavunk teljes mennyisége átalakul.

---

<sup>16</sup> Pontosabban megenni az abban tartott ételt. A polipropilén szerencsére eleve lágy, lágyítószer nélkül is, ezért használják ezt a műanyagot a konyhai eszközökhöz.

<sup>17</sup> Amit majd újra használhatunk.

<sup>18</sup> Nem kell drága pH-papír: egy kis lilakáposztalével impregnált itatópapír bőven megfelel.

Szükségünk lesz még vízmentes cink-kloridra is. Oldjunk egy darab cinket (horganylemez) sósavban, majd hagyjuk a vizet elpárologni. Ilyenkor változó kristályvíztartalmú anyagot kapunk, de ha párásabb a levegő, akkor csak egy szirupszerű anyag keletkezik. Tegyük ezt az anyagot egy fémedénybe, és kezdjük el hőpuskával hevíteni. Az anyag megszárad, majd megolvad. Ekkor hagyjuk kihűlni, gyorsan kaparjuk ki az edényből, porítsuk el, és tegyük egy jól záródó edénybe.

A fluoreszcein szintézise során nagy elődök nyomait követjük: az anyagot Adolf von Baeyer állította először elő pontosan 150 éve, lényegében úgy, ahogy mi is fogjuk (persze nem PVC padlóból indulva). Később az ő eredményei Nobel-díjat értek<sup>19</sup>. Keverjünk össze 1 g ftálsav-anhidridet 1,5 g rezorcinnal és 0,5 g vízmentes cink-kloriddal (természetesen használhatunk nagyobb mennyiségeket is). Az elegyet hevítsük kb. 200 fokon pl. egy konzervdobozban. Először megolvad, majd kb. 15 perc elteltével megszilárdul. Ekkor fejezzük be a hevítést. A kihűlt anyagot v vessük ki a dobozból, és 20 ml 5%-os sósavval forraljuk 10 percig a szennyezések eltávolítása érdekében. A kihűlt oldatból szűrjük ki a vörös porszerű terméket, és szárítsuk meg. Egy kis részletét oldjuk NaOH-oldatban, és gyönyörködjünk a gyönyörű zöld fluoreszcenciában. Használjunk UV-lámpát, vizsgáljuk az oldatot áteső és ráeső fényben. Ne felejtsük el, hogy a fluoreszcencia jelenségének kulcsszerepe volt a fény tulajdonságainak megismerésében<sup>20</sup>.

Ha kigyönyörködtük magunkat, akkor kapcsoljuk fel a villanyt, és... rökönyödjünk meg. A fluoreszcein még sokmillióshigításban is rettenetesen színez. Alighanem sárga a labor, a konyha, a kárpit, a hajunk, minden. Ha UV lámpával nézzük, mint a helyszínelők, akkor meg pláne. Nem véletlenül használják az anyagot a barlangászok bűvópatakok keresésére. Vagy kegyetlen gyakvezérek vegyészhallgatók mosogatási képességeinek fejlesztésére.

Ne csüggedjünk: a fluoreszcein utáni takarítás egy nagyon fontos dolgot tanít meg nekünk: ez az anyag veszélytelen, de nagyon színes. Életünk során alighanem sok nagyon veszélyes, de színtelen anyaggal fogunk

---

<sup>19</sup> A mieink nem, de ez ne szegje kedvünket! Ráérünk a Nobel-díjjal öreg korunkban foglalkozni.

<sup>20</sup> Meg forradalmasította a szemvizsgálatot, angiográfiát, földtudományt és még millió dolgot. A szerves kémia egyik nagy első sikertörténetét ismételtük most meg.

dolgozni. Amivel éppen így össze foguk kenni mindent, csak azt nem fogjuk látni, de ráfázunk. Tanuljunk meg úgy dolgozni, takarítani és mosogatni, hogy kollégáink akkor se lássák, hogy min ügködünk, ha éppen fluoreszceint készítettünk.

A jól végzett munka öröme: teljesítettük az anyák napi küldetést. De mi köze ennek az anyák napjához? Néhányan talán már sejtik: a fluoreszcein ráébresztett arra, hogy a takarítás, mosogatás komoly szakmai kihívás, melynek gyakorlása a készségek fejlesztése érdekében minden sufnivegyésznek létfontosságú. Ugyanígy a konyhai folyamatok rengeteg lehetőséget adnak a preparatív kémiai készségeink megcsillogtatására, nem beszélve a mosószerkémia és detergensek izgalmas világának felfedezéséről.

A sok új ismeret alapján levonhatjuk a plauzibilis tanulságot: segítsünk anyánknak!

## Mi lett belőled ifjú vegyész?

### Dóka Zsuzsanna, szülész-nőgyógyász szakorvos

*Mikor nyertél vagy értél el helyezést kémiai versenyeken?*

A legjobb eredményem kémia OKTV országos 5. helyezés 11. osztályos és országos 9. helyezés 12. osztályos koromban. Kémia diákolimpia felkészítő táborban is részt vettem, de onnan sajnos nem jutottam tovább egyszer sem. A mai napig szívesen gondolok rájuk vissza egyébként, nagy élmény volt az nekem anno ☺.

*Ki volt a felkészítő tanárod? Hogyan gondolsz vissza rá?*



A miskolci Lévy József Református Gimnázium és Diákotthon tanulója voltam, a kémiatanárom (és édesanyám ☺) Dóka Erzsébet.

*Milyen indíttatásból kezdtél el a kémiával komolyabban foglalkozni?*

A kémiával IS. Színjeles tanuló voltam világéletemben, maximális elvárásokkal, alapvetően természettudományos érdeklődéssel, így adta magát, hogy több tantárgyból is megmértem magam versenykörülmények között. Voltam matematika-, fizika-, kémia-versenyeken is. A fizikát egy fizika-kémia szakos tanár úr, Makranczi Zsolt tanította, aki főleg a fizika felé terelgetett, de mindkét tárgyból sokat segített. A „fő” tárgyam és szívem csücske sokáig a matematika volt. Azt hiszem, ha a kémiatanárom (☺) nem matematikai logikával tanította volna a kémiát, az sem fogott volna meg. Természetesen mivel édesanyám mindig kéznél volt, mint „felkészítő tanár”, így ez egyfajta könnyebbség is volt a felkészüléseknél. Remélem a kedvenc matektanárom (Horváth László) megbocsátotta azóta, hogy nem szoros értelemben a matematikával mentem továbbtanulni :). Az a meggyőződésem, hogy a tanár személye az alapbeállítottságon kívül (pl.

humán vagy reál stb.) az egyik legfontosabb dolog abban, hogy valaki szeressen egy tárgyat, esetleg komolyabban is foglalkozzon vele.

*Ismerted-e diákkorodban a KÖKÉL-t?*

Azt hiszem olvastam egyszer-kétszer ☺.

*Hozzásegítettek-e a pályaválasztásodhoz a versenyeken elért eredmények?*

Igen, mindenképpen. Az OKTV eredményemnek köszönhetően abban az évben felvételi nélkül vettek fel a Debreceni Orvostudományi Egyetemre.

*Mi a végzettséged és a pillanatnyi foglalkozásod? Maradtál-e a kémiai pályán?*

Az orvosi pályát választottam, először leginkább a biokémiai/sejtbiológiai alapok miatt. Végeztem több évig tudományos diákköri munkát is laborkörülmények között. Aztán az élet úgy hozta, hogy megtetszett a klinikai gyógyító munka, ezen belül is a szülészeti-nőgyógyászat, jelenleg is ezen a területen praktizálok.

*Nyertél-e más versenyt, ösztöndíjat (hazait, külföldit)?*

Többször sikerült első helyet nyernem regionális, illetve egyházi iskoláknak meghirdetett országos matematikaversenyeken is. Az eredményeim alapján a középiskolások számára meghirdetett Miskolc Város Diákja címet, illetve ösztöndíjat nyertem el.

*Van-e kémikus példaképed (akár kortárs is)? Miért pont ő?*

Esetleg a húgom ☺. Nagyon büszke vagyok rá, az Országos Onkológia Intézet alap kutatásokkal foglalkozó laborjában dolgozik jelenleg, a rák ellenszerét keresik ;)

*Mit üzensz a ma kémia iránt érdeklődő diákoknak?*

Érdeklődjenek csak nyugodtan! Vegyész mindig fog kelleni, de maradjon valaki a tanári pályán is, légy-szi, mert akkor ki fogja tanítani az én gyerekeimet...?

A természettudományokat nehéz egymás alapjai nélkül tanulni, de az alaptárgyak alapos tudása nélkül a „természettudomány” sem fog komplex egészszé integrálódni a fejekben.

## Ditróiné Dóka Éva, vegyész, Országos Onkológiai Intézet

*Mikor nyertél vagy értél el helyezést kémiai versenyeken?*

2006-ban, 12. évfolyamon 5. helyezést értem el az OKTV döntőjében és meghívást kaptam a kémiai diákolimpiai válogatóra.

*Ki volt a felkészítő tanárod? Hogyan gondolsz vissza rá?*

A miskolci Lévay József Református Gimnáziumba jártam, és felkészítő tanárom Édesanyám, Dóka Erzsébet volt. Azóta is hálás vagyok neki, hogy elindított a pályámon.



*Milyen indíttatásból kezdtél el a kémiával komolyabban foglalkozni?*

Ld. fentebb, mondhatjuk, hogy a kémia a „véremben van”. Viccen kívül, a természettudományok iránti szeretet nálunk családi vonás.

*Ismerted-e diákkorodban a KÖKÉL-t?*

Igen, ismertem az újságot, olvasói szinten.

*Hozzásegítettek-e a pályaválasztásodhoz a versenyeken elért eredmények?*

Igen, abszolút így van. Egyetemi mentorom és egyben PhD témavezetőm, Lente Gábor, a kémiai diákolimpiai válogatón való részvételem kapcsán hallott rólam először. The rest is history...

*Mi a végzettséged és a pillanatnyi foglalkozásod? Maradtál-e a kémiai pályán?*

Az Országos Onkológiai Intézetben dolgozom kutató vegyészként, biokémiai területen. 2016-ban szereztem doktori fokozatot kémiából a Debreceni Egyetemen.

*Nyertél-e más versenyt, ösztöndíjat (hazait, külföldit)?*



Tanulmányaim alatt Köztársasági Ösztöndíjban, illetve Apáczai Csere János Doktoranduszi Ösztöndíjban részesültem, jelenleg pedig a hazai posztdoktori pályázati program résztvevője vagyok. Munkahelyemnek köszönhetően több külföldi tanulmányúton is volt szerencsém részt venni, többek között Svédországban és Japánban.

*Mit üzensz a ma kémia iránt érdeklődő diákoknak?*

Azt, hogy bárcsak többen lennének... Legyenek hálásak annak az elhivatott pedagógusnak, aki a mai viszonyok között szabadidejében feladatokat oszt és javít, versenyekre jár és mentorál. Tanuljanak (angolt!), számoljanak, gondolkodjanak, kérdezzenek, küzdjenek, legyenek céltudatosak. És főleg azt, hogy álmodjanak nagyot!

*Mi az, amit mindenképp szeretnéd, ha megtudnának rólad? Pl. Mi a hobbid - a kémián kívül? Van-e kedvenc anyagod (ha igen, miért éppen az)?*

Amatőr mixer vagyok, ami nem is áll olyan messze a kémiától.

Kedvenc anyagom nincs, de az enzimek mindig lenyűgöztek, mennyire sokfélék, ugyanakkor specifikusak, és hatékonyak. Nélkülük nem működnének.

Köszönöm a lehetőséget a megszólalásra, és remélem, többekkel még találkozni fogok a diákolimpiai válogatón.

## Mestersége kémiatanár – Karasz Gyöngyi

### *Bemutakozás*

Karasz Gyöngyi vagyok a Gödöllői Török Ignác Gimnázium matematika-kémia szakos tanára. Itt dolgozom pályakezdő korom óta, immár a 36. tanévet töltöm a mi gyönyörű, időnként nagyon nehéz pályánkon – lassan egy éve online. Jól választottam, úgy éltem meg ezt a sok esztendőt, hogy a helyemen vagyok.

Első generációs értelmiségi családba születtem, szüleim egyetlen gyermekeként. Édesanyámtól a kemény, kitartó, pontos munkát, a következetességet, édesapámtól az elfogadó szelídséget próbáltam meg élesni. Meghatározóak voltak a pályaválasztásom szempontjából a bajai Ének-zenei Általános Iskolában eltöltött évek, ahol megtanulhattam hegedülni, kórustag lehettem, és ahol több olyan pedagógussal találkoztam, akiknek pozitív példája arra ösztönzött, hogy én is a tanári hivatást válasszam. Középiskolába a neves III. Béla Gimnázium fizika tagozatos osztályába jártam. Innen felvételiztem a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemre, ahol többek között Baranyi Ilonával (Dabas) és Endrész Gyöngyivel (Miskolc) voltunk csoporttársak, és ahol a kémia tanszékeken nagyon sok mindent megtanulhattunk.

Gödöllőre teljesen véletlenül kerültem, előtte még csak nem is jártam a városban. Akkoriban 5 helyre lehetett beadni a pályázatot, és először Gödöllő nem is szerepelt a „listámon”. Csakhogy az utolsó pillanatban Édesanyám egy gödöllői ismerőse felhívott, hogy a Törökben van kémia-technika szakos állás, pályázzam meg. Még egy hét sem telt el, amikor hívott a gimnázium akkori igazgatója, Heltai Miklós, hogy látogassam meg. Ahogy kiértem Máriabesnyőre, és megláttam az iskola épületéhez nagyon közel, a templom előtti székelykaput – édesanyám székely –, tudtam, hogy igent mondok. Ilyen előzmények után kezdtem el az első tanévet Gödöllőn, 14 technika- 2 matematika- és 2 kémiaórával. Aztán a technika, nagy örömömre, kikopott a repertoáromból.



Jó helyen vagyok, sok tehetséges, kedves diákkal és kollégával körülvéve, ahol és akiktől sokat tanulhattam a szakmáról, ahol elismernek, megbecsülnek. Néha úgy érzem, érdemtelenül, hiszen más kollégám ugyanolyan jól csinálja a dolgát – ha nem jobban –, mint én, mégsem részesül annyi elismerésben, mint ami nekem jutott.

Kitüntetéseim:

- Török Ignác Emlékgyűűrű 2011.
- Gödöllő Gyermekéiért és Ifjúságáért Díj 2012.
- Irinyi Versenybizottság: Kiemelkedő Tehetséggondozó 2015.
- Miniszteri dicséret, a nemzetközi kémiai diákolimpián eredményesen szereplő tanítványok miatt (2016., 2017.)
- Kiváló Versenyfelkészítő 2017.
- Richter Gedeon Magyar Kémiaoktatásért díj 2017.
- Mol MesterM díj 2019.

### ***Milyen diák volt? Voltak például csínytevései, kapott-e intőket?***

Azt hiszem, jó diák voltam. Mindig igyekeztem megfelelni a szüleimnek, tanáraimnak, és ez sosem esett nehezemre. Jó tanuló voltam, de nem voltam kitűnő, csak általános iskolában. Csínytevésre nem emlékszem, de a magatartásom nem mindig volt példás, mert szerettem beszélgetni. Hiszen otthon nem volt testvérem, akivel kiélhettem volna a társaság iránti igényemet.

### ***Miért választotta a tanári pályát? Miért éppen a kémia tantárgyat választotta?***

Az általános iskolában találkoztam néhány kiváló pedagógussal. Véleményem szerint nagyon fontos szerepet játszhatunk egy-egy tanítványunk életében. Lehetünk rájuk nagyon pozitív, de nagyon negatív hatással is. Életpályákat befolyásoló tényezők lehetünk. Tehát óriási a felelősségünk, és jó, ha ez tudatosan bennünk.

A kémia szakot kényszerből választottam. Ugyanis a középiskolában fizika tagozaton emelt óraszámban tanultuk a matematikát és a fizikát is. Akkor rájöttem, hogy fizikából nem vagyok elég jó, viszont a matekot szerettem. Mivel akkoriban a matematika mellé általában a fizika párosult, kivéve a KLTE-t, ahol kémia is volt a matek mellé, így azt

választottam. No meg ezzel azt is, hogy 300 km-re leszek az otthonomtól. (Első évben ez nagyon nehéz volt...)

***Milyen tervekkel vágott neki a pedagógusi pályának? Mennyiben valósultak meg ezek?***

Azt hiszem: Jó TANÁR akartam lenni, méltó a példaképeimhez, a szüleimhez. Olyan, aki szolgál, közben példa tud lenni, ha kell kemény, mindig következetes, pontos, megértő, szakmailag fejlődőképes. Aki be meri vallani, ha hibázik. Aki képes arra, hogy a „skatulyákat” mellőzze. Aki tiszteli a gyereket, és maga is tiszteletet érdemel.

Hogy ez mennyire sikerült, arról a tanítványaimat kellene megkérdezni. Én nem mindig vagyok elégedett önmagammal.

***Volt-e az életében tanárpéldakép, aki nagy hatással volt önre?***

Ó, igen! Általános iskolában Zentai Dezsőné Kati néni, aki magyart tanított nekem. Ő hordozta magában az összes fent említett jó tulajdonságot. Aztán dr. Tüske Ferencné, Enci néni (aki földrajzot és rajzot tanított), tőle megpróbáltam ellesni és megtanulni a szenzibilitását, nyelvezetét, érvrendszerét. Vele a mai napig baráti kapcsolatot ápolok. Az egyetemen Dr. Prof. Tóth Imre volt rám nagy hatással, aki emberileg és szakmailag is kiváló.

***Mit gondol, mitől jó egy kémiaóra?***

Attól, ha le tudom, tudnám kötni a diákok figyelmét, ha meg tudom értetni a logikai összefüggéseket. Ha a gyerekek megértik a természettudományok, a kémia szépségeit... Ha látom néhány tanuló arcán az örömet, hogy megértette a csodát, amit a tudás, többek között a kémiai folyamatok tudása jelent.

***Ön szerint milyen a „jó” gyerek?***

Aki mer és tud jól és jól kérdezni. Aki mer kulturáltan vitatkozni. Aki nem adja fel. Aki mindent megtesz azért, hogy a feladatait elvégezze. Aki tud együtt dolgozni a társaival és a tanáraival. Aki érdeklődik, és utánajár az őt izgató dolgoknak. Akinek vannak logikus érvei.

***Van kedvenc anyaga vagy kedvenc kísérlete? Miért éppen az?***

Nagyon szeretem az elektrokémiát. Nagy kihívás tanítani, mert komoly nehézséget okoz a tanulóknak. Már az egyetemen megszerettem, mert

ötödéves koromban ezt a témakört tanítottam a gyakorló tanításom során. Ez akkor új anyagrész volt a középiskolai kémiában, és a vezetőtanárral nagyon beleástuk magunkat. Nagyszerű a logikája ennek a témakörnek, és az elektrokémiai feladatok sem könnyűek.

***Ha csak egyetlen (vagy néhány) kémiaórát tarthatna, arra milyen témát választana?***

A fent említett elektrokémiát.

***Volt-e olyan pillanat vagy esemény a pályáján, amit különösen emlékezetesnek tart?***

Igen! Amikor 20 évnyi tanítás után, amikor már egészen magabiztossá váltam, és azt hittem, jól csinálom a dolgomat, akkor akadt olyan tanítványom, aki mert szembesíteni a „kockafejűséggel”. Azzal, hogy azt hittem, a keménységgel, a következetességgel, a szavahihetőséggel, a szakmai kompetenciáimmal a legtöbbet tudom kihozni a tanítványaimból. Közben azzal szembesítettek, hogy „nem nézem a tanítványaim cselekedeteinek miértjét. Nem akarom, vagy nem tudom megérteni, meghallgatni őket. Azt várom el, hogy az általam vélt jó felé haladjanak, pont úgy, ahogy én gondolom... Ezzel a kritikával szembenézni nagyon nehéz volt. Változtatni rajta pedig még nehezebb. Talán nem is egészen sikerült. De azóta megtapasztaltam, hogy a tanulók nagy többsége nem él vissza a bizalommal, hogy könnyebb úgy dolgozni velük, ha meghallgatom őket és időnként az történik, amit ők szeretnének, és nem az, amit én. Jobb úgy, ha nem félnék tőlem.

***Hogyan látja a kémiaoktatás jelenlegi helyzetét?***

Az egész oktatás helyzetét nehéznek látom. A 36 év alatt a szakma nagy presztizsvesztést szenvedett el. Hiába az életpályamodell, amellyel csak a munkánk szaporodott, a bevezetésekor megemelt fizetés értéke teljesen elkopott. Szégyenteljesen alacsony a pályakezdő pedagógus bére. Nem csodálkozom az ifjú kollégák gyors pályaelhagyásán. Féltő, hogy ahogy az én korosztályom elmegy nyugdíjba – kis túlzással – nem lesz, aki tanítson.

Fokozottan igaz ez a kémiatanárok helyzetére. Sok tanulónk ír jó színvonalú emelt szintű kémia érettségit, de ha eszébe is jut valakinek, hogy elmenjen kémiatanárnak, ezt a gondolatot elég gyorsan elengedi,

hiszen a tudása a gazdasági élet területén sokkal jobb egzisztenciát és megbecsülést hoz számára. (Ifjú tanár koromban ez nem így volt.)

Szomorú szívvel veszem tudomásul, hogy a pályám kezdete óta a kémia óraszám az általános és középiskolai évfolyamokon 40%-kal csökkent. A kötelező óraszámunk pedig heti 4-8 órával nőtt. Laboránsok általában nincsenek az iskolákban, a vegyszerek, eszközök beszerzése anyagi akadályokba ütközik. Fényévnyi távolságra van az alapórán megtanítható kémia tananyag attól, amit egy kémiaérettségi követel a gyerekektől. Az utóbbi időben a szervetlen kémia, az anyagismeret kimarad az átlagos képzéshez jutó diák életéből. Vért izzad az a tanuló a kémia fakultáción, aki nem járt szakkörre 9. és 10. osztályban.

***Mivel foglalkozik legszívesebben, amikor éppen nem dolgozik? Mit osztana meg a munkáján kívüli életéből?***

Hosszú éveken keresztül lehettem az óriási tudású dr. Fábri Mihály vezette történelem-földrajz kör, illetve Teleki Egyesület tagja, amely szervezetek keretében Miska bácsi sok-sok gyereknek és felnőttnek adott közösség- és magyarságtudatot formáló élményt. Számos kirándulás és rendezvény résztvevője és segítője is voltam.

Éveken keresztül voltam a Gödöllői Városi Vegyeskar tagja, ahol a gyerekkoromból hozott zeneszeretetemet élhettem ki. Ugyanezt szolgálja az is, hogy időnként együtt muzsikálhatok (hegedű) a tanítványaimmal. Az utóbbi években egyre inkább idősödő szüleim támasza próbálok lenni.

***Mit tanácsolna a kezdő tanároknak, vagy azoknak, akik tanári pályára készülnek?***

Azoknak a kollégáknak, akik megmaradnak a pályán, nem tanácsolok semmit, mert akkor ők megérezték e pálya csodáit. Megszerették a gyerekeket, „megízlelték” azt, hogy milyen jó velük együtt dolgozni, alkotni. Tudják, hogy milyen jó a tudás közvetítése, tudják, hogy nem mehetsz készületlenül órára, mert azt a tanulók észreveszik, és az „ciki”. A pályán maradók már észrevették, hogy mennyit tanulhatunk magunk is egy-egy versenyfelkészítés közben, még a diáktól is.

Talán egy dolgot tanácsolnék: Ne féljenek bízni a gyerekekben! Előbb utóbb a bizalom megtérül.

***Milyen tervei vannak az elkövetkezendő évekre?***

Először is szeretném, ha mihamarabb megszabadulnánk a karanténból, jó lenne, ha nemcsak a számítógép képernyőjén látnám, hallanám a gyerekeket! Bár az az egy dolog jó benne, hogy rákényszerített olyan új módszerek, eszközök felkutatására, megtanulására, alkalmazására, melyet biztosan már nem tettem volna, ha nem muszáj. Jó lenne, ha már nem sok központi változáshoz kellene alkalmazkodnom.

Én már nem akarom megváltani a világot, a jövő a fiataloké, akiktől, ha még tudok, szeretnék tanulni.

Nem is tervem, inkább kívánságom van: az utolsó óráig, amit a tanulók között tölthetek az iskolában, maradjon meg bennem az a semmihez sem hasonlítható jó érzés, melyet a legtöbbször érzek, amikor becsukom magam mögött a tanterem ajtaját, és rám szegeződik sok-sok ifjú szempár, és megkezdődik a tanóra.

## GONDOLKODÓ



### Feladatok

**Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Varga Szilárd, Zagyai Péter**

A megoldásokat 2021. március 25-ig lehet a [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:

#### KÖKÉL Gondolkodó

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A K feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

**K388.** Kémiaórán a magnéziumot vizsgálták. A tanár a magnézium redukáló képességéhez az alábbi kísérletet végezte el. Szén-dioxiddal megtöltött egy  $20\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ -es üvegkádát. Ezek után meggyújtott egy csipeszbe befogott  $0,700$  gramm magnéziumszalagot Bunsen-égővel, amelyet aztán belógatott a kádba. Pattogó hang kíséretében itt a magnézium elégett. A szalag fehér porrá változott, amelyen fekete por is volt, illetve a csipeszben maradt része nem égett el. Ezek után félretette a szalagot, hogy szakkörön tovább vizsgálják.

- Mennyi szilárd nátrium-karbonátra és hány gramm  $5,00\text{ m/m}\%$ -os sósavra van szükség elvben, hogy ezekből a reagensekből gázt fejlesztve, a kádat teljesen kitöltse a szén-dioxid?
- Írd fel a tanórai kísérletben lejátszódott folyamatokat!



Szakkörön megmérték az órai kísérlet termékét, és tömege 1,172 grammnak adódott. Feloldották sósavban, és megmérték a fejlődő gáz térfogatát, 25 °C-on és 101 kPa nyomáson 40,3 cm<sup>3</sup>-t mértek. Az oldatból némi fekete port is leszűrtek, megszáritottak, és megmérték a tömegét.

c) *Hány százaléka nem égett el a magnéziumnak?*

d) *Mekkora volt a fekete por tömege?*

e) *Mi volt a szakkörön vizsgált minta tömegszázalékos összetétele?*

(Borbás Réka)

**K389.** A gázok oldhatóságánál gyakran hallunk a keszonbetegségről, mélységi mámorról. Mindkettő annak a következménye, hogy a nitrogén nagyobb nyomáson beoldódik a vérbe. A mélységi mámor a bűvároknál merüléskor 30-40 méter mélységben következhet be, amikor a vérben oldott nitrogén a részegséghez hasonló tüneteket produkálhat, a bűvár elveszítheti önkontrollját. A keszonbetegség pedig akkor következik be, ha a bűvár gyorsan emelkedik nagyobb mélységből, és a vérében oldott nitrogén hirtelen távozik, és az így keletkezett buborékok miatt a sejtek nem juthatnak oxigénhez.

A gázok oldhatóságának nyomásfüggését a Henry-törvény írja le:  $p = H \cdot c$ , ahol  $p$  az adott gáz parciális nyomása (azaz a gázkeverék nyomásának és az adott komponens anyagmennyiség-törtjének szorzata),  $H$  a gázra jellemző arányossági tényező,  $c$  az anyagmennyiség-koncentráció. Az arányossági tényezők az alábbi táblázatban láthatók. (Az adatok 25°C-ra vonatkoznak.)

| Gáz            | $H$ (kPa·dm <sup>3</sup> /mol) |
|----------------|--------------------------------|
| He             | $2,894 \cdot 10^5$             |
| O <sub>2</sub> | $4,613 \cdot 10^4$             |
| N <sub>2</sub> | $1,616 \cdot 10^5$             |

A számításoknál számoljunk 78 V/V% nitrogén-, és 21 V/V% oxigéntartalommal a levegőben.

a) *Számítsd ki, hogy standard légköri nyomáson mennyi az oldott oxigén és a nitrogén mol/dm<sup>3</sup>-ben kifejezett koncentrációja a levegővel*

*egyensúlyban lévő vízben! Mekkora térfogatot töltene ki a két gáz külön-külön, ha 1,00 dm<sup>3</sup> vízből eltávozna?*

Tegyük fel, hogy egy bűvár 20 méter mélységbe merül. A merülés során lélegezzen be a levegővel azonos összetételű palackozott levegőt, és az így belélegzett levegő nyomása egyezzen meg a külső nyomással, amely a légköri nyomás és a fölötté lévő vízoszlop nyomásának összege ( $p_{\text{teljes}} = 101 \text{ kPa} + \rho_{\text{víz}} \cdot g \cdot h$ , ahol  $h$  a vízoszlop magassága). A hőmérsékletet az egyszerűség kedvéért tekintsük 25 °C-nak, és a víz sűrűségét pedig 1,00 g/cm<sup>3</sup>-nek.

- b) Mennyi 20 méter mélységben a bűvár vérének nitrogén- és oxigén-koncentrációja? (A tényleges értékek némileg eltérnek az így számítottól, nem csak a fenti egyszerűsítések miatt, hanem az emberi szervezetben zajló fiziológiás folyamatok miatt is, de kutatók szerint az eltérések csak kismértékűek a modelltől.)*
- c) Mennyi gáz távozna a vérből, ha hirtelen emelkedne 20 méter mélységből a tengerszintre? Az embernek átlagosan 5 liter vére van.*
- d) Mennyi hélium oldódna be a vérbe literenként 20 méter mélyen, ha a mesterséges levegőként olyan hélium-oxigén keveréket használna a bűvár, amelyben 21 V/V% az oxigén? Mennyi egy ilyen gázelegy sűrűsége egy 200 bar nyomásra töltött palackban 25 °C-on?*

Az oxigén már komolyan veszélyes lehet a szervezetre, ha annak parciális nyomása eléri a 160 kPa-t.

- e) A fenti mesterséges levegővel merülve 60 méter mélységbe, és a palack nyomását a külső nyomáson tartva biztonságos-e még a merülés az oxigén saját nyomása szempontjából?*

(Borbás Réka)

**K390.** A térfogati kontrakció az a jelenség, amikor két folyadék összeöntésével a keverék térfogata kisebb, mint a komponensek térfogatának összege. Ennek oka egyrészt az, hogy a tiszta fázisokban a részecskék közötti kölcsönhatás erőssége eltér a keverékben lévő kölcsönhatások erősségétől, másrészt pedig a részecskék mérete sem azonos. Így a keverékben a részecskék közelebb kerülhetnek egymáshoz, amely a térfogat csökkenését okozhatja.

Vizsgáljuk meg az etanol, az izopropanol (propán-2-ol) és a tercier butanol (2-metilpropán-2-ol) térfogati kontrakcióját különböző töménységű alkohol-víz elegyekben.

*Számítsd ki, hogy hány  $\text{cm}^3$ -rel csökken az elegy térfogata a komponensek össtérfogatához képest, ha  $m$  tömegszázalékos oldatokat állítunk elő úgy, hogy  $V \text{ cm}^3$  alkoholt elegyítünk  $100 - V \text{ cm}^3$  vízzel. Ábrázold a kapott értékeket a tömegszázalék függvényében egyetlen grafikonon, és hasonlítsd össze a különböző alkoholok esetében kapott értékeket. Milyen következtetéseket vonsz le a grafikon alapján?*

A számításokhoz az alábbi elegy sűrűségeket használhatod. Az adatok  $25^\circ\text{C}$ -ra vonatkoznak.

| $m/m \%$<br>alkohol | $\rho / \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ |             |                    |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------|
|                     | etanol                               | propán-2-ol | 2-metilpropán-2-ol |
| 0                   | 0,9982                               | 0,9982      | 0,9982             |
| 5,0                 | 0,9894                               | 0,9884      | 0,9889             |
| 10,0                | 0,9818                               | 0,9816      | 0,9818             |
| 25,0                | 0,9616                               | 0,9611      | 0,9567             |
| 32,0                | 0,9504                               | 0,9478      | 0,9412             |
| 40,0                | 0,9351                               | 0,9302      | 0,9222             |
| 50,0                | 0,9135                               | 0,9066      | 0,8989             |
| 70,0                | 0,8675                               | 0,8580      | 0,8517             |
| 80,0                | 0,8434                               | 0,8341      | 0,8283             |
| 90,0                | 0,8179                               | 0,8096      | 0,8040             |
| 95,0                | 0,8041                               | 0,7973      | 0,7922             |
| 100,0               | 0,7890                               | 0,7850      | 0,7810             |

(Borbás Réka)

**K391.** A tanár kémiaórán a következő kísérletet mutatja be. Egy nagy kémcsőbe egymásra rétegez 5-5-5 cm<sup>3</sup> toluolt, kloroformot (triklórmetánt) és vizet, a megfelelő sorrendben. (A három folyadék sűrűsége az említett sorrendben: 0,867 g/cm<sup>3</sup>, 1,49 g/cm<sup>3</sup> és 0,998 g/cm<sup>3</sup>.) Majd egy kevés jódkristályt szór a kémcsőbe, és üvegbottal körkörösén megkeveri.

a) *Mit láthatunk a helyesen elvégzett kísérlet esetén?*

Ezek után a kémcsövet jól ledugaszolva összerázza a három folyadékot.

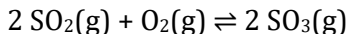
b) *Milyen tapasztalat figyelhető meg ekkor? Miért?*

c) *Milyen térfogatokat kellett volna alkalmazni a három folyadékból, hogy összerázás után a különböző polaritású fázisok elkülönülése esetén se legyen egyértelmű, melyik lesz a felső és az alsó fázis, azaz egyik fázis folyadékcseppjei se ússzanak fel vagy le?*

A kloroform és a toluol elegyének sűrűsége a két tiszta folyadék sűrűsége között lineárisan változik a tömegszázalékkal. A különböző polaritású fázisok egymásban való oldhatóságától tekintsünk el.

(Borbás Réka)

**K392.** A kén-dioxid és oxigén közötti egyensúlyt az alábbi egyenlet írja le:



Ha a kiindulási gázok összkoncentrációja 10,0 mol/dm<sup>3</sup>, és a kén-dioxid : oxigén arány sztöchiometrikus, akkor 400 °C-on a kén-dioxid átalakulásának mértéke 23,6%.

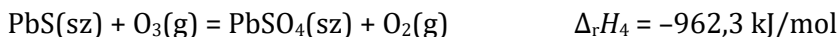
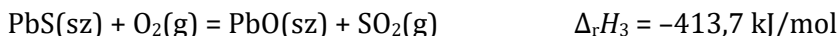
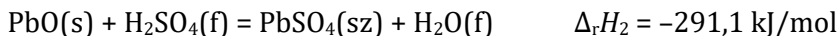
a) *Mennyi a folyamat koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandója 400 °C-on?*

b) *Mennyi legyen az összkoncentrációja a kén-dioxidnak és az oxigénnek, ha 1:2 kiindulási molarány mellett 400 °C-on ugyanilyen átalakulási arányt szeretnénk?*

c) *600 °C-on a folyamat koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandója 1,010 dm<sup>3</sup>/mol. Milyen arányban keverjük össze a kén-dioxidot és az oxigént, hogy a kiindulási anyagok 10,0 mol/dm<sup>3</sup>-es összkoncentrációja mellett az átalakulás mértéke szintén 23,6% legyen?*

(Borbás Réka)

**K393.\*** Ismerjük az alábbi folyamatok reakcióhőjét (az egyenletek nem mindegyike rendezett, a reakcióhők a legkisebb egészekkel megadott rendezett egyenletekre vonatkoznak).



*A fenti adatok segítségével számítsd ki az ózon képződéshőjét!*

(Borbás Réka)

**K394.\*** Egy vegyület széntartalma 18,93 m/m%, oxigéntartalma 25,21 m/m%. Ezenkívül csak egyféle halogénelemet tartalmaz. A vegyület gőzének sűrűsége 70 °C-on, 100 kPa nyomáson 4,45 g/dm<sup>3</sup>.

*a) Mi a vegyület moláris tömege, képlete és szerkezete?*

A vegyület 1,00 grammját feleslegben lévő nátrium-hidroxid-oldatban oldjuk, ekkor színtelen gáz fejlődik, amelyet víz alatt felfogva 21 °C-on és 100 kPa nyomáson 192 cm<sup>3</sup> térfogatúnak mértünk. Az oldathoz híg Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-oldatot adva fehér csapadék válik ki, melynek tömege 1,554 g.

*b) Írd fel az NaOH-oldatban való oldódás egyenletét! Válaszodat számításal indokold!*

(Borbás Réka)

**K395.\*** A mitikus karanténium fémet régóta ismerik. Mi itt most egyszerűen Me vegyjellel jelöljük. A fémnek két kloridja van, az egyikben az oxidációs szám +2, a másikban +4. Az előző vegyület egy fehér szilárd anyag, az utóbbi egy színtelen, illékony, olajszerű folyadék, amely levegővel érintkezve füstölög. Ennek előállítását már 400 éve leírták, de nem kizárt, hogy az alkimisták „szárnyas sarkánya” is ez az anyag volt.

Az MeCl<sub>2</sub> vizes oldata a fém híg sósavban való oldásával előállítható, ebből bepárlással egy kristályvizes só keletkezik. Ebből a sóból a víztartalom ecetsav-anhidriddel eltávolítható. Egy mólnyi só vízmentesítéséhez 188,9 cm<sup>3</sup> térfogatú, 1,08 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű anhidridre van szükség.

a) Írd fel a sósavas oldás és az ecetsav-anhidrides vízmentesítés egyenletét! Mi a kristályvizes só képlete?

A szilárd, vízmentes  $\text{MeCl}_2$  kovalens jellegű, láncokból áll, amelyben  $\text{MeCl}_2$  egységek vannak. A láncban kétféle Me – Cl kötéstávolság van, és a klór kétféle helyzetben fordul elő. A vízmentes szilárd anyag  $700^\circ\text{C}$  alatt megolvad és forrni kezd.

b) Becsüld meg a kötésszöget a központi atom körül, feltételezve, hogy a gáz-halmazállapotú  $\text{MeCl}_2$  molekulájában egy nemkötő elektronpár van a központi atom körül, és csak egyféle klór van benne!

c) Rajzold fel a szilárd  $\text{MeCl}_2$  ismétlődő egységét!

Az  $\text{MeCl}_4$  előállításához  $\text{MeCl}_2$ -t oxidálni kell például higany(II)-klorid segítségével.

d) Írj fel két lehetséges  $\text{MeCl}_4$  előállítási módot, figyelembe véve, hogy a higanynak van higany(I)-kloridja ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) is!

Az  $\text{MeCl}_4$  azért füstölög a levegőn, mert a levegő páratartalmával reagál, a folyamatban a fémből oxid keletkezik, és még egy további termék.

e) Add meg a lejátszódó reakció egyenletét!

A karanténium-tetraklorid reagál  $\text{LiAlH}_4$ -del is. Ez utóbbi vegyület erőlyes redukálószerként is ismert, hidridion átadására képes. A reakcióban három termék keletkezik: két só és egy gáz. Ha ennek a gáznak egy mintáját egy tartályban tároljuk, akkor a nyomása egy idő után megkétszereződik, és fémes lerakódás képződik.

f) Írd fel az  $\text{MeCl}_4$  és az  $\text{LiAlH}_4$  reakcióját!

g) Rajzold fel a képződő gáz molekulájának térszerkezetét, és becsüld meg a kötésszögeket!

h) Írd fel a gáz állás közben lezajló változását leíró egyenletet!

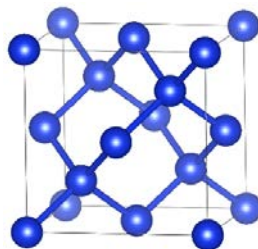
(angol feladat alapján)

**H346.** Az SI alapegységeinek definícióját 2019-ben átalakították. Tekintsünk át néhány, a kémiát is érintő kérdést.

Az átalakítás előtt az Avogadro-állandó ( $N_A$ ) definíciója ez volt: "az atomok száma  $0,012\text{ kg }^{12}\text{C}$  izotóp mintájában". Ennek kísérleti meghatározásához  $0,012\text{ kg}$  izotóp tömegét pontosan meg kell mérni. Szükséges

ehhez egy tömegreferencia, ami hagyományosan a kilogramm Párizsban őrzött etalonja volt.

A gyakorlatban az  $N_A$  pontos meghatározásához egy nemzetközi kutatási együttműködés (japán tagokkal) egy olyan szilícium egykristályt növesztett, ami csupán a  $^{28}\text{Si}$  izotóp atomjait tartalmazta. A Si kristályrácsában az atomok elrendeződése a gyémántrácsnak felel meg. A köbös, kocka alakú elemi cellát mutatja az ábra.



a) *Hány Si atom jut egy elemi cellára? Legyen ez „n”.*

Az elemi cella élének hossza  $a$  [m]. A  $^{28}\text{Si}$  atomtömege  $m = 28,09 u$ , ahol  $u$  az elemi tömegegység, egy alapállapotú  $^{12}\text{C}$  atom tömegének egy tizenketted része.

b) *Írj fel egy összefüggést az egykristály sűrűségére ( $d$  [ $\text{kg m}^{-3}$ ]), az  $n$ ,  $m$ ,  $N_A$  és  $a$  használatával!*

Az egykristályból egy olyan, tökéleteshez közelítő alakú gömböt készítettek, amelynek a sugara,  $r = 4,69$  cm volt. Ennek tömegét a kilogramm etalonhoz viszonyítva megmérték, és  $w = 1,00$  kg-ot kaptak. Az elemi cella méretét röntgendiffrakciós méréssel határozták meg:  $a = 5,43$  Å.

c) *Számold ki az  $N_A$  így kapott értékét (három értékes jeggyel)!*

Az újradefiniálás után az  $N_A$  fenti módon pontosan (sok értékes jegyre) megkapott értékét rögzítették (más természeti állandók értékéhez hasonlóan), ezért most már  $N_A$  darab  $^{12}\text{C}$  atomnak nem lesz feltétlenül pontosan 0,012 kg a tömege. Az új definícióknak köszönhetően viszont a tömeget a kilogramm etalonja nélkül is meg lehet határozni. Nem lesz szükség az etalon másolataira, és az etalonok időbeli változása sem jelenthet gondot. Más mértékegységeket korábban is már így, természeti állandók segítségével definiáltak. Az alábbi táblázat három ilyen rögzített állandót tartalmaz.

| Állandó          | Jel   | Definiált érték              | Mértékegység      |
|------------------|-------|------------------------------|-------------------|
| Avogadro-állandó | $N_A$ | $6,02214076 \times 10^{23}$  | $\text{mol}^{-1}$ |
| Planck-állandó   | $h$   | $6,62607015 \times 10^{-34}$ | J s               |
| Fénysebesség     | $c$   | $2,99792458 \times 10^8$     | $\text{m s}^{-1}$ |

Bár az Avogadro-állandó segítségével is megoldható lett volna, a kilogrammot a Planck-állandó segítségével definiálták újra. Az állandó mértékegysége J s, azaz  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ .

Szükséges ismernünk ehhez a másodperc és a méter definícióját. A másodperc esetén a  $^{133}\text{Cs}$  atom két meghatározott állapota közt átmenetet okozó sugárzás frekvenciáját,  $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9192631770 \text{ s}^{-1}$  értéken rögzítették. Tehát egy másodperc ezen sugárzás 9192631770 periódusideje:

$$1 \text{ s} = \frac{9192631770}{\Delta\nu(\text{Cs})}$$

A métert pedig a fénysebesség értékének rögzítése definiálja. 1 méter az a távolság, amit a fény egy másodperc alatt megtesz vákuumban:

$$1 \text{ m} = \frac{9192631770}{299792458} \cdot \frac{c}{\Delta\nu(\text{Cs})} = 30,633319 \frac{c}{\Delta\nu(\text{Cs})}$$

d) Írd fel a kilogramm új definícióját hasonló formában, nyolc értékes jeggyel!

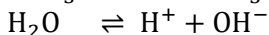
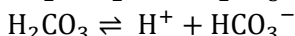
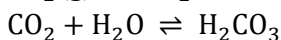
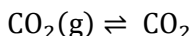
A tömeg-energia ekvivalencia is felhasználható lett volna elvben az újra-definiálás során. Egy részecske nyugalmi tömege,  $m$ , ugyanis megfeleltethető a  $\nu$  frekvenciájú elektromágneses sugárzás energiakvantumjának:

$$h\nu = mc^2$$

e) Hány kg lenne a 635 nm-en sugárzó lézermutató által kibocsátott fotonok látszólagos tömege?

(japán feladat)

**H347.** Vizsgáljuk a légkörben növekvő koncentrációjú szén-dioxid szerepét a természetes vizek savasodásában. Tekintsük az alábbi egyensúlyokat!



$$K_{\text{gas}} = 10^{-1.46}$$

$$K_{\text{hyd}} = 10^{-2.70}$$

$$K_{\text{a1}} = 10^{-3.65}$$

$$K_{\text{a2}} = 10^{-10.33}$$

$$K_{\text{w}} = 10^{-14.00}$$



Az összes speciesz, a  $\text{CO}_2(\text{g})$  és  $\text{H}_2\text{O}$  kivételével oldott anyagnak tekinthető, és ezért anyagmennyiség-koncentrációjuk értékével szerepelnek az egyensúlyi állandókban. A szén-dioxid-koncentráció a légkörben jelenleg 410 ppm, a megfelelő egyensúlyi állandóba a  $\text{CO}_2(\text{g})$  bar mértékegységben mért parciális nyomásának értéke ( $p_{\text{CO}_2}/p^\ominus$ ) kerül.

Erre a rendszerre a töltésegyensúly:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}]$$

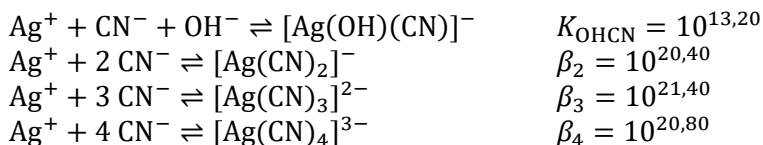
- a) Számítsd ki a légkörrel egyensúlyban levő tiszta víz pH-ját megfelelő elhanyagolásokkal, a fenti állandókat és a töltésegyensúly összefüggését felhasználva!

Ha a víz pH-ját megváltoztatjuk egy egységgel, miközben továbbra is fennáll a légkörrel való egyensúly, akkor a teljes oldott szén-dioxid mennyisége megváltozik.

- b) Hányszorosára változik a teljes oldott szén-dioxid-koncentráció, ha a pH egy egységgel növekszik, illetve, ha egy egységgel csökken?

(japán feladat)

**H348.** Tárgyakat elektrolitikusan ezüstözni általában bázisos, cianid-tartalmú oldatok segítségével szoktak. Anódként ezüstelektrodót, katódként a bevonandó tárgyat kötik be. Az oldatban az  $\text{Ag}^+$  többféle komplexet alkot. A komplexképződések egyensúlyi állandói ismertek.



Tekintsünk egy olyan oldatot, amelyben a cianid- és hidroxidionok koncentrációja 1,00-1,00 M, az oldott ezüst teljes koncentrációja pedig 1,00 mM.

- a) Rendezd csökkenő egyensúlyi koncentrációjuk alapján sorba az öt ezüstartalmú specieszt! Számítsd ki a legnagyobb koncentráció értékét!
- b) Milyen tartományban változhat a  $[\text{CN}^-]$  értéke, hogy a fent megállapított sorrend ne változzon meg?

(japán feladat)

**H349.** A feladatban használt spektrofotometriai fogalmakról a KÖKÉL 2009/5., 359. oldalán is találni segédletet.

Az indikátorok kvalitatív információt adnak az oldatok kémhatásáról. Az oldatok fényelnyelését vizsgálva a pH-ra is következtethetünk.

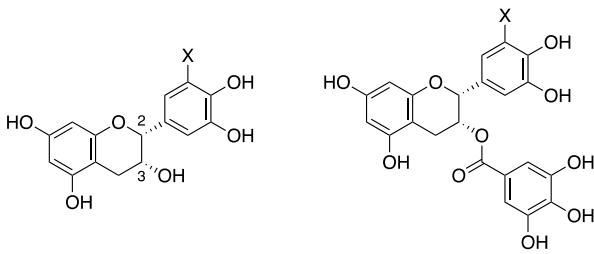
A brómtimolkék (BTB) indikátor savi disszociációállandója  $10^{-7,10}$ . Eltérő pH-n 1,00 cm úthosszúságú küvetákban  $200 \mu\text{mol dm}^{-3}$  BTB-oldatok abszorbanciáit mérték meg.

| Hullámhossz | 420 nm | 501 nm | 520 nm |
|-------------|--------|--------|--------|
| pH = 2,00   | 1,74   | 0,70   | 0,36   |
| pH = 12,00  | 0,60   | 0,70   | 1,06   |

- Mi a BTB protonált és deprotonált formájának a moláris abszorpciókoefficiense ezen a három hullámhosszon?*
- Egy BTB-t tartalmazó vizes oldat abszorbanciája 420 és 520 nm-en 1,13 és 0,52 volt. Mi volt az oldat pH-ja, ha más színes anyag nem volt jelen az oldatban?*
- Ezt az oldatot ötszörös térfogatra hígították 1,00-es pH-jú sósavoldattal. Mi lett a kapott oldat abszorbanciája 501 nm-en? Mi lesz a kapott oldat abszorbanciája 501 nm-en, ha nem sósavoldattal, hanem 12-es pH-jú NaOH-oldattal hígítjuk?*

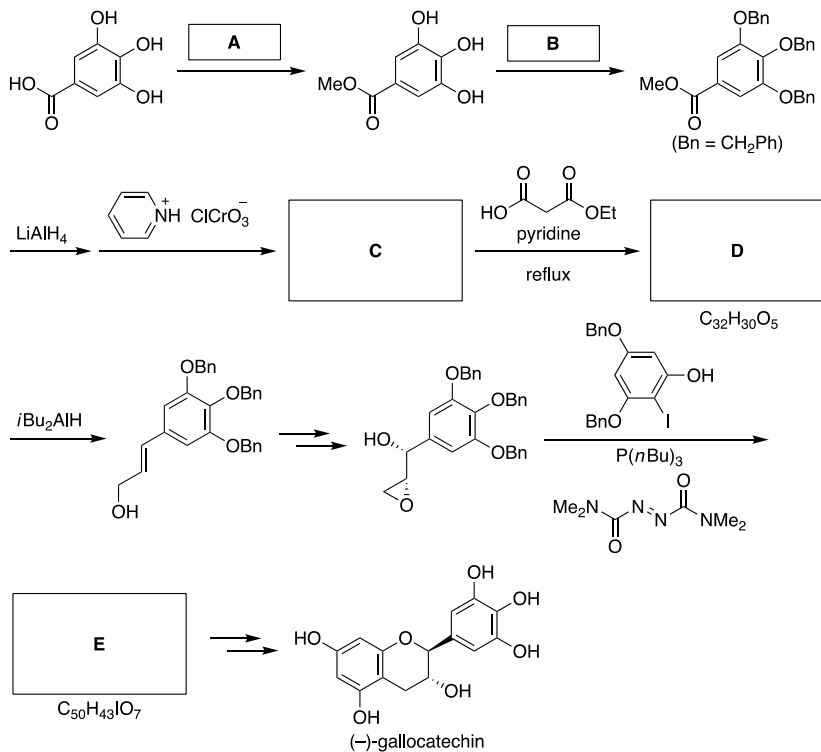
(japán feladat)

**H350.** Japánban a teatermesztés és teaivás kultúrája a 11. század eleje óta fejlődik. A zöld tea jellegzetes ízét adó katechineknek sokféle jótékony hatást tulajdonítanak. Ilyen vegyület a bal oldali (–)-epikatechin ( $X=H$ ) és (–)-epigallokatechin ( $X=OH$ ), és a gallátjaik (jobb oldalon):



a) Add meg a (-)-epikatechin két királis szénatomjának abszolút konfigurációját az R/S jelöléssel!

A következő séma a (-)-gallokatechin egy szintézisét mutatja. Ez az anyag a teában található (-)-epigallokatechin egyik epimere.



b) Milyen körülmények a legjobbak az **A** átalakításra a felsoroltak közül?

|             |            |                          |           |
|-------------|------------|--------------------------|-----------|
| MeMgBr, THF | NaOMe, THF | NaBH <sub>4</sub> , MeOH | HCl, MeOH |
|-------------|------------|--------------------------|-----------|

c) Milyen körülmények a legjobbak a **B** átalakításra a felsoroltak közül?

|                              |                           |            |                          |
|------------------------------|---------------------------|------------|--------------------------|
| PhCH <sub>2</sub> OH,<br>NaH | PhCH <sub>2</sub> Cl, NaH | PhCHO, HCl | PhCO <sub>2</sub> H, HCl |
|------------------------------|---------------------------|------------|--------------------------|

d) Rajzold fel a **C**, **D** és **E** szerkezeteket, és ahol szükséges, tüntesd fel a sztereokémiát is!

(japán feladat)

## Megoldások

**K371. a)** Átlagos cseppméretek:  $d_k = 73 \mu\text{m} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ ;  $d_n = 370 \mu\text{m} = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Sűrűségek (20 °C, táblázatból):  $\rho_{\text{víz}} = 998,2 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{levegő}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ .

A feladat által megadott többi adat felhasználásával a Stokes-törvénnyel ki lehet számolni a sebességeket (kisebb, ill. nagyobb cseppméret esetén is).

$$v_{\text{kisebb}} = \frac{(7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m})^2 \cdot \left(998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{18 \cdot 1,815 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}} = 0,16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Mivel  $v = \frac{s}{t}$  így:  $t_{\text{kisebb}} = \frac{s}{v} = \frac{1,5 \text{ m}}{0,1595 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9,40 \text{ s}$

Nagyobb (370  $\mu\text{m}$ ) cseppek esetén ugyanezzel az eljárással:

$v_{\text{nagyobb}} = 4,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $t_{\text{nagyobb}} = 0,37 \text{ s}$ .

b) 4 óra, azaz 14400 s alatt való kiülepedés esetén, feltételezve az a) részben megadott magasságot (1,5 m) a sebesség:  $1,0417 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Stokes-törvény rendezése:

$$d = \sqrt{\frac{v \cdot 18 \cdot \mu}{g \cdot (\Delta\rho)}} = \sqrt{\frac{1,0417 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 18 \cdot 1,815 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}} = 1,87 \mu\text{m}$$

1,87  $\mu\text{m}$ -es cseppméret alatt célszerű szűrőberendezéses eltávolítást alkalmazni.

*A beküldők többsége maximális pontot ért el, szép megoldások születtek. Néhányan külön kiszámolták a levegő sűrűségét is az egyetemes gáztörvény segítségével, bár igazán nem lett volna rá szükség.*

(Horváth Donát)

**K372. a)** A Stokes-törvény folyadékokra érvényes formája:

$$v_{\text{ülepedés}} = d^2(\rho_{\text{részecske}} - \rho_{\text{közeg}})g/(18\eta),$$

ahol  $v_{\text{ülepedés}}$  az ülepedés sebessége,  $\rho_{\text{részecske}}$  és  $\rho_{\text{közeg}}$  a vizsgált részecskék és a közeg sűrűsége,  $d$  a vizsgált részecskék átmérője,  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $\eta$  a közeg dinamikai viszkozitása. Folyóvízben a 0,050 mm átmérőjű homokszemcsék esetén a megfelelő adatok:

$d = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ ,  $\rho_{\text{részecske}} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{közeg}} = 998,2 \text{ kg/m}^3$ , valamint  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . A feladatban megadott viszkozitás érték a víz kinematikai viszkozitása, ebből a dinamikai viszkozitást a sűrűséggel történő szorzást követően kapjuk, azaz:

$$\eta = 1,006 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 998,2 \text{ kg/m}^3 = 1,004 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$$

Ezeket a képletbe helyettesítve a homokszemcsék ülepedési sebességére  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  adódik.

b) 40 nm átmérőjű aranysemcsék esetén  $\rho_{\text{közeg}}$ ,  $g$  és  $\eta$  értékei az a) részben leírtak, de  $d = 4,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ ,  $\rho_{\text{részecske}} = 1,93 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$ . Behelyettesítés után ülepedési sebességre az előzőnél jóval kisebb,  $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$  értéket kapunk.

*A feladatra Saracco Lucio küldött be hibátlan megoldást. A legtöbb megoldó a feladatban megadott kinematikai viszkozitást helyettesítette be a képletbe, a mértékegység ellenőrzésével ez azonban könnyen belátható, hogy nem helyes lépés, hiszen az így kapott eredmény nem sebesség dimenziójú. Több megoldó az általa kiszámított végeredményt nem normálalakban adta meg, ilyen kis értékeknél érdemes inkább ezt a formát választani.*

(Vörös Tamás)

**K373.** a)  $c = n/V = 0,0234 \text{ mol/dm}^3$

b) Nem következik, mert a két oldat sűrűsége eltérő. (Bár ilyen híg és ennyire közeli koncentrációjú oldatok esetén az eltérés csekély.)

c)  $\Delta N = N_A \cdot \Delta n = N_A \cdot \Delta m/M \rightarrow \Delta N = 6 \cdot 10^{23} \text{ db} \cdot 0,03 / 192 = 9,375 \cdot 10^{19} \text{ db}$

d)  $\rho = pM/RT$

$\rho_1/\rho_2 = T_2/T_1 = 0,945 \rightarrow$  A 37 °C-os gáz sűrűsége a 20 °C-os gázénak 94,5%-a, tehát 5,5%-kal kisebb annál.

e) Ha 100 cm<sup>3</sup> az elegy, ebben 50 cm<sup>3</sup> alkohol van;  $m_a = 39,45 \text{ g}$ . Az elegy tömege  $m_e = 39,45 \text{ g} \cdot 100/42,65 = 92,5 \text{ g}$ .

$\rho = m_e/V = 0,925 \text{ g/cm}^3$

f) Legyen  $100 \text{ cm}^3$  elegy, tömege  $96,18 \text{ g}$ ; ebben  $30 \text{ cm}^3$  alkohol van, tömege  $23,67 \text{ g}$ .  $m_{\text{víz}} = 72,51 \text{ g}$ ,  $V_{\text{víz}} = 72,51 \text{ cm}^3$ .

$$V_a : V_v = 30 : 72,51 = 1:2,4$$

Nagyon tanulságos Tóth Petra Lili (Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc) megoldása: az elegyről sűrűsége alapján  $25 \text{ m/m}\%$ -os összetétel állapítható meg. Ilyen módon a  $25 \text{ g}$  alkohol  $31,7 \text{ cm}^3$ , a  $75 \text{ g}$  víz térfogata  $75 \text{ cm}^3$ . Az elegyítés előtti folyadéktérfogatok aránya:

$$V_a : V_v = 31 \text{ cm}^3 : 75 \text{ cm}^3 = 1:2,4$$

$$\text{g) } V = 100 \text{ cm}^3 = 0,1 \text{ dm}^3 \rightarrow n_s = 0,14 \text{ mol} \rightarrow n(\text{H}^+) = 0,14/250 \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = n(\text{H}^+)/V = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/0,1 \text{ dm}^3 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{h) } M(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2) = 130 \text{ g/mol}; M(\text{levegő}) = 29 \text{ g/mol}$$

$$\rho_e / \rho_{\text{lev}} = M_e / M_{\text{lev}} = 130/29 = 4,48$$

(Tóth Albertné)

**K374.** A keverék azonos állapotú levegőre vonatkoztatott sűrűsége  $2,97$ . A levegő átlagos moláris tömegét  $29 \text{ g/mol}$ -nak véve a vizsgált keverékünk átlagos moláris tömege  $2,97 \cdot 29 \text{ g/mol} = 86 \text{ g/mol}$ . Vizsgáljuk a továbbiakban a keverék  $2$  mólját, melyben a feladat adatai alapján a két halogénezett szénhidrogén  $1 : 1$  anyagmennyiség-arányban van jelen, vagyis mindkét vegyületből  $1$  mólnyi van benne.  $2$  mól gázelegy tömege  $86 \text{ g/mol} \cdot 2 \text{ mol} = 172 \text{ g}$ . Ennek  $20,92 \text{ m/m}\%$ -a, azaz  $36 \text{ g}$ -ja szén,  $77,30 \text{ m/m}\%$ -a, vagyis  $133 \text{ g}$ -ja fluor, míg a fennmaradó  $3 \text{ g}$  hidrogén. Ez alapján tehát a vizsgált mennyiségű keverékben, azaz mindkét vegyület  $1-1$  móljában összesen  $3 \text{ mol C}$ ,  $7 \text{ mol F}$  és  $3 \text{ mol H}$  van. Mivel két telített, halogénezett szénhidrogénről van szó, a lehetséges összetételek: a)  $\text{CF}_4$  és  $\text{CF}_3\text{CH}_3$  (tetrafluormetán és  $1,1,1$ -trifluoretán), b)  $\text{CF}_4$  és  $\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{F}$  (tetrafluormetán és  $1,1,2$ -trifluoretán), c)  $\text{CHF}_3$  és  $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$  (trifluormetán és  $1,1,1,2$ -tetrafluoretán), d)  $\text{CHF}_3$  és  $\text{CHF}_2\text{CHF}_2$  (trifluormetán és  $1,1,2,2$ -tetrafluoretán), e)  $\text{CH}_2\text{F}_2$  és  $\text{CF}_3\text{CHF}_2$  (difluormetán és pentafluoretán), f)  $\text{CH}_3\text{F}$  és  $\text{C}_2\text{F}_6$  (fluormetán és hexafluoretán).

*A feladatra összesen 7 teljes értékű megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 6,9 pont. A megoldók többsége rájött arra, hogy a két vegyület összesen mekkora mennyiséget tartalmaz az egyes atomokból. Gyakori hiba volt azonban az, hogy nem tüntették fel az összes izomert lehetséges megoldásként, elsősorban a  $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$  és  $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$  összegképletek esetén hiányzott*

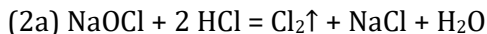
*a lehetséges 2-2 konstitúciós izomer. Bár jellemzően a feladat megoldását nem befolyásolta, de fontos megjegyezni, hogy a 86 g/mol átlagos moláris tömegű keverékből 2 molt véve csak a tömeg értéke lesz 172 g, az átlagos moláris tömeg értéke változatlan marad.*

(Vörös Tamás)

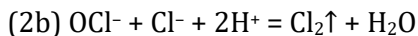
**K375.** A bioetanolt elsősorban mint üzemanyagot használják: a benzint helyettesíti vagy annak adalékanyagaként szolgál (kukoricabenzin). Megújuló energiaforrásnak számít, magas szénhidráttartalmú növényekből állítják elő: kukoricából, búzából, burgonyából (ezek keményítőtartalmából), esetleg szalmából (ez esetben cellulózból). A keményítő és a cellulóz monoszacharidokká történő hidrolíziséhez híg sósavat vagy híg kénsavat használnak, az etanol pedig enzimatikus úton képződik a monoszacharidokból. Ennek egyenlete:



Ha hypót sósavval öntünk össze, a

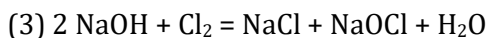


egyenlet szerint klórgáz képződik (ez a takarítás során elkerülendő, viszont kémia szakkörön ilyen módon könnyen állítható elő – kontrollált mennyiségű – klóros víz). A reakció ionegyenletéből:



jobban látható, hogy a folyamat során a hipoklorition klóratomja redukálódik, a kloridion oxidálódik. A folyamat színproporció, azaz ugyanolyan atom (a hipokloritionban a +1-es oxidációs számú Cl) redukálódik, mint amilyen oxidálódik (a -1-es oxidációs számú kloridion), és egy közös oxidációs állapotban „találkoznak” (klórmolekula: 0). (Az „ $\text{NaOCl} + \text{HCl} = \text{NaOH} + \text{Cl}_2$ ” egyenlet hibás, ugyanis a klór nátrium-hidroxid-oldatból nem oldódik ki.)

A hypót úgy gyártják, hogy klórgázt nyeletnek el nátrium-hidroxid-oldatban:



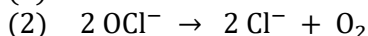
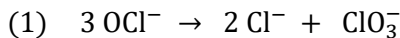
A klór itt diszproporcionálódik. A hypó a hatóanyag, a nátrium-hipoklorit és a maradék nátrium-hidroxid (a lúgos közeg hátráltatja a hipoklorition elbomlását) mellett így szükségszerűen tartalmaz nátrium-kloridot is,

amit fölöslegesen kivonni az oldatból. Ezért a hypóból nemcsak akkor fejlődik klór, ha sósavval savanyítjuk, hanem a (2b) egyenlet szerint bármilyen kellően tömény savas oldat ugyanezt eredményezi. Ez történt a feladatban szereplő 2020. októberi dunaföldvári vegyi balesetben. (Több versenyző úgy „jutott” a klórfejlődéshez szükséges kloridionhoz, hogy feltételezte, a salétromsav mint erősebb sav felszabadítja a hipoklórossavat, ami utána részben sósavra bomlik. Mások a klór vízben való egyensúlyi oldódásának a salétromsav hatására bekövetkező megváltozásával magyarázták a balesetet. Ez a két érvelés figyelmen kívül hagyja a fenti, leglényegesebb reakciót.)

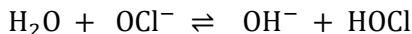
*A feladatot Csernyák Milán, Polák Máté, Sajósi Benedek és Keszte Panna hibátlanul oldotta meg, Panna és Benedek válaszaik igényes szerkesztésükkel is kitűntek a többi közül. Szabó Márton szintén gondosan szerkesztett munkájában csupán egy hiba volt, Papp Marcell Imre is 9 pontot ért el. Az utolsó alkérdés bizonyult a legnehezebbnek.*

(Keglevich Kristóf)

### K376.\* a)



b) Az oldat lúgos kémhatású, mert a hipoklorit ion hidrolizál:



c) Mindkét esetben csökken a pH, mert a keletkező klorid és klorát sem hidrolizál.

d) A tömegváltozást a (2) reakcióban fejlődő oxigén okozza, ennek anyagmennyisége  $0,6/32 = 0,01875 \text{ mol}$ .

Az oldott NaOCl anyagmennyisége  $5/74,5 = 0,0671 \text{ mol}$ .

A (2) reakcióban elreagált  $0,01875 \cdot 2 = 0,0375 \text{ mol OCl}^-$  és keletkezett ugyanennyi  $\text{Cl}^-$ .

A maradék  $0,0296 \text{ mol}$  hipokloritból  $0,00987 \text{ mol}$  klorát és további  $0,0197 \text{ mol}$  klorid keletkezik.

Összesen:

$$n_{\text{NaCl}} = 0,0572 \text{ mol, ebből } m_{\text{NaCl}} = 3,35 \text{ g,} \quad 3,36 \text{ m/m\%}$$



$n_{\text{NaClO}_3} = 0,00987 \text{ mol}$ , ebből  $m_{\text{NaClO}_3} = 1,05 \text{ g}$ ,  $1,06 \text{ m/m}\%$

*A feladat megoldása során a legtöbben jól gondolkodtak, magas pontszámok születtek.*

(Horváth Donát)

**K377.\*** A konyha légtere megkapható, ha a bútorok térfogatát levonjuk a teljes térfogatból:  $V(\text{légtér}) = (20 \cdot 2,75 - 5) \text{ m}^3 = 50 \text{ m}^3$ . Feltételezve, hogy a szoba  $20^\circ\text{C}$ -os, a levegőt ideális gáznak tekintve ez

$$n(\text{légtér}) = p \cdot V / (R \cdot T) = 2079 \text{ mol}$$

gázt jelent, amelyben a  $0,22 \text{ ppb}$  (anyagmennyiségi hányadként értelmezve, bár a feladat ezt nem köti ki egyértelműen) így  $n(\text{diallil-diszulfid}) = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$ -nak felel meg. Ez a fokhagymában lévő allicin anyagmennyiség  $5\%$ -a, azaz összesen

$$n(\text{allicin, össz}) = n(\text{diallil-diszulfid}) / 0,05 = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Az allicin moláris tömege  $M(\text{allicin}) = 162,27 \text{ g/mol}$ , ez alapján a tömege

$$m(\text{allicin}) = n(\text{allicin, össz}) \cdot M(\text{allicin}) = 1,5 \text{ mg.}$$

Mivel  $1 \text{ g}$  fokhagyma  $4 \text{ mg}$  allicint tartalmaz, már  $0,371 \text{ g}$  fokhagyma feltörése is elegendő, tehát a legkisebb gerezd is tartalmaz annyit (egy  $2 \text{ g}$ -os gerezdből  $0,186$  darab kéne), amennyire ebben a konyhában szükség van a szagérzékeléshez.

Ha a  $\text{ppb}$ -t tömeghányadban értelmezzük,  $\sim 0,07 \text{ g}$  fokhagyma a végeredmény – ezeket a megoldásokat is elfogadtuk.

*A feladat könnyűnek bizonyult, többen érték el maximális pontszámot. Leggyakoribb hibának a ppb jelentésének, valamint az allicin/di-allil-diszulfid viszonyának félreértelmezése bizonyult. Néhány esetben előfordult egy súlyosabb elvi hiba, amire legközelebb figyeljete: a gázként jelen lévő komponens tömege nem számítható a folyadékként mérhető sűrűség alapján.*

(Szobota András)

**K378\*.** a) Az alábbi táblázatban foglaltuk össze, hogy mit jelölnek a feladatban szereplő egyes betűk.

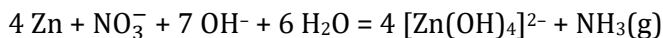
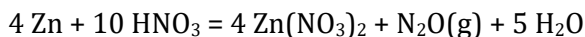
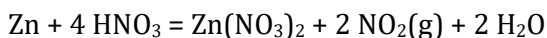
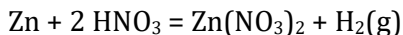
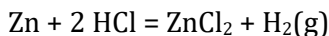
| A   | B              | X               | Y               | Z                | W               |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| HCl | H <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | NO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub> |

A cink negatív standardpotenciálú fémként sósavoldatból, illetve híg salétromsavoldatból egyaránt hidrogéngázt fejleszt.

A megoldók számára egyértelműen a cink és a különböző töménységű salétromsavoldatok reakciójában keletkező **Y** és **Z** nitrogén-oxidok helyes azonosítása jelentette a legnagyobb gondot. Figyelembe véve a nitrogén standard körülmények között stabil oxidjait, az N<sub>2</sub>O, az NO, valamint az NO<sub>2</sub> tömegszázalékos oxigéntartalmát kell vizsgálnunk, amely rendre 36,35 m/m%, 53,32 m/m%, illetőleg 69,55 m/m%. Ezeknek páronként képezve a hányadosát kiderül, hogy nem a sokak által írt NO<sub>2</sub>–NO, hanem az NO<sub>2</sub>–N<sub>2</sub>O vegyülepár a helyes, hiszen az előbbi esetben az arány a várt 1,913 helyett 1,304-nek adódik. Ez a visszatérő hiba rámutat arra, hogy mindig érdemes ellenőrizni a feltételezett megoldásunkat, hogy az összhangban áll-e a feladat állításával. Továbbá arra is felhívja a figyelmet, hogy nem minden esetben ragaszkodhatunk szigorúan a középiskolai tanulmányaink során megszerzett lexikális tudáshoz.

A **W**-re a N<sub>2</sub> helytelen megoldás, ugyanis a cink lúgos közegben ammóniává is képes redukálni a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionokat.

b) A példában előforduló, immáron képletekkel megadott öt reakcióegyenletet az alábbiak szerint lehet rendezni.



*A feladat alapvetően nem bizonyult nehéznek, a fenti megoldásban vázolt általános hibáktól eltekintve majdnem az összes beküldő helyesen megoldotta a példa többi részét. Arra mindenki rájött, hogy nitrogénvegyületekről van szó, azonban a reakcióegyenletek helyes rendezése olykor megtréfálta a megoldókat. Négy hibátlan, teljes értékű megoldás született, amelyet a Két komponens (Czakó Boróka és Süli Ádám), Sajósi Benedek, Saracco Lucio, illetve Szabó Márton küldött be. Átlagpontszám: 8,08 pont.*

(Baglyas Márton)

**K379\*.** A feladat szerint a különböző reakciók után végül egy  $25 \text{ cm}^3$  térfogatú,  $1,1 \text{ g/cm}^3$  sűrűségű oldathoz jutunk. Ennek tömege  $25 \text{ cm}^3 \cdot 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 27,5 \text{ g}$ . Ezt lehűtve  $4,49 \text{ g}$  szilárd csapadék válik ki, tehát ezzel egyensúlyban  $27,5 \text{ g} - 4,49 \text{ g} = 23,01 \text{ g}$  telített oldat marad. A kivált csapadék képlete alapján felírható, hogy annak hányadrésze a (vízmentes) nátrium-szulfát, így tehát a csapadék nátrium-szulfát tartalma:

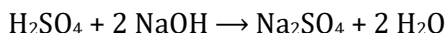
$$4,49 \text{ g} \cdot \frac{(2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{(2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16 + 10 \cdot 18) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,980 \text{ g}.$$

Az oldhatóság segítségével pedig a lehűlt telített oldat nátrium-szulfát-tartalma is hasonlóan meghatározható (ha kihasználjuk, hogy az oldat tömege az oldott anyag és az oldószer tömegének összege)

$$23,01 \text{ g} \cdot \frac{4,76 \text{ g}}{4,76 \text{ g} + 100 \text{ g}} = 1,046 \text{ g}.$$

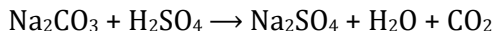
Így tehát a végső rendszer összesen  $1,980 \text{ g} + 1,046 \text{ g} = 3,026 \text{ g}$  nátrium-szulfátot tartalmaz.

A második, semlegesítési reakció reakcióegyenlete a következő:



A felhasznált lúgoldat térfogata  $3,67 \text{ cm}^3 = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$  volt, így a NaOH anyagmennyisége  $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 7,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . A reakcióegyenlet szerint az ebben a reakcióban reagáló kénsav és a keletkező nátrium-szulfát anyagmennyisége a nátrium-hidroxid anyagmennyiségének fele, azaz  $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . Tehát ebben a reakcióban  $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 142 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,521 \text{ g}$  nátrium-szulfát keletkezett, és  $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,360 \text{ g}$  kénsav reagált el.

Ez alapján a másik, nátrium-karbonát és kénsav között lejátszódó reakcióban a maradék  $3,026 \text{ g} - 0,521 \text{ g} = 2,505 \text{ g}$  nátrium-szulfátnak kellett keletkeznie, mely  $\frac{2,505 \text{ g}}{142 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,01764 \text{ mol}$  anyagnak felel meg. Ezen reakció reakcióegyenlete a következő:



Látható tehát, hogy a reagáló nátrium-karbonát és kénsav, valamint a keletkező nátrium-szulfát anyagmennyisége azonos. Ez alapján tehát  $0,01764 \text{ mol} \cdot (2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,870 \text{ g}$  nátrium-karbonát és  $0,01764 \text{ mol} \cdot 98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,729 \text{ g}$  kénsav reagált. Tehát a kiindulási nátrium-karbonát oldatban a nátrium-karbonát tömegszázaléka  $\frac{1,870 \text{ g}}{10 \text{ g}} \cdot 100 \% = 18,7 \%$ .

A felhasznált kénsav teljes mennyisége elreagált a két reakcióban, azaz  $0,360 \text{ g} + 1,729 \text{ g} = 2,089 \text{ g}$  kénsav reagált el. Ez a  $33,4 \text{ m/m}\%$ -os oldatból származott, melynek tömege ez alapján  $\frac{2,089 \text{ g}}{0,334} = 6,254 \text{ g}$ . Így a hozzáadott kénsavoldat térfogata  $\frac{6,254 \text{ g}}{1,25 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 5,00 \text{ cm}^3$  volt.

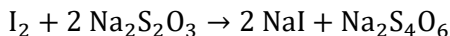
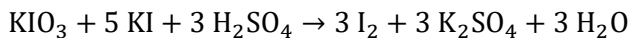
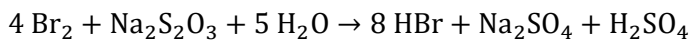
*A feladat viszonylag könnyűnek bizonyult, sok hibátlan megoldás is érkezett. Az átlagpontszám ennek megfelelően magas, 8,59 pont lett.*

(Csorba Benjámin)

**H336.** a) Az  $y$  és az  $x$  aránya a következőképpen számítható:  $y/x = n(\text{H})/n(\text{C}) = [(1 - w(\text{C}))/M(\text{H})]/[w(\text{C})/M(\text{C})] \approx 1,33$  ez körülbelül  $4/3$ , így az általános képlet:  $(\text{C}_3\text{H}_4)_n$ . Az  $x$  és az  $y$  értéke pedig 3 és 4.

b) A feladat szövege alapján a vízáddíció során acetont keletkezik. Az acetont összegképlete  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , ebből levonva az addicionálódott vízmolekula összegképletét,  $\text{C}_3\text{H}_4$ -et kapunk (tehát itt  $n = 1$ ). Ez alapján egy olyan  $\text{C}_3\text{H}_4$  összegképletű anyagot keresünk, amelyen vízáddíciót végrehajtva acetont kapunk végtermékként. Ilyen összegképletű anyag a ciklopropén, a propin és a propadién (allén). Ezek közül az utóbbi kettő vízáddíciója során először propén-2-olt ad termékül, majd ez átalakul acetonná (oxo-enol tautoméria). Így a keresett anyag lehetett a propin és a propadién is.

A szénhidrogén és a bróm közötti addíciós reakció brómfeleslegét határozzuk meg. A bróm és a nátrium-tioszulfát reakciójában szulfátion keletkezik. Így a lejátszódó reakciók egyenletei:



c) A következőkben el kell dönteni, hogy a kálium-jodát és a kálium-jodid szinproporciós reakciójában melyik komponens határozza meg azt, hogy mennyi jód keletkezik. Ezt úgy tehetjük meg a legkönnyebben, ha kiszámoljuk, hogy mennyi jód keletkezne az adott reaktáns mennyiségéből, és megnézzük, hogy melyik a legkevesebb. Ezt kiszámolva az alábbi eredményeket kapjuk:

|                  |            |                                |
|------------------|------------|--------------------------------|
| KIO <sub>3</sub> | KI         | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| 0,500 mmol       | 0,825 mmol | 1,00 mmol                      |

Ez alapján a kálium-jodát fogja meghatározni a reakció lejátszódásának a mértékét, így a mérés során 0,500 mmol jód vesz részt a reakciókban.

A mérés során a többi anyag anyagmennyisége:

|                 |                                               |                                                           |
|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Br <sub>2</sub> | Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> titrálásnál |
| 10,0 mmol       | 2,00 mmol                                     | 0,750 mmol                                                |

A mérés alapján 0,750 mmol fele azaz, 0,375 mmol jód volt feleslegben, tehát  $0,500 - 0,375 = 0,125$  mmol jód reagált el a nátrium-tioszulfát feleslegével. Így  $0,125 \cdot 2 = 0,250$  mmol tioszulfátion volt feleslegben, ami alapján  $2,00 - 0,250 = 1,75$  mmol tioszulfát reagált el. Azaz  $4 \cdot 1,75 = 7,00$  mmol bróm volt feleslegben, tehát 3,00 mmol bróm addicionálódott a 0,800 gramm szénhidrogén tizedére, azaz 80,0 milligrammra.

Ez alapján a szénhidrogén moláris tömege

$$M = m/n = 80,0 \text{ mg} / (3,00 \text{ mmol} / k) = k \cdot 80/3 \text{ g/mol}$$

ahol  $k$  a szénhidrogénben található szén-szén kettőskötések száma. A feladat szövege alapján ez csak  $k = 3$  esetén ad megfelelő moláris tömeget, így  $M(\text{szénhidrogén}) = 80 \text{ g/mol}$ .

Ez az általános képlet alapján  $M(\text{szénhidrogén})/M(\text{C}_3\text{H}_4) = 2$ , tehát a szénhidrogén összegképlete, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>. A második feltételt (síkalkat) a C<sub>6</sub>H<sub>8</sub> összegképletű szénhidrogének közül pedig csak a *cisz*-hexa-1,3,5-trién, a *transz*-hexa-1,3,5-trién és a 3-metilidénpenta-1,4-dién teljesíti.

d) A szénhidrogénről tudjuk, hogy C<sub>6</sub>H<sub>8</sub> az összegképlete és hogy C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> összegképletű anyag keletkezik belőle redukzív ozonolízis hatására. A C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> két olyan vegyület összegképlete amelyben karbonilcsoport található, de szén-szén kétszeres kötést nem tartalmaz. Az egyik a 2-

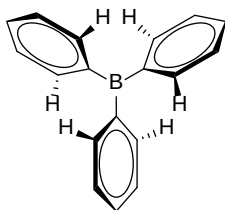
oxopropanal, a másik a propándial. Ezek alapján a három lehetséges szénhidrogén az 1,2-dimetilciklobuta-1,3-dién, az 1,3-dimetilciklobuta-1,3-dién és a ciklohexa-1,4-dién.

Lehet mind a két  $C_3H_4O_2$  összegképletű vegyületnek tautomere. A 2-oxopropanalnak a tautomere a 2-hidroxipropán-2-énal, amely az instabilabb. A propándialnak a tautomere a 3-hidroxipropán-2-énal, amely a stabilabb. Mind a két esetben a kettős kötések konjugációja, valamint az esetleges intramolekuláris hidrogénkötés létrejötte szabja meg, hogy melyik tautomer lesz a stabilabb.

*A feladat nem bizonyult könnyűnek. A legnagyobb nehézséget az összes lehetséges izomer megtalálása jelentette. Az átlagpontszám 6,01 lett. Kimagasló megoldást küldött be Farkas Izabella és Sajósi Benedek.*

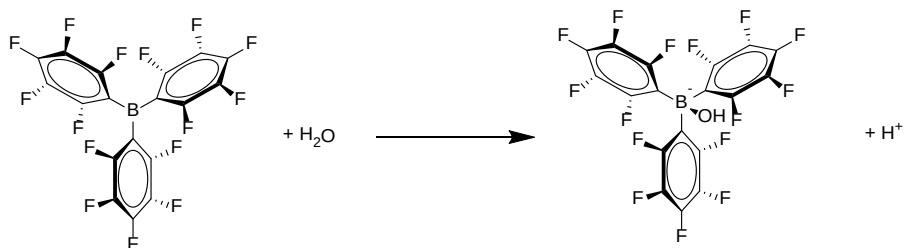
(Ficsór István Dávid)

**H337.** a) Mivel a szabályos hatszög belső szögei ugyanúgy  $120^\circ$ -osak, mint az  $sp^2$  hibridizációjú atomok kötésszögei, így a trifenilboránban a H-C-C-B-C-C-H molekulárszlet két hidrogénje azonos térrészt kellene, hogy elfoglaljon (hasonló kötésszögek esetén), ami nyilvánvalóan lehetetlen. Ehelyett a konjugáció sérül, az aromás gyűrűk kifordulnak a síkból.



A trifenil-borán térszerkezetét propelleralakúként is jellemezhetjük (nem összetévesztendő a propellánokkal).

b) A bór a szintén harmadik főcsoportbeli alumíniumhoz hasonlóan koordinálni tud a vízhez, és stabilizálni annak disszociációjával keletkező hidroxidiont.

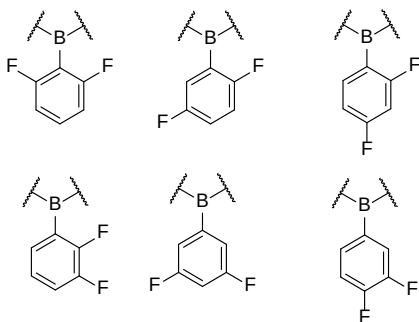


Analóg módon például az alábbi reakcióhoz.



c) Egy fluort egy benzolgyűrűre háromféleképpen tudunk felrajzolni (orto-, meta- vagy para helyzetbe a bórhoz képest). Más variációs lehetőség nincs, így egy fluoratommal három lehetséges izomer állítható elő.

d) Az öt fluort 5+0+0, 3+1+1, vagy 1+2+2 arányban oszthatjuk szét a három benzolgyűrűre. Mivel egy, kettő, három és öt fluor rendre három, hat, szintén hat és egy lehetséges konstitúciót ad, egy,  $6 \times 3 = 18$ , vagy  $3 \times 6 = 18$ , összesen **37** regioizomerrel kell számolnunk, attól függően, hogy miként oszlanak meg a fluorok az aromás gyűrűk között. (A gyűrűk konstitúciói egymástól függetlenek.) Itt páran felvetették, hogy a gátolt rotáció miatt néhány borán királis lehet, azonban ez nincs így, csak ha a fluort még nagyobb csoportokra (pl. brómra) cseréljük. A kettő fluoratomos gyűrű izomereit az alábbi ábra mutatja (a három fluoratomot tartalmazó gyűrűk a hidrogén és fluoratomok képzeletbeli felcserélésével származtathatók).



e) A fentiekkel analóg módon, minden pentafluoro-trifenilborán megfeleltethető pontosan egy dekafluoro-trifenilboránnak, ha a

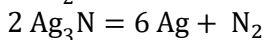
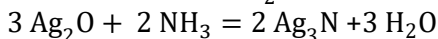
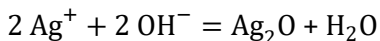
hidrogénatomokat és fluoratomokra cseréljük és viszont. Tehát a megoldás a c) részhez hasonlóan 37.

*A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális, vagy a közeleli pontot ért el. Sokan belebonyolódtak az izomerek egyesével történő rajzolásába ahelyett, hogy részenként számolták volna össze a lehetőségeket.*

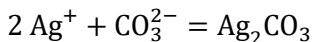
(Forman Ferenc)

**H338.** A feladatban az Ag, N, H és O elemek fordulnak elő. Bár a nitrogén és hidrogén vegyületei között vannak robbanékonyak, ezek nem fekete kristályok, így csak az Ag és N lehetnek **X** és **Y** elemek. **A** és **C** más elemet nem tartalmaznak, így a moláris tömegekből könnyen kiszámítható, hogy a kérdéses vegyületek rendre  $\text{Ag}_3\text{N}$  és  $\text{AgN}_3$  képletűek. **B** vegyület esetén az Ag:N arány 1:1, ezen felül 1 mol ezüstre 28 g egyéb elemet tartalmaz. Bár más kombinációk is helyesek matematikailag, egyedül az Ag-CNO (ezüst-fulminát) az, ami létezik és közismerten robbanékony. Hát-ravan azonban a feketeleves!

Bár az ezüsttűkörpróba során veszélytelenül önthetjük a szalmiákszeszt az ezüst-oxidra, megfelelően tömény oldat esetén veszélyes ezüst-nitrid keletkezhet. (Ne feledjük, hogy mivel nem szintetikus módszerről van szó, hanem balesetvédelemről, egy kismértékben lejátszódó mellékreakciót is figyelembe kell venni.)

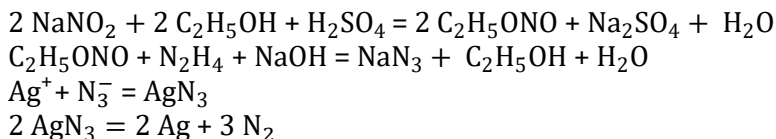


Az ezüst-fulminátot jellemzően tömény salétromsavas közegben állítják elő, azonban a feladatban szereplő bázikus körülmények között is keletkezhet ezüst-karbonátból. A karbonátionok esetleges jelenlétével pedig minden NaOH-oldat használata esetén számolni kell.





A második reprodukció a hidrazin diazotálása, majd a keletkező azidion kicsapódása az ezüstionokkal. Mivel a feladatrész szövegében nem szerepelt explicit az ezüst, ezeket a reakcióegyenleteket nem értékeltük.



*A feladat remélhetőleg például szolgál arra, hogy veszélytelennek tűnő műveletek elvégzése esetén is be kell tartanunk a biztonsági előírásokat. A vegyületeket majdnem mindenki megtalálta, a reakciók felírásába csúszott csak hiba itt-ott.*

(Forman Ferenc)

**H339.** a) A grafitrács elemi cellájának többféle testet is lehet venni, leg-egyszerűbb, ha a hatszögalapú ferde hasábot jelöljük ki, mely mindkét alapján hat szénatomot érint. Egy ilyen cellára két szénatom jut, magassága  $h$ , ami egyúttal a rétegek közötti magasság is, míg alapja egy  $a$  él-hosszúságú szabályos hatszög, ahol  $a$  az  $\text{sp}^2$  hibridállapotú szénatomok kovalens sugarának kétszerese, vagyis a C-C kötéshossz. Ennek a hatszögnek a területe:

$$A = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2$$

A ferde hasáb térfogata

$$V = A \cdot h$$

Így a sűrűsége

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2 \cdot m_{\text{szénatom}}}{A \cdot h} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} / N_A}{\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2 \cdot h}$$

Az egyenletet átrendezve, majd az adatokat behelyettesítve kapjuk a rétegek közötti távolságot ( $h$ ).

$$h = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} / N_A}{\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2 \cdot \rho} = 338 \text{ pm}$$

*A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el.*

(Forman Ferenc)

**H340.** a) A kért egyensúlyi állandók a következők:

$$K_{\text{i}} = \left( \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0} \right)^2$$

$$K_{\text{ii}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0}$$

$$K_{\text{iii}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0}$$

$$K_{\text{iv}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0}$$

A képletekben  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  a víz parciális nyomása a gáztérben, míg  $p^0 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ . Az ezzel való osztás formailag azért szükséges, hogy csak a bar-ban megadott nyomás számértékét kapjuk, mértékegység nélkül, mivel definíció szerint az egyensúlyi állandónak nincs mértékegysége. A középiskolában előfordul, hogy kiírják az egyensúlyi állandó mértékegységét, mivel ez az ott tanult képletek használatában nem okoz gondot. Azonban ezen mértékegységek logaritmusát nem lehet értelmezni, így, amennyiben az egyensúlyi állandónak lenne mértékegysége, nem tudnánk értelmezni például a feladatban is szereplő  $\Delta G^0 = -RT \ln K$  képletet (melyben  $\Delta G^0$  egy adott reakció standard szabadentalpia-változása,  $R$  az ideális gázállandó,  $T$  a K-ben kifejezett hőmérséklet). A javítás során erre a feladatrésze maximális pontot adtunk akkor is, ha valaki csak a víz parciális nyomását szerepeltette, az itt leírt osztás nélkül.

b) Sajnálatos módon ebbe a feladatrészebe hiba csúszott. A feladatban megadott empirikus képletek nem bar-ban, hanem Pa-ban adják meg a víz egyensúlyi parciális nyomásait. Voltak olyan versenyzők, akik észlelték a hibát, és helyesen, Pa mértékegységben számoltak. Természetesen

ennek észlelése nem lehet elvárás, így aki bar-ban értelmezte a képleteket, szintén maximális pontszámra volt jogosult, amennyiben ezt alapul véve helyesen számolt. Ebben az esetben akkora egyensúlyi nyomások jöttek ki, amik a következő két feladatrészen azt eredményezték, hogy a kristályvizes formák teljesen elbomlottak a végső, vízmentes formára, azaz a víz teljes mennyisége a gáztérbe került. Egy másik értelmezés szerint a c) feladatrészen  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  és  $\text{CuSO}_4$  keletkezett. Ezekre a megoldásokra is járt a teljes pontszám.

A kért Pa-ban mért minimális parciális nyomások a feladatban megadott empirikus összefüggések segítségével számíthatók ki  $T = 400 \text{ K}$  hőmérsékleten:

$$\begin{aligned} p_{5 \rightarrow 3} &= 10^{13,0864 - \frac{2998,91}{T}} = 10^{13,0864 - \frac{2998,91}{400}} = 3,88 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p_{3 \rightarrow 2} &= 10^{11,9383 - \frac{2693,86}{T}} = 10^{11,9383 - \frac{2693,86}{400}} = 1,60 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p_{1 \rightarrow 0} &= 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{T}} = 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{400}} = 2,68 \cdot 10^3 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Tehát a vízre vonatkozóan minimum  $2,68 \cdot 10^3 \text{ Pa}$  parciális nyomás szükséges ahhoz, hogy az 1 mól kristályvizet tartalmazó forma stabilis legyen. Ha adott esetben a parciális nyomás nem éri el ezt az értéket, akkor a Le Chatelier-Braun elv alapján mindaddig a kristályvizes só bomlása figyelhető meg, ameddig a gáztérben a vízgőz nyomása egyenlővé nem válik ezzel a minimális értékkel. Ekkor beáll az egyensúly. Hasonlóan értelmezhető a 3 mól kristályvizet tartalmazó forma stabilitásához szükséges minimum  $1,60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  parciális nyomás, és az 5 mól kristályvizet tartalmazó forma stabilitásához szükséges minimum  $3,88 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  parciális nyomás. Látható, ahogy az persze logikusan várható is volt, hogy minél nagyobb a gáztér vízgőztartalma, annál nagyobb kristályvíztartalmú formák lesznek stabilisak.

c) A megadott termodinamikai adatokból kiszámíthatjuk, hogy 400 K-en a 2 mól kristályvizet tartalmazó só stabilitásához a gáztérben minimum mekkora parciális nyomás szükséges a vízre vonatkoztatva (a többi kristályvizes sóhoz tartozó adatot már az előző részben meghatároztuk 400 K hőmérsékleten). A reakció standard entalpiaváltozása a standard képződési entalpiákból a középiskolában is tanult módon számítható:

$$\begin{aligned} \Delta H^0 &= \\ &= \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) + \Delta_f H^0(\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H^0(\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H^0 &= -238,90 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 1071,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left( -1393,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) \\ &= 83,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

A reakció standard entrópiaváltozása hasonló elven számolható a megadott standard entrópiaértékekből:

$$\begin{aligned}\Delta S^0 &= S^0(\text{H}_2\text{O}) + S^0(\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) - S^0(\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \\ \Delta S^0 &= 197,17 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} + 188,36 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} - \left( 181,25 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \\ \Delta S^0 &= 204,28 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\end{aligned}$$

Ezen két adat, és a hőmérséklet segítségével már kiszámíthatjuk a reakció standard szabadentalpia-változását 400 K hőmérsékleten:

$$\begin{aligned}\Delta G^0 &= \Delta H^0 - T\Delta S^0 = 83100 \frac{\text{J}}{\text{mol}} - 400 \text{ K} \cdot 204,28 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \\ \Delta G^0 &= 1388 \frac{\text{J}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

Ezek után a  $\Delta G^0 = -RT \ln K$  képletből az adott egyensúlyi állandót már kifejezhetjük:

$$K_{\text{iii}} = e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}} = e^{-\frac{1388 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400 \text{ K}}} = 0,6588$$

Ez alapján a 2 mól kristályvizet tartalmazó forma minimum  $p_{2 \rightarrow 1} = 0,659 \text{ bar} = 6,59 \cdot 10^4 \text{ Pa}$  vízgőzre vonatkoztatott parciális nyomáson stabilis.

A reakcióedénybe helyezett kristályvizes réz-szulfát anyagmennyisége:

$$n = \frac{0,640 \text{ g}}{(159,5 + 5 \cdot 18) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Ebből maximum  $n_{\text{max}} = 5 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,01283 \text{ mol}$  víz szabadulhat fel. Ekkor a reakcióedényben a vízgőz  $p_{\text{max}}$  maximális parciális nyomását az ideális állapotegyenlet alapján számolhatjuk ki ( $V = 500 \text{ ml} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$  a reakcióedény térfogata):

$$p_{\text{max}} V = n_{\text{max}} R T$$

$$p_{\max} = \frac{n_{\max}RT}{V} = \frac{0,01283 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400 \text{ K}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} = 8,53 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Látható, hogy még ez a maximális érték is kevesebb, mint  $p_{5 \rightarrow 3}$  és  $p_{3 \rightarrow 2}$ , tehát az 5 és 3 mól kristályvizet tartalmazó formák nem lehetnek stabilak az egyensúlyban, viszont ez az érték több, mint a 2 és 1 mól kristályvizet tartalmazó formák stabilitásához szükséges minimális érték. Azonban, ha ezek keletkeznek, akkor a teljes vízvesztéshez tartozó maximális értéknél kisebb lesz a gáztér parciális nyomása. Amennyiben csak a 2 mól kristályvizet tartalmazó formáig játszódik le a vízvesztés, a vízgőz parciális nyomása a maximális érték 3/5 része (mert az 5 mól kristályvízből 3 mól leadása ment végbe), azaz ekkor

$$p'_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{3}{5} \cdot p_{\max} = \frac{3}{5} \cdot 8,53 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 5,12 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Ez az érték azonban kisebb, mint  $p_{2 \rightarrow 1}$ , azaz ekkor még nem stabilis a 2 mól kristályvizet tartalmazó forma. Emiatt további vízvesztés következik be mindaddig, amíg a vízgőz parciális nyomása el nem éri  $p_{2 \rightarrow 1}$  értékét. Amennyiben az iii. reakció teljesen végbe menne, akkor ebben a reakcióban a teljes vízvesztéshez tartozó vízmennyiség 1/5-e távozna, azaz ekkor a vízgőz parciális nyomása a következő értékkel nőne:

$$\Delta p'_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{5} \cdot p_{\max} = \frac{1}{5} \cdot 8,53 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1,71 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Azonban  $p_{2 \rightarrow 1}$  eléréséhez csak a következő növekményre van szükségünk:

$$\Delta p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{2 \rightarrow 1} - p'_{\text{H}_2\text{O}} = 6,59 \cdot 10^4 \text{ Pa} - 5,12 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1,47 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Ez alapján az iii. reakció konverziója a következő:

$$X = \frac{\Delta p_{\text{H}_2\text{O}}}{\Delta p'_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,47 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{1,71 \cdot 10^4 \text{ Pa}} = 0,860$$

Tehát ez a reakció 86 %-ban megy végbe. Így az egyensúlyi elegy összetétele így a következő:

$$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}: 0,86n = 0,86 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}: 0,14n = 0,14 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{O}: (3 + 0,86)n = 3,86 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 9,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

A nyomás pedig  $p_{2 \rightarrow 1} = 0,659$  bar, hiszen a reakcióedény evakuált volt, azaz kezdetben semmilyen gáz nem volt benne, így a nyomás azonos a vízgőz parciális nyomásával.

d)  $T' = 600 \text{ K}$  hőmérsékleten is használhatjuk az empirikus egyenleteket. Ezek alapján az egyetlen mól kristályvizet tartalmazó forma stabilizálásához szükséges minimális vízre vonatkoztatott parciális nyomás:

$$p'_{1 \rightarrow 0} = 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{T'}} = 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{600}} = 4,76 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Látható, hogy még ez is kisebb  $p_{\max}$  értékének másfélszeresénél (mivel állandó térfogaton másfélszeresére nőtt a K-ben mért hőmérséklet, így a maximális nyomás is másfélszeresére emelkedik), azaz még a teljes vízvesztés sem tudna ekkora nyomást biztosítani (a többi forma stabilizálásához még nagyobb parciális nyomás kellene). Ennek megfelelően tehát a végállapotban kizárólag száraz réz-szulfát lesz jelen, melynek anyagmennyisége azonos a kiindulási anyagmennyiséggel, azaz  $n = 2,57 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . A keletkező víz mennyisége  $n_{\max} = 0,0128 \text{ mol}$ , a nyomás pedig  $1,5p_{\max} = 1,28 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

*A feladat a hibás feladatkitűzés ellenére (illetve az abból kifolyólag alkalmazott megengedő pontozás miatt is) viszonylag könnyűnek bizonyult a beküldők számára, több közel helyes megoldás is érkezett (ezek jellemzően 0,5-1 pontvesztéssel járó megoldások voltak, például számolási hiba miatt). Teljesen hibátlan megoldást egyedül Turányi Vilmos küldött. Az átlagpontoszám 7,96 pont volt.*

(Csorba Benjámin)



## KERESD A KÉMIÁT!

**Szerkesztő: Keglevich Kristóf**

### Kedves Diákok!

A 2020/2021-es tanév utolsó fordulója egy szervetlen és egy szerves kémiai feladatból áll, sok alkérdéssel. Ha nem tudjátok mindegyikre a választ (az internet segíthet!), részmegoldásokat is küldhettek! Az új feladatok kitűzése után a 2020. évi 5. számban szereplő feladatokhoz kapcsolódó kérdések megoldásai olvashatóak javítási és ismeretterjesztő szándékkal.

Megoldásaitokat szokott módon a <http://kokel.mke.org.hu> honlapra feltöltve küldhetitek be, illetve esetleg – ha ezt a tényt a honlapon jelzitek – postai úton is: Keglevich Kristóf, Fazekas Mihály Gimnázium, 1082 Bp. Horváth Mihály tér 8.

**Beküldési határidő: 2021. március 25.**

Sikeres munkát, jó versenyzést kívánunk mindenkinek!

\*

### 8. idézet: higanyvegyületek (13 pont)

*„Ursulában viszont rossz emlékeket hagyott a látogató: éppen akkor lépett a szobába, amikor Melchiades szórakozottságból eltört egy üveg higanykloridot.*

*– Az ördög bűze – mondta Ursula.*

*– Kizárt dolog – felelte Melchiades. – Kimutatták, hogy az ördögnek kénes tulajdonságai vannak, ez meg csak egy kis szublimát.*

*Oktatói szerepéből továbbra sem zökkenve ki, belefogott a cinóber ördögi varázserejének tudományos magyarázatába [...].”*

*(Gabriel García Márquez: Száz év magány [1967] – Székács Vera ford.)*

**Kérdések:**

- a) A higany-klorid név nem egyértelmű. Miért? A későbbiekből kiderül, hogy Melchiades a szublimátra gondolt. Mi lenne a másik higany-klorid köznapi neve? Miért érdekes a képlete? Hogyan kapcsolódik hozzá a „higanyos vízajtás”?
- b) Honnan kapta nevét a szublimát? Milyen következtetést vonhatunk le ebből a szublimát kötésrendszerével kapcsolatban?
- c) Hozz két példát a szöveg alapján, milyen vegyületekre vonatkoztatható: „az ördögnek kénes tulajdonságai vannak”! Hogyan kapcsolhatóak ezek a bűzös anyagok az ördöghöz?
- d) A cinóber higany(II)-szulfid. Milyen színű? A HgS mindig ilyen színű? Melyik módosulat hogyan keletkezik?
- e) Add meg két mérgező és két nem mérgező higanyvegyület nevét! Mitől függ, hogy mérgezőek-e?

(Keglevich Kristóf)

**9. idézet: a karbolsav (17 pont)**

*„A sebet szivaccsal lemostam, majd vászontépéssel bekötöttem, és végül karbolos pólyába bugyoláltam.”*

*(A. Conan Doyle: Sherlock Holmes kalandjai – A mérnök hüvelykujja [1892] – Boronkay Zsuzsa ford.)*

**Kérdések:**

*A karbolsav vizes oldatát az 1860-as évektől (Joseph Lister) használták fertőtlenítésre.*

- a) Melyik szerves anyagot nevezték régen karbolsavnak? Rajzold fel a molekula szerkezetét!
- b) Miért hívták „savnak”? (Írd fel reakcióját nátrium-hidroxid-oldattal!)
- c) A karbolsav egy fémionnal lilás színreakciót ad. Melyikkel?
- d) Mi köze van a karbolsavnak a húsiparhoz és a vasúthoz?

*Az orvosi gyakorlatban megszűnt a karbolsav alkalmazása mérgező, maró hatása, valamint erős szaga miatt. Azonban ugyanez az anyag az 1920-tól forgalmazott bakelit nevű műanyag egyik monomerje.*



- e) Mi a másik szerves reaktáns a bakelitben? Milyen típusú reakcióban képződik a bakelit?
- f) A bakelit ún. duroplaszt. Mit jelent ez? Mi ennek az anyagszerkezeti oka?
- g) Add meg további három duroplaszt tulajdonságú műanyag nevét!
- h) Milyen alapanyagokból készítik valójában a tévesen „bakelit”-nek nevezett hanglemezt?

*Ma a karbolsavat legfeljebb felületek fertőtlenítésére lehet használni. Azonban erre a célra már egészen más típusú szerves vegyületek is rendelkezésre állnak, kiváló biocid hatással. A Sanytol®-ban lévő fertőtlenítőszer didecil-dimetil-ammónium-klorid.*

- i) Rajzold fel a szerkezetét! Rendűsége szerint milyen amin? Milyen lehet a vizes oldatának kémhatása?
- j) Az ilyen típusú vegyületeket kationos tenzideknek nevezik. Általánosságban milyen sajátosságú molekulák a tenzidek? Jelöld meg a rajzodon, hol található a kationos rész a jelen vegyületben!

(Horváth Judit)

\*

## A 2020/5. számban kitűzött feladatok megoldása

### 3. feladat: sztaniol, nejlon, cukor (10 pont)

A cukorka csomagolására használt sztaniol vékonyra hengerelt ónfóliát (*stannum* = ón / Sn) jelent. Az alumínium a 20. század elejéig megfizethetetlenül drága volt, mert a bauxitból igen nehezen redukálható (a kriolit segítségével végrehajtott olvadékelektrolízis révén történő előállítását csak az 1880-as években fedezték föl).

A nejlonok poliamid típusú műanyagok, amelyek dikarbonsav és diamín monomerekből képződnek polikondenzáció révén, pl. a nejlon-66 a hat szénatomos adipinsavból és a szintén hat szénatomos hexametilén-diaminból. Az USA mérnökei a második világháború éveiben az ejtőernyőgyártáshoz szükséges selyem pótlására fejlesztették ki a nejlon.

A köznyelvben nejlonzacskónak nevezett eldobható műanyagzacskók anyaga valójában (kis sűrűségű) polietilén (*low density polyethylene*, LDPE). Arra a kérdésre, hogy „miből áll a nejlonzacskó?”, nem megfelelő válasz az, hogy „nyersolajból, gázokból, illetve egyéb petrokémiai származékok polimerizált formája”. Ki kell mondani a polimer nevét.

A Dragomán-novellában olvasható cukorfőzés során a szódadikarbónára ( $\text{NaHCO}_3$ ) azért lehetett szükség, hogy lúgos közeget teremtsen, hiszen ettől a cukorrépa szennyezéseinek egy része – szerves savak, fehérjék – kicsapódik. Az iparban  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -dal lúgosítják az oldatot, így a később belejuttatott  $\text{CO}_2$  hatására  $\text{CaCO}_3$ -csapadék képződik. Ez jó adsorbens, így vele együtt a kicsapódott szennyeződés is kiszűrhető. Mivel a  $\text{NaHCO}_3$  és a  $\text{CO}_2$  nem képez csapadékot egymással, a novellabeli eljárás igazából értelmetlen. Annyi haszonnal járhatott, hogy a  $\text{CO}_2$  megnövelte a nyomást, így az elbeszélés szerint a szifonban a szirupból cukorhab képződött, amit könnyebb volt sűríteni.

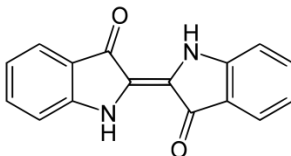
#### 4. feladat: kék festékek (20 pont)

Az ókori Egyiptomban már a Kr. e. 3. évezredben használták az azuritot  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$  és a belőle nedvesség hatására képződő, zöldes malachitot  $[\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2]$  szemhéz-, illetve arcfestékként. Ebből a két réztartalmú ásványból állították elő  $\text{SiO}_2$ -dal és  $\text{CaCO}_3$ -tal való együttes hevítés során az egyiptomi kék néven ismert színezőanyagot.



A lazúrkő (lapis lazuli), illetve fő összetevője, a lazurit nevű ásvány és a belőle előállított ultramarin-kék színét a tiozonidion ( $\text{S}_3^-$ ) adja. Ennek pontos konstitúciója (szerkezete) nem ismert, annyi biztos,

hogy V alakú és gyök jellegű, vagyis tartalmaz egy párosítatlan elektront. A kék színt a párosítatlan elektron könnyű gerjeszthetősége eredményezi. Az anion nevét nehéz volt megtalálni, jobb ötlet híján néhány versenyző „radikális kén anionnak” keresztelte el, amiben a google translate hibája is benne lehetett. Az angol ‘*radical*’ szó ugyanis a kémiában gyököt jelent (vö. latin ‘*radix*’).



A növényi eredetű indigó molekulája konjugált elektronszerkezetet – ennek részeként két aromás gyűrűt – tartalmaz, az ily módon delokalizálódó elektronokat könnyebb gerjeszthetőség jellemzi. Az indigó mesterséges gyártását Adolf von Baeyer dolgozta ki 1880 körül a BASF (Bayerische Anilin- und Sodafabrik), a bismarcki Németország vegyipari óriásvállalatának megbízásából.

A berlini kék – amelyet a feladatkitűzés állításával ellentétben már a 18. században is ismertek – összetételét a vas(III)-[hexacianido-ferrát(II)] névvel és a  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  képlettel szokás közelíteni.

Az YInMn kéket 2009-ben Mas Subramanian (USA) kutatócsoportja fedezte föl véletlenül elektronikai alapanyagokkal kapcsolatos kutatásaik során. Igen tartós és olcsó lévén az autópártól kezdve a nyomtatópatronba való tintán át a Szűz Mária-ábrázolások restaurálásig sok mindenre alkalmas lehet.



A középiskolás diák kémiatanulmányai során számos kék színű anyaggal találkozik, ilyen pl. az ózon ( $\text{O}_3$ ), a vízmentes kobalt(II)-só (pl.  $\text{CoCl}_2$ ), a  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  alatt létező nitrogén-trioxid ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ) vagy az ásványok közül a zafír, az akvamarin, a szodalit, a langit (ez majdhogynem kristályvizes réz(II)-szulfátnak tekinthető) stb. A standard körülmények között igen illékony, nagyon mérgező hidrogén-cianid ( $\text{HCN}$ ) folyékony formában is színtelen, kéksav nevét bizonyos vastartalmú cinaidcsapadékokról kapta, mint pl. a fentebb említett berlini kék. Sója, a cián ( $\text{KCN}$ ) fehér por. Az „ég” és az „ólom lángfestése” nem anyagok. Bár kétségtelen, hogy előbbi a fényszórásnak köszönhetően – napos időjárás esetén – valóban kék, és a lángba juttatott ólomsók is kékesfehér / szürkés-kék irányba változtatják meg a láng eredeti kékes színét (ez a lángfestés azonban korántsem olyan élénk, mint a nátriumé vagy a rézé).

A mosónők azért oldottak kékítőt a mosóvízben, hogy eltüntessék a fehér vászonfélék sárgás színét. A sárga és a kék ugyanis egymás kiegészítő színei (additív színkeverés).

\*

A második forduló során a következő eredmények születtek:

|     | <b>Név</b>           | <b>3.</b> | <b>4.</b> | <b><math>\Sigma</math></b> |
|-----|----------------------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1.  | Berger Rebeka        | 9         | 12        | <b>21</b>                  |
| 2.  | Bodnár Mária         | 10        | 18        | <b>28</b>                  |
| 3.  | Borján Gergő         | 5         | 12        | <b>17</b>                  |
| 4.  | Brenkus Lilla        | 8         | 14        | <b>22</b>                  |
| 5.  | Dénes Réka           | 8,5       | 13,5      | <b>23</b>                  |
| 6.  | Guzmits Helga        | 10        | 18        | <b>28</b>                  |
| 7.  | Halwax Kinga         | 10        | 13        | <b>23</b>                  |
| 8.  | Horváth Lilla        | 9,5       | 17,5      | <b>27</b>                  |
| 9.  | Káli Laura           | 4         | –         | <b>4</b>                   |
| 10. | Keszte Panna         | 10        | 19        | <b>29</b>                  |
| 11. | Lovas Miklós         | 9         | 19        | <b>28</b>                  |
| 12. | Mihályi Gréta Fanni  | 7,5       | 12,5      | <b>20</b>                  |
| 13. | Mócza Levente András | 10        | 14        | <b>24</b>                  |
| 14. | Őszi Kata Gabriella  | 3         | 14        | <b>17</b>                  |
| 15. | Radácsi Gréta Tímea  | 3         | 6         | <b>9</b>                   |
| 16. | Szabó Laura          | 3         | 6         | <b>9</b>                   |
| 17. | Szajkovits Ádám      | 6         | 10        | <b>16</b>                  |
| 18. | Soós Marietta Zsófia | 10        | –         | <b>10</b>                  |
| 19. | Takács Noémi         | 7,5       | 11,5      | <b>19</b>                  |

## **KÉMIA IDEGEN NYELVEN**



### **Kémia németül**

A korábbi megoldások értékelése a következő számban várható. Az érdekeltek türelmét köszönjük.

### **Kémia angolul**

**Szerkesztő: Tóth Edina**

#### **Előszóban**

Az új feladat „variációk egy témára” és arra, hogy mi számít up-to-date-nek vagy éppen kihívásnak különböző nézőpontok irányából. A téma közös: a platinafémek. A platinafémekről néhány „közismert” információ: ritkák, drágák és katalizátorok.

**A megoldásokat 2021. március 25-ig lehet a [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon keresztül feltölteni**

### **Platinum-paved roads**

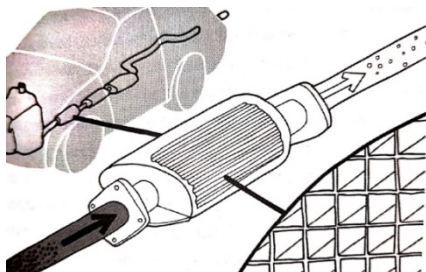
Lurking underneath your car, usually just beneath the engine, is a steel box hooked up to the exhaust system. These boxes first began appearing on cars back in the mid-seventies but now they are ubiquitous, with every car, van and lorry carrying one. Inside each box is a ceramic honeycomb structure coated with about 3 or 4 g (about 1/8 oz) of platinum and the equally shiny and expensive metals called palladium

and rhodium. These metals help chemical reactions getting started within the exhaust fumes, converting potentially harmful gases into predominantly harmless ones. The platinum and other metals act as catalysts: they aren't consumed by the work they do, and you need very little of them to give the chemistry a kick-start. It's the presence of these precious metallic catalysts that explains why the steel box under your car is known as a catalytic converter. It's also why a new catalytic converter can set you back a large amount of money.

Disappointingly, especially given the promise of the platinum, the inside of a catalytic converter is murky grey or brown. Most of them contain what is known in the trade as a cordierite monolith, a single block of extruded ceramic about 20 cm (8 in) long and maybe 15 cm (6 in) in diameter. The block is not, however a solid lump. It's shot through with thousands of tiny tubes, usually square in cross section, only 1mm (about 1/32 inch) across and arranged in a beautiful, regular pattern. In some cases the monolith is made of corrugated metal sheet, but the end result is the same: an inert block, with a large surface area through which exhaust fumes can flow.

The platinum, palladium and rhodium come into this story when monolith is drenched in a solution containing these precious metals. They coat the inside surfaces of the tubes and, when dry, leave behind a microscopically bumpy surface. The point of all effort is to create a maximally large surface area coated with platinum, palladium and rhodium, and the key to the reason why is down to how a solid can help along, or catalyze, a reaction that takes place. Exhaust fumes from petrol engines contain a number of toxic gases. The most well-known is carbon monoxide, a poison and a greenhouse gas, but there is also unburnt fuel that acts as a major air pollutant. Possibly most unpleasant, though, are the oxides of nitrogen that give rise to acid rain and destroy the ozone in the Earth's atmosphere that helps to filter harmful ultraviolet radiation from the Sun. Modern catalytic converters deal with all three of these. The platinum and palladium help oxygen react with carbon monoxide and the unburnt fuel to produce harmless carbon dioxide and water vapour. Meanwhile, the rhodium and the platinum catalyze the breakdown of the oxides of nitrogen to make nitrogen gas and oxygen. For these reactions to happen the gases need to be in physical contact with the precious metals, which is why you need a ceramic monolith

with all the skinny air tubes. If you just had a block of platinum, most of the gas would flow over the block without touching it and reacting.



Inside a car's catalytic converter

There are a few minor problems with modern catalytic converters. For the first reaction to take place, with the carbon monoxide and unburnt fuel, you need oxygen for it to work and it is quite possible to tune a car so that there is very little oxygen in the exhaust fumes. Modern cars monitor the oxygen levels, before and after the exhaust enters the catalytic converter, and adjust the air to fuel mixture injected into the engine accordingly. Another issue is that all of this chemistry only happens at high temperatures, usually well above  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), and it takes about five minutes for the converter to reach this temperature. So, the pollution created by short journeys does not get converted into less harmless components, because the catalytic converter does not work until it has time to heat up.

Catalytic converters are also susceptible to being poisoned and permanently ruined by such issues as leaks from coolant systems and lead in the fuel, which is why they only started appearing once unleaded fuel became common. The biggest problem, though, is that catalytic converters in cars eventually wear out. This is not because the precious metals get used up doing their jobs – remember that catalysts are not consumed by the reactions they start. Instead, driving causes vibrations and knocks that shake free the coating of catalysts on the ceramic monolith of the converter. The reason that you ultimately need to fork out for a new catalytic converter is because the precious metal coatings have been shaken free from your old converter, lost from the end of the exhaust pipe, and now strewn all over the road.

Which means that modern road dust is chock-full of platinum, palladium and rhodium. If you take the sweepings from urban roads and pick out all that gross bits – the plastic wrappers, tin cans and organic material – what you are left with is a dark brown sludge. Much of this has come from our cars wearing out. Anyone who has driven a car knows how often expensive tyres need to be replaced. Where do they go? The ground-up rubber ends on the roads along with those metallic particles from catalytic converters.

The best platinum mines in the world dig out ore with just a few parts per million of the precious metal. It's expensive, dirty, environmentally damaging work, but it is worth the effort of mining as the platinum that is extracted is so very, very valuable. The brown sludge swept from the roads has the same sort of levels of platinum as this best mined ore. The process for purifying the platinum, palladium and rhodium from road sweepings is only just being developed in the United Kingdom. In the UK alone, there could be tens of millions of pounds worth of precious metals lying on the streets, if only we could get at it.

Page 162-165 of *Science in the World Around Us* in Jopson, M. (2015). *The science of everyday life: Why teapots dribble, toast burns and light bulbs shine*. London, England: Michael O'Mara Books

## **Platinum, palladium or rhodium – which is the metal of the future?**

**by: Dominic Frisby (22 May 2019)**

### **How the future of driving is shaping demand for platinum group metals**

...

Platinum's main use is in diesel vehicles, whereas palladium tends to be used in petrol engines. But rhodium is the most effective catalyst for nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions in petrol engines, as much as seven times more effective than palladium. There is no substitute for rhodium.

Platinum can substitute for palladium in petrol engines, but this substitution only tends to kick in when the palladium price is double



that of platinum. In other words, if palladium is \$1,500 an ounce, and platinum \$750, we'll start to see substitution.

In future, it's likely we'll see three-way catalytic converters, which contain rhodium, platinum and palladium, make a comeback.

The Volkswagen diesel scandal and the resultant regulatory change which followed has meant that demand in Europe for diesel vehicles has fallen, while demand for petrol has increased. This has been duly reflected in platinum and palladium prices: the former has sunk and the latter has soared.

However, it is only diesel passenger vehicle demand that has died out. Globally, demand for commercial vehicles has remained constant and is likely to remain so. In other words, platinum demand should also remain constant. The big falls have already happened.

Electric vehicles are coming, but perhaps they are not quite as clean as the keenest proponents would have you believe. About 85% of global energy comes from burning hydrocarbons, so even for electric vehicles there's an 85% probability that the source of their energy is dirty.

Nor will they necessarily signal an end to PGM demand. Hybrid cars are the stepping stone to electric vehicles; JP Morgan says hybrids will account for 23% of global sales by 2025. However, hybrids still burn fuel 91% of vehicles will still have an internal combustion engine in 2025.

And according to the Boston Consulting Group, by 2030, 85% of passenger cars will still have a combustion engine and hence a catalytic converter. In other words, there will still be demand from vehicles for PGMs.

Another coming regulatory headache is that emission standards are different in the lab to the real world. Hybrids and other cars which turn off and on when stationary are in fact, in terms of emissions, a false economy, as the catalyst needs to be hot to function properly. This has the potential to become a big issue in the future if it gets more publicity.

So things look good for palladium and rhodium. Demand will continue and both are in a supply deficit. Palladium has an annual deficit of 8%, while rhodium demand exceeds annual mined supply of 760,000 oz by 100,000 oz. Recycling is what has saved both, but the stockpiles are shrinking all the time.

## What could bring demand for platinum back?

Platinum is closer to equilibrium. The weak rand, alongside high palladium and rhodium prices means that profitability is outrunning wage and power inflation, and so production of PGMs remains high. That is not great for platinum.

... Where is the demand going to come from? What is the story? The answer to that may be fuel-cell vehicles.

The use of fuel-cell vehicles is expected to take off, but not until the early to mid-2020s (though the story will get out sooner than that). But if fuel-cell vehicles take off, so will platinum demand and the normal prices and ratios I have discussed in other Money Mornings, where platinum trades at a premium to gold and palladium, will return.

Each fuel cell, says Hochreiter, will require an ounce (30g) of platinum; a typical saloon car would require five to six ounces. By the end of the next decade, platinum demand could be double where it is today.

...

But quite what platinum use will be in fuel-cell transport, and indeed what fuel-cell transport will be, is not yet fully known.

The article is obtained from <https://moneyweek.com/507382/platinum-palladium-or-rhodium-which-is-the-metal-of-the-future> (latest access: 27/02/2021)

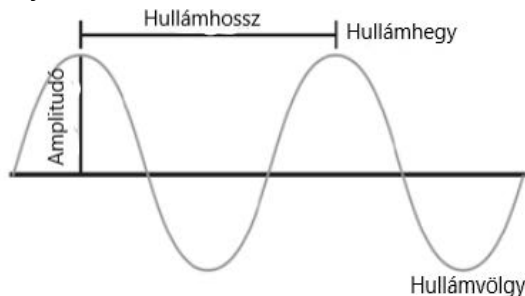
**Editor's note:** The platinum group metals, specifically platinum, palladium and rhodium are abbreviated as PGMs.

**A 2020/5. számban megjelent szöveg mintafordítása****Mi a spektroszkópia?**

A *spektroszkópia* olyan módszer, amellyel ismeretlen vegyületeket azonosítanak be a színeképeikből. Sajnos a színkép, vagy spektrum az dolog, amit a spektroszkópia használatával kapunk és ez teszi a definíciót kevésbé érthetővé. Hogy értelmet nyerjen, vissza kell mennünk és az elejétől elindulni.

**Hullámhossz, frekvencia és a fénysebesség**

Remélhetőleg már hallottál arról valamikor, hogy a fény egyszerre részecskéként és hullámként is viselkedik. Ha láthatnád, hogy néz ki ez a hullám, valami ilyesmi lenne:



*A fényt gyakran hullámként kezelhetjük, az itt ábrázolt jellemzőkkel.*

Ezen a rajzon a  $\lambda$  (lambda görög kisbetű) jelöli a fény hullámhosszát. A hullámhossz egyszerűen csak a távolság két hullámhegy vagy hullámvölgy (az alacsony rész) között (méterben mérve). Ha már ismerjük ezt a kifejezést, akkor a következő egyenletet felhasználva még sok okos dologgal állhatunk elő:  $c = v \cdot \lambda$ .

Oké, elismerem, hogy ez az egyenlet elsőre nem tűnik olyan menőnek. Mindemellet van még pár fogalom, amit meg kell ismernünk ahhoz, hogy láthassuk, mennyire menő.

- A fény sebességét a  $c$  jelöli. Vákuumban (és a levegő elég közel áll a vákuumhoz, a fény szempontjából), a fény sebessége  $3,00 \times 10^8$  m/s.
- A fény frekvenciáját a  $\nu$  (nü görög kisbetű) jelöli. A frekvencia egyszerűen megmutatja, hogy egy másodperc alatt hányszor képes a hullám „hullámozni”.

Lényegében ez az egyenlet rávilágít, hogy kapcsolat van a fénysebesség, a fény hullámhossza és a frekvencia között. Egyszerűen mondva (mivel tudom, hogy csak ez az, ami igazán izgat), minél többször csinálja a hullám a „hullámzást” egy másodperc alatt, annál rövidebb minden egyes hullám. Ez azért nem rossz!

## Fény és energia

Váltsunk témát egy pillanatra! Anélkül, hogy mondanám, valószínűleg már tudod, hogy a fény energiát hordoz. A napelemek varázsától a napégések fájdalmáig tapasztalhatod, hogy ha a nap rásüt valamire, annak energiát ad át.

Az energiamennyiség, amit a fény át tud adni valaminek, a fény színén múlik. A kék színű fénynek sok-sok energiája van, a pirosnak viszont jelentősen kevesebb. Sőt, olyan fény is létezik, ami olyan sok vagy kevés energiával rendelkezik, hogy a szemünkkel nem is észlelhetjük.

A fény színe viszont olyan dolgoktól függ, mint a hullámhossz és a frekvencia, pont ezeket vitattuk meg ezelőtt. Tudom, alig várod, hogy megtudd, mi az összefüggés a kettő közt, szóval előrukkolok az egyenlettel:  $E = h \times \nu$

Lássuk csak mit jelentenek ezek a kifejezések:

- Az  $E$  a fény energiáját jelenti joule-ban kifejezve.
- $h$  jelöli a Planck-állandót, ami nem több mint egy szám, amit egy Planck nevezetű fickó vezetett be a fényenergia frekvenciával való összefüggésének megadására.

A Planck-állandó értéke  $6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s}$ . Nem mondhatjuk, hogy ez az érték „ott van a nyelvünk hegyén”, de akkor is ennyi.

- $\nu$  a fény frekvenciáját jelöli, amiről már beszéltünk.

Mivel már tudjuk, hogy  $\nu \times \lambda = c$  így behelyettesítve:  $E = h \times (c/\lambda)$

A sok képletrendezgetés eredményeként (magabiztosan) kijelenthetjük, hogy a fény energiája összefügg annak hullámhosszával. Az a fény, aminek nagy a hullámhossza, alacsony energiájú; a rövid hullámhosszú fény nagy energiával rendelkezik. Komolyan, ezt mondja az egyenlet!

## Színek és energia

Már megállapítottuk, hogy a fény színének köze van a hullámhosszához és a frekvenciájához. Ami azt illeti, ha olyan örültek lennénk, hogy egy grafikonon mutatnánk be kapcsolatot a szín, hullámhossz és frekvencia között, a következőhöz hasonlóan festene.

A következő grafikon az elektromágneses spektrumot mutatja be, ami ábrázolja az összes különböző fényhullámot, ami létezik. Mint láthatjátok, az emberi szemmel ténylegesen csak nagyon apró részét láthatjuk az elektromágneses spektrumnak--a legnagyobb részének túl magas vagy túl alacsony a frekvenciája, hogy látható legyen.

## Mi történik akkor, amikor elektromágneses sugárzást adsz valamihez?

Beszéljünk a legáltalánosabb értelemben arról, mi történik akkor, amikor elektromágneses sugárzás ér egy vegyületet egy abszorpciós spektroszkópiának nevezett módszer használata közben. Itt egy diagram kis magyarázattal.



*A módszer, amivel az átengedett fényt méri abszorpciós spektroszkópia közben.*

- A sugárzás eléri a mintát.
- Az átadott energia felhasználódik valamire. Az, hogy mi ez a „valami”, az eredeti sugárzás energiájától függ. Például, ha infravörös sugárzást használunk, az energia egy része arra fordítódik, hogy a molekulában található kötések különféle módokon megnyúljanak és meggörbüljenek. Ha látható fényt használnak, az energia arra hasznosítódik, hogy egy elektronokat ugrassanak egyik pályáról a másikra. Ezeket később részletezzük az elkövetkező fejezetekben.
- A fény, amit a minta nem használ fel valamire, változatlanul halad át rajta. Képzeld, hogy adagolunk a mintába három különböző hullámhosszú fényt. Az első hullámhosszú fény pont jó energiájú ahhoz, hogy egy elektront egyik helyről a másikra ugrasson, míg a

másodiknak és harmadiknak pont nem jó a hullámhossza semmire. Ilyen esetben, az első hullámhosszú fény elnyelődik, a második és harmadik viszont változatlanul halad tovább. Minden vegyület teljesen más mintázatban nyeli el a fényt a különböző céljaira.

- Valami megméri a fényt, ami átjutott a mintán. Amint tudjuk, milyen hullámhosszú/színű/frekvenciájú fények jutottak át a mintán, kitalálhatjuk, milyen vegyület van jelen a mintában (mivel minden vegyület egyedi mintázatban nyeli el a fényt). A mintán átjutó fény mintázatát a vegyület spektrumának nevezzük, és minden vegyület egyedi spektrummal rendelkezik, amivel el lehet különíteni őket más vegyületektől.

Ezt az egész eljárást spektroszkópiának nevezzük. A spektroszkópia pedig, mint ahogy azt elmondtuk a fejezet elején, egy olyan módszer melynek segítségével beazonosíthatunk ismeretlen anyagokat a spektrumuk segítségével. Látod, megy ez, mint a karikacsapás!

Úgy sejtem, vannak páran, akinek nem teljesen világos hogyan is működik a spektroszkópia, ezért használjunk egy analógiát annak illusztrálására

Mondjuk (valamilyen oknál fogva), hogy egy gyárban kezdél dolgozni, ahol pólókat nyomtatnak. A főnököd (aki gyanítod, hogy túl sok festéket szippanthatott a maga idejében) azt mondja, hogy annak érdekében, hogy megtartsd a munkád, meg kell tudnod különböztetni egymástól a három használt szitanyomót. Az egyiken egy mosolygós fej van, a másikon egy szlogen: „sit on it” (egy szleng kifejezés, amit inkább nem fordítanék le), a harmadikon pedig egy grafika látható a Minutemen „What Makes a Man Start Fires?” lemezborítójáról. Az egyetlen probléma, hogy a főnököd azt mondta, hogy nem nézheted meg közvetlenül a szitanyomókat

Persze megpróbálhatnátok a kezeitekkel kitapintani, de mindegyik egyszerű selyemnek érődik. Megkérdezhetnétek egy kollégát, de ők sem segítenek, mivel félnek a főnöktől. Úgy néz ki, neked annyi.

Várjunk csak! Ahogy erre a könyvre visszaemlékszel, eszedbe jut egy harmadik ötlet. Minden selyemszítát ráteszel egy papírlapra, leöntöd őket festékkel, majd ahelyett, hogy magára a szitára néznél, a papírokat figyeled, amiket alájuk helyeztél. Mivel minden egyes szita egyedi formában engedi át magán a festéket, ezért tudod, hogy az első szitára

az van nyomtatva, hogy „sit on it”. Amennyiben ezt az eljárást folytatod a másik két szita esetében is, az állásod biztonságban van.

### **A szerves kémiában használ spektroszkópiatípusok**

Számos spektroszkópia típus van, amit a szerves kémikusok használnak, hogy kiderítsék mivel dolgoznak éppen.

Az infravörös (IR) spektroszkópia infravörös fényt használ, (a hullámhossz durván 750 nm és 1 mm között van) hogy beazonosítsa a szerves vegyületeket a kötéseik hajladozása és megnyúlása alapján. Az IR spektroszkópiával majd a 22-ik fejezetben foglalkozunk.

A mágneses magrezonanciás (angol/nemzetközi rövidítése NMR) spektroszkópiát arra használják, hogy a kémiai vegyületeket a vegyületben lévő különféle atomok nukleáris spinjének megfordításához szükséges energia alapján azonosítsák be (a hidrogén és szén a leggyakoribb) mágneses mező jelenlétében. Az NMR egy kicsit különbözik elveiben a spektroszkópia más típusaitól, de majd a 23-ik fejezetben ráérünk aggódni emiatt.

### **Miért is hasznos a spektroszkópia?**

Néha a diákok nem értik miért töltünk annyi időt a spektroszkópia működésének elmagyarázásával, amikor bizonyára vannak más módszerek is a kémiai anyagok beazonosítására. Elvégre a spektroszkópok feltalálását megelőzően is tevékenykedtek kémikusok!

Hogy válaszoljak erre a kérdésre, itt van néhány érv, hogy a szerves kémiával foglalkozó vegyészek miért szeretik a spektroszkópiát:

- Nem kell elpusztítani a mintát: a tömegspektrometriával és az égetés utáni elemarány vizsgálatával ellentétben a vegyészek a vizsgálat után egyszerűen kivehetik a mintát a spektrométerből, és más célokra használhatják.
- Szinte bármi vizsgálható spektroszkópiával: a röntgen krisztallográfiával vagy pordiffrakcióval ellentétben (amikhez mindenképpen szilárd minta kell), feloldhatjuk a mintát oldószerben vagy akár tiszta állapotában is berakhatjuk a spektrométerbe, és működni fog. Ráadásul csak nagyon apró mennyiségű mintára van szükség.

- Nagyon egyértelmű válaszokat ad: olyan módszerek, mint a gázkromatográfia (GC vagy GLC), el tudják különíteni szerves anyagok keverékéből a különböző anyagokat, de nem igazán alkalmasak arra, hogy megmondják, milyen vegyület van jelen a keverékben. A spektroszkópia általában el tudja árulni, mi van a főzőpohárban.

### **Az elvárt minimális tudás**

- A fény frekvenciája, hullámhossza, energiája és színe mind kapcsolatban állnak egymással.
- Bármely szerves vegyület abszorpciós spektrumát elő tudod állítani azáltal, hogy rávilágítasz, és megméred, milyen hullámhosszú fények jutnak át a mintán anélkül, hogy felhasználódnának.
- Mivel minden vegyület spektruma egyedi, spektroszkópiával azonosítani lehet őket.
- Sok, különböző típusú spektroszkópia létezik, amik a felhasznált fény energiájában különböznek.
- A szerves kémikusok rendszeresen spektroszkópiát használnak annak megállapítására, hogy mit állítottak elő.



## Rátz Tanár Úr Életműdíj 2020

Az Ericsson Magyarország, a Graphisoft SE és a Richter Gedeon Nyrt. közös díjat alapított magyarországi tanároknak, melyet a Fasori Gimnázium legendás hírvé matematikatanáráról „Rátz Tanár Úr Életműdíj”-nak nevezett el. E díj gondozására létrejött az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért, amely a díjazottanként 1.500.000 forinttal járó elismerést minden évben két-két biológia-, matematika-, fizika- és kémia tanárnak ítéli oda.

A 2020. évi díjazott kémia tanárok:

### Dobóné Dr. Tarai Éva

Dobóné Dr. Tarai Éva kémia-biológia szakos tanár diplomája megszerzését követően közel 27 év általános iskolai oktatást követően került 2011-ben a Berzsényi Dániel Gimnáziumba. Közoktatásban végzett kiemelkedő munkája mellett aktív kutatómunkát is végez. Doktori címét 2009-ben védte meg a kémiai fogalmakhoz kapcsolódó tévképzetek kutatása témában. 2016 óta kutatótanár.

Kivételes képességű, felkészültségű és szorgalmú tanár, aki maximálisan tudja a kémiaoktatás kutatásának eredményeit beépíteni, felhasználni, gyümölcsozttetni napi tanári munkájában is. Újszerű kísérleti technikák kidolgozása, a Mazur-féle társtanítás módszerének hazai bevezetése csak ízelítő sokrétű innovációs munkájából.

Tehetséggondozó munkája példaértékű. Az általa felkészített diákok számos jó helyezést és különdíjat értek el szakmai versenyeken. Természettudományos szaktábort szervez kollégáival a kémia



tagozatos diákok számára, diákjai kezdeményezésével megalakította és hagyományt teremtett a Kémiai Önképzőkörrel, ami azóta is népszerű terepe a tanórán kívüli tehetséggondozásnak. Együttműködnek a Dornoch Academy diákjaival és tanárukkal (Skócia), közös projekteken dolgoznak.

Száznál több publikáció, szakmai közösségi megnyilvánulás, idegen nyelvű folyóiratcikk megalkotója. Könyvek szerzője és társszerzője, tanulói munkafüzet és hozzájuk tartozó tanári segédletek összeállítója.

Eredményei nemzetközi szinten is figyelemre méltóak. A Science in School és a Journal of Chemical Education cikkei ötletadók voltak több önképzőköri projektnek, amelyek továbbfejlesztésével díjnyertes publikációk születtek.

A kémiatanári, neveléstudományi, pedagógiai konferenciákon előadásokat tart. Tapasztalatairól a kerületi és iskolai munkaközösség számára előadásokat és workshopokat szervez. A Science on Stage két hazai válogatóján (debreceni, szegedi) díjat nyert, és a magyar delegáció tagjaként részt vett a European Science on Stage rendezvényein Debrecenben és Cascaisban (Portugália). Az ELTE kémiatanár szakos hallgatói számára rendszeresen tart bemutató órákat, terepgyakorlatokat.

Szakmai munkáját több díjjal is jutalmazták. 1987-ben Miniszteri dicséret-ben részesült. 2004-ben és 2016-ban „Az év pedagógusa” címet nyerte el. 2018-ban a Magyar Tudományos Akadémia Pedagógus Kutatói Pályadíját kapta.

## Sebő Péter

Sebő Péter a biológia-kémia szakos tanári diplomájának megszerzését követően természetvédelmi szakmérnök végzettséget is szerzett. Pályája során az általános iskola 3. osztályától a főiskolás, egyetemista korosztályig tanított diákokat. A budapesti Kempelen Farkas Gimnáziumban eltöltött 10 évet követően került 2010-ben az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégiumába.

Nagy szakmai, gyakorlati tapasztalattal rendelkező pedagógus. Nemcsak tanítja a gyerekeket, hanem személyes példával elől járva neveli is őket.



Szakmai tevékenysége túlmutat az intézmény falain, kiterjedt kapcsolatrendszerének köszönhetően tanítványainak rengeteg lehetőséget teremt egyetemi, kutatóintézeti munkára, megfigyelésre. Sokoldalúságát mutatja, hogy publikációiban tudománytörténettel, tudományfilozófiával, pedagógiával, irodalommal és természetvédelemmel kapcsolatos írásokat egyaránt találunk, jelent meg közoktatási tankönyve és főiskolai jegyzete is.

Sikeres versenyfelkészítő tevékenységéről diákjának rangos hazai és nemzetközi szintű tanulmányi versenyeken elért kiváló eredményei tanúskodnak. Olyan pedagógus ő, akinek véleményére, segítségére, szolidaritására és humorára mindig lehet számítani. Szeretik és becsülik őt nemcsak diákjai, hanem kollégái is.

Iskolai szakmai tevékenysége is jelentős. 2014-től szerkeszti az Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium kémia, illetve 2020-tól a biológia munkaközösségének honlapját. Az iskolai kémia szakmai élet szervezésében aktív szerepet játszik. Támogatja diákjai szakmai projekt munkáit, rendszeresen szervezi diákcsoportok iskolán kívüli szakmai programokon való részvételét. Nagy odaadással tart kémiai kísérleti bemutatókat, kiemelt hangsúlyt fektet fiatal kollégák mentorálására, vezetőtanárként kémia szakos hallgatók tanítási

gyakorlatának vezetője. Rendszeres szervezője és kísérője az iskola belföldi és külföldi terepgyakorlatainak.

2005 óta elnökként vagy kérdező tanárként az emelt szintű kémia érettségi bizottságok tagja. Oktatási és tudományos kutatási projektek aktív résztvevője. 2012-től jelentős munkát végez a Hevesy György Kárpát-medencei Kémiaverseny megyei és országos feladatsorának összeállításában, a verseny megyei és országos fordulójának javításában, felüljavításában. A NAT 2015 alapján készült emelt szintű és a B kémia kerettanterv kidolgozását végző ELTE-MTA munkacsoportjának tagja volt 2015-2016-ban.

Eddigi szakmai munkáját a XXII. kerületben 2007-ben Mihalik Sándor díjjal, 2014-ben Bonis Bona- díjjal jutalmazták. Kiemelkedő tehetséggondozó munkájáért 2016-ban az Irinyi János Kémiaversenyen kapott elismerést.

---

## A szám szerzői

**Baglyas Márton** MSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Borbás Réka** középiskolai tanár, Szent István Gimnázium,  
Budapest

**Csorba Benjámín** MSc-hallgató, BME

**Ficsór István** kémiatanár-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Forman Ferenc** PhD-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Horváth Donát** BSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Keglevich Kristóf** középiskolai tanár, Fazekas Mihály Gimnázium,  
Budapest

**Kóczán György** tudományos munkatárs, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Magyarfalvi Gábor** egyetemi adjunktus, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Szobota András** PhD-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Vörös Tamás** igazságügyi szakértőjelölt, NSzKK

**Tóth Albertné** középiskolai tanár, Debreceni Vegyipari Technikum

**Tóth Edina** középiskolai tanár, Petrik Lajos Szakgimnázium, Budapest

**Zagyi Péter** középiskolai tanár, Németh László Gimnázium, Budapest

## TARTALOM

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>SUFNILABOR .....</b>                                           | <b>57</b>  |
| Kóczán György: A Sufnilabor anyák napi különkiadása.....          | 57         |
| <b>MI LETT BELŐLED IFJÚ VEGYÉSZ? – Dóka Zsuzsanna és Ditróiné</b> |            |
| Dóka Éva.....                                                     | 68         |
| <b>MESTERSÉGE KÉMIATANÁR – Karasz Gyöngyi .....</b>               | <b>72</b>  |
| <b>GONDOLKODÓ .....</b>                                           | <b>78</b>  |
| <b>KERESD A KÉMIÁT! .....</b>                                     | <b>109</b> |
| Keglevich Kristóf: Keresd a kémiát! .....                         | 109        |
| <b>KÉMIA IDEGEN NYELVEN .....</b>                                 | <b>115</b> |
| Tóth Edina: Kémia angolul .....                                   | 115        |
| <b>NAPRAKÉSZ .....</b>                                            | <b>127</b> |
| Rácz Tanár Úr Életműdíj .....                                     | 127        |
| <b>A SZÁM SZERZŐI .....</b>                                       | <b>131</b> |