

# GONDOLKODÓ



## Feladatok

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

**A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2017. március 9-ig lehet feltölteni a honlapon. A postán küldött megoldásokat is kérjük a honlapon regisztrálni. A levélcím:**

**KÖKÉL Feladatmegoldó pontverseny**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

**A [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon található az online rendszer. Beszkennelt kézírás esetén *figyeljete*k a *minőségre* és az *olvashatóságra* (tisztá fehér lapra jól látható tintával írjatok)!**

Szokás szerint a feladatok egy része az idei, thaiföldi Nemzetközi Kémiai Diákolimpia gyakorlófeladatai közül került ki.

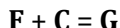
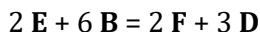
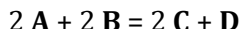
**A76.** Összeöntünk 10,0 g NaOH-oldatot 10,0 g HClO<sub>4</sub>-oldattal, melyeknek a tömegszázalékban kifejezett koncentrációjuk azonos. A kapott keveréket 100 cm<sup>3</sup>-re hígítjuk, majd e törzsoldat 10,0-10,0 cm<sup>3</sup>-es mintáit 0,00986 mol/dm<sup>3</sup> töménységű HCl-oldattal titráljuk. Az átlagos fogyás 15,2 cm<sup>3</sup>.

a) *Hány tömegszázalékos oldatokat öntöttünk össze?*

b) *Mekkora a törzsoldat sókoncentrációja?*

(Borbás Réka)

**A77.** Az **A, B, C, D, E, F, G** anyagokról a következőket tudjuk. **A, D, E** elemek, **B, C, F, G** vegyületek. **A** egy fém. **B** folyadék halmazállapotú 25°C-on, standard légköri nyomáson, **D** ugyanilyen körülmények között nagy diffúziósebességű gáz. Az **A** elem klórral alkotott vegyülete 60,67 m/m% klórt tartalmaz. **E** és **F** 1:1 anyagmennyiség-arányú keverékének átlagos moláris tömege 52,5 g/mol. Az anyagok között az alábbi reakciók mennek végbe a megadott arányokban.



*Nevezd meg az A, B, C, D, E, F, G anyagokat!*

(Borbás Réka)

**A78.** A falevelek nitrogéntartalmának meghatározásához száraz, porított levélből lemérünk 0,4387 grammot. A mintához tömény kénsavat adunk, majd szelén-dioxidot katalizátorként, és hevítjük. Ekkor a levélpor elroncsolódik, az oldat elszíntelenedik. Az előbbi lépésekben a levél nitrogéntartalmát ammóniává alakítottuk. A színtelen oldatot nátrium-hidroxid-oldattal meglúgosítjuk, és a felszabaduló ammóniát 25,00 cm<sup>3</sup> térfogatú, 0,0500 mol/dm<sup>3</sup> töménységű kénsavoldatba desztilláljuk. A feleslegben visszamaradt savat 15,11 cm<sup>3</sup> térfogatú 0,1012 mol/dm<sup>3</sup> töménységű nátrium-hidroxid-oldat közömbösíti.

*Hány tömegszázalék nitrogént tartalmazott a minta?*

(Borbás Réka)

**A79.** Egy kristályvizet is tartalmazó sót az élelmiszeripar emulgeátorként, pufferként, táplálékkiegészítőként alkalmaz. Ezt a sót hatékonyan találták csontimplantátumok készítéséhez, segítségével az implantátum sikeresen beépülhet az élő csontba.

A só tömegszázalékos összetétele: foszfor 13,89 %, oxigén 61,00%, hidrogén 4,485%. Ezekon kívül egyetlen féle alkálifémet tartalmaz.

*Mi a só képlete?*

(Borbás Réka)

**A80.** Egy 0,9250 g tömegű minta nátrium- és káliumtartalmát a megfelelő kloridsókká alakították, amelyeknek tömege 0,6065 g lett. A kloridkeverék 0,2022 g-ját 50 ml desztillált vízben feloldották, és az oldatot 0,1200 M ezüst-nitrát-oldattal titrálták. A végpont eléréséig pontosan 25,00 ml volt szükséges.

*Mi volt az eredeti minta tömegszázalékban kifejezett nátrium- és káliumtartalma?*

(thai feladat)

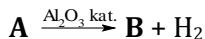
**K266.** Vendel ékszerész barátnőjét közelgő születésnapján egy kis teljesítményű PB-oxigén égővel szeretné meglepni. Az égőgázt egy PB palackból venné, viszont télen a sok disznóvágás miatt abban már csak bután maradt. Az oxigént azonban – hogy bírja pénztárcával – hidrogén-peroxid bomlásával gondolta biztosítani a következőképp. Egy 2,00 l-es flakonba 75,0 cm<sup>3</sup>, 35,0 m/m%-os hidrogén-peroxid-oldatot önt, majd a kupakba kis barnakő darabot tapaszt és óvatosan rácsavarja, nehogy idő előtt elinduljon a reakció. Ha ezek után összerázza, majd megvárja, míg a reakció lezajlik, és a hőmérséklet visszaáll az eredeti 25 °C-ra, lehet is használni.

- Hány percre elegendő ez a mennyiségű oxigén, ha az égő percenként 0,16 g butánt fogyaszt, és ha csak addig lehet vele dolgozni, amíg az oxigén túlnyomása 0,10 bar alá nem esik?*
- Lehet-e egy „töltettel” fél órát dolgozni, ha egy szokásos két literes PET-palack biztonságosan maximum 8 bar túlnyomást visel el? Ha igen, mekkora térfogatú hidrogén-peroxid-oldat szükséges hozzá?*

Mindkét esetben tételezzük fel, hogy az égés tökéletes. A hidrogén-peroxid-oldat sűrűsége 1,14 g/cm<sup>3</sup>, és a bomlás miatt bekövetkező térfogatváltozásától eltekintünk.

(Várda Ernák)

**K267.** Az **A** vegyület egy nyílt láncú szénhidrogén, a molekulájában mérhető minden kötreshossz az egyszeres és a kétszeres C-C kötés hosszértéke közé esik. A vegyületet brómos vízhez adva az oldat elszíntelenedik. Az **A** vegyület ciklizációjával előállítható **B** vegyület az alábbiak szerint:



A **B** vegyület minden C-C kötése egyenlő hosszú, és homológ sorának legegyszerűbb képviselője. **B** reakcióba lép tömény (SO<sub>3</sub>-ot is tartalmazó) kénsavval egy egyértékű erős szerves sav (**C**) keletkezése közben, vízkilépés mellett. Ha **C** nátriumsója (**D**) szilárd nátrium-hidroxiddal reagál, a reakció során egy szerves és egy szervesetlen nátriumsó, **E** és **F** keletkezik. Az **E** vegyület sósavval egy vízben viszonylag rosszul oldódó anyag (**G**) keletkezése közben reagál. **G** oldata enyhén savas kémhatású. Az **E** vegyület a **G** vegyület nátriumsója. Ha **F** sóhoz tömény kénsavat adunk, szúrós szagú gáz (**H**) fejlődik, amit Lugol-oldatba vezetve az oldat elszíntelenedik.

**B** moláris tömege 49,4%-a **C** moláris tömegének, **G** moláris tömege pedig 81,1%-a az **E** moláris tömegének.

- Mi **A-E** és **G** vegyületek szerkezeti képlete?*
- Mi **F** és **H** összegképlete?*
- Írd fel az említett reakciók egyenleteit!*

(Horváth Réka feladata alapján)

**K268.** Az alumínium ívhegesztésének egyik módja, hogy olyan elektródot választanak, aminek olvadáspontja jóval magasabb a féménél és annak oxidjánál is. Ekkor ugyanis az ív kialakulása után a pálca nem olvad el, így – elvileg – nem is fogy belőle. Erre célszerűen volfrámpálcákat alkalmaznak, ezeket különböző vastagságban, hosszban kerülnek piacra, sőt különböző adalékokkal is elláthatják, hogy más ötvözeteket is jól lehessen hegeszteni. Ezek az adalékok többnyire ritkaföldfém-vegyületek, változatos 0,1-4% között terjedő mennyiségben.

Egy ilyen kétkomponensű pálca az előírtnak megfelelően 2,01 m/m% adalékot tartalmaz, és benne a volfrám anyagmennyisége épp 70-szerese az adalékénak.

Az adalék vegyület 0,1050 grammjából 100 cm<sup>3</sup> törzsoldatot készítetve, a törzsoldat 10,0 cm<sup>3</sup>-ét 0,0100 mol/dm<sup>3</sup>-es nátrium-fluoriddal enyhén savas közegben nátrium-alizarinszulfonát jelenlétében megtitrálva az átlagfogyás 15,91 cm<sup>3</sup>.

- a) *Mi az adalék képlete, ha egy táblázat szerint 1 mg nátrium-fluorid 1,3815 mg fémet mér?*
- b) *Miért alkalmazható indikátorként a nátrium-alizarinszulfonát?*

(Várda Ernák)

**K269.** Az **M** elem és a klórgáz reakciójának egyedüli terméke az  $M_xCl_y$ .  
Eltérő körülmények között az alábbi eredményeket kapták:

| <b>M</b> (mol) | $Cl_2$ (mol) | termék (g) |
|----------------|--------------|------------|
| 0,20           | 0,80         | 26,7       |
| 0,30           | 0,70         | 40,0       |
| 0,40           | 0,60         | 53,3       |
| 0,50           | 0,50         | 44,4       |
| 0,60           | 0,40         | 35,6       |
| 0,70           | 0,30         | 26,7       |
| 0,80           | 0,20         | 17,8       |

- a) *Mi az  $M_xCl_y$  összegképlete? Írd fel teljes hidrolízisének egyenletét!*  
Bizonyos körülmények között  $M_xCl_y$  dimereket képez.
- b) *Rajzold fel ezeknek a dimereknek a térbeli szerkezetét!*

(thai feladat)

**K270.** Egy legnagyobbbrészt Cu és Zn tartalmú ötvözetet vizsgáltak. Egy 2,300 grammos mintát Erlenmeyer-lombikban 5,00 ml királyvízben feloldottak. A kapott oldatot kvantitatív módon egy 250 ml-es mérőlombikba vitték át és jelre töltötték.

Ennek a törzsoldatnak 25,00 ml-es részletét kivéve az oldat pH-ját 5,5-re állították és megtrálták 0,100 M EDTA-oldattal. PAN indikátor mellett a fogyás 33,40 ml volt.

Egy másik 25,00 ml-es mintához szilárd KI feleslegét adták pH beállítás után, majd a kapott oldatot 0,100 M nátrium-tiosulfát-oldattal trálták. Keményítő indikátorral a végpont 29,35 ml-nél volt.

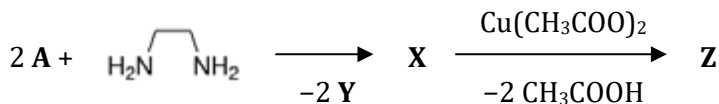
*Mi volt az ötvözetben a réz és a cink tömegszázaléka? Milyen feltételezések mellett állíthatjuk ezt?*

(thai feladat)

**H266.** Az **A** vegyületet csak három elem (C, H és O) alkotja, széntartalma 68,9 m/m%, hidrogéntartalma 4,9 m/m%. Standard körülmények között a vegyület folyékony, moláris tömege 122 g/mol. IR mérések azt mutatják, hogy a vegyület tartalmaz egy a molekulán belül (intramolekulárisan) hidrogénkötést létesítő fenol funkciós csoportot.

a) Rajzold fel a molekula szerkezetét!

b) Mi az **X**, **Y** és **Z** szerkezete az alábbi reakcióúton?



(thai feladat)

**H267. A)** Veszünk egy lehetőség szerint tökéletes gömböt, amit tiszta  $^{28}\text{Si}$  izotóp alkot, és a tömege  $w$  gramm. A gömb átmérőjét pontosan meghatározva ismeretes a térfogata,  $V$  is. A szilíciumkristály a gyémántra emlékeztető szerkezetben kristályosodik, egy lapcentrált elemi cellában további 4 szilíciumatom helyezkedik el a cella belsejében. Az elemi cella mérete a kristály röntgendiffrakciós vizsgálata alapján igen pontosan ismert. Az adatok:

A gömb tömege:  $w = 1000,064543(15)$  g,

A gömb térfogata:  $V = 431,049110(10)$  cm<sup>3</sup>,

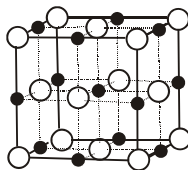
Az elemi cella élhossza:  $a = 543,099619(20)$  pm,

A  $^{28}\text{Si}$  atomtömege:  $A = 27,976970029(23)$  g/mol.

Írd fel azt a képletet, amely megadja az Avogadro-állandót a fenti mennyiségek segítségével! Milyen értéket adnak a mért adatok? 7 értékes jegyre add meg az eredményt!

**B)** A NaCl elemi celláját a mellékelt ábra mutatja. A cella élhossza 560 pm.

Mi a  $\text{Na}^+$  és  $\text{Cl}^-$  ionok koordinációs száma? Hány NaCl egység van egy elemi cellában? Számítsd ki a NaCl sűrűségét a megadott adatok alapján!



(thai feladat)

**H268.** A lizin aminosav erősen savas közegben mutatott formája 3 protont is képes veszíteni. A savi disszociációk 3 lépésének egyensúlyi állandóit a következő három  $\text{pK}_s$  érték jellemzi: 2,16; 9,06; 10,54.

a) Milyen szerkezetű molekulából van a legtöbb a lizin vizes oldatában? Rajzold fel a domináns formákat növekvő pH mellett (ha a pH változtatását HCl és NaOH oldattal végzik)!

9,5 pH-jú pufferoldatot szeretnénk készíteni 100 ml 0,100 M lizindihidroklorid-oldat és 0,500 M KOH-oldat segítségével.

b) Hány ml KOH oldat szükséges ehhez?

c) Mi lesz az oldat pH-ja, ha 5,00 g tiszta lizint oldunk 100,0 ml tiszta vízben? Mi a lizin egyes formáinak koncentrációja ebben az oldatban?

(thai feladat)

**H269.** Az alábbi feladat megoldásában a KÖKÉL 2008/2. számában (110. oldal) megjelent spektroszkópiai összefoglaló segíthet.

Oldatok vastartalmát spektrofotometriás méréssel is meg lehet határozni pl. a Fe(II)-ionból és az L komplexképzőből kapható komplexek vizsgálatával 5,00 pH-n. Az így kapható FeL<sub>3</sub> komplex 520 nm-en intenzív fényelnyelést mutat, míg a szabad fémion és a ligandum az egész látható tartományban nem nyel el.

A FeL és a FeL<sub>2</sub> komplex esetében is található olyan hullámhossz, ahol csak ezek nyelnek el: a FeL, X nm-en, moláris abszorptivitása 50 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>; a FeL<sub>2</sub> Y nm-en, 200 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>. A FeL<sub>x</sub> komplexek lépcsőzetes képződési állandói K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> és K<sub>3</sub>.

A komplexek fényelnyelését és képződését a következő kísérletekkel vizsgálták. Egy 1,00 cm-es küvettában vizsgált oldat abszorbanciája X nm-en 0,400 volt. Az oldat 1,00·10<sup>-5</sup> M szabad Fe<sup>2+</sup>-t és 2,00·10<sup>-6</sup> M szabad L-t tartalmazott. További L-oldat hozzáadása után az oldat elnyelése Y nm-en is 0,400 lett, miközben 2,00·10<sup>-6</sup> M volt a szabad FeL, és 2,00·10<sup>-4</sup> M a szabad L koncentrációja.

a) Számítsd ki a mérések alapján a FeL<sub>x</sub> komplexek első két lépcsőzetes képződési állandóját, K<sub>1</sub>-t és K<sub>2</sub>-t!

A további méréseket 520 nm-en végezték. Két oldatot készítettek, majd egy 1,00 cm-es küvettában megmérték az abszorbanciájukat. Az első oldat teljes Fe tartalma 6,25·10<sup>-5</sup> M, a teljes L tartalma 2,20·10<sup>-2</sup> M volt, ennek abszorbanciája 0,750. A másik oldatba 3,25·10<sup>-5</sup> M Fe-t és 9,25·10<sup>-5</sup> M L-t mértek be. Az egyensúlyi oldat elnyelése 0,360 volt.

b) Számítsd ki a mérések alapján a  $\text{FeL}_3$  komplex moláris abszorptivitását ezen a hullámhosszon! Mi a  $\text{FeL}_3$  komplex lépcsőzetes képződési állandója,  $K_3$  és a kumulatív (fémionból és szabad ligandumból) képződési állandója?

Az **L** ligandum elemanalízise szerint összetétele 80 m/m% C, 4,44 m/m% H és 15,56 m/m% N.

c) Mi lehet a szerkezete?

Az alábbi modellkísérlettel a vas emésztését és felszívódását vizsgálták. Egy gondosan megőrölt 0,4215 grammos vaspótló tablettát 10 ml vízzel és 0,375 ml emésztőenzim (pepszin) oldatával összekeverték, és a pH-t 2,00-ra állították sósavval, majd a keveréket 12,50 ml térfogatban átvitték egy dializáló tasakba. Ezt két órára 20,00 ml 0,01 M HCl-oldatban dializálták (a tasak térfogata nem változott). Az eljárás végén a felszabaduló vas koncentrációja a tasakon belül és kívül megegyezett.

A dializált oldat 5 ml-éhez redukálószerrel adtak, megfelelő pH-ra állították, feleslegben **L**-t adtak hozzá, és mérőlombikban 50 ml-re felhígították. Ennek az oldatnak az abszorbanciája 520 nm-en 0,550 volt.

d) Mi volt a dializált oldat vaskoncentrációja (mg/l egységben)? Mi volt a tablettá felszívódó vastartalma tömegszázalékban?

(thai feladat)

**H270.** A legegyszerűbb négyértékű sav, a metán-tetrakarbonsav nem létképes, azonnal elbomlik. Bár a sav nem létezik, a tetrametil-észterét ( $\text{C}(\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_3)_4$ ) már 1913-ban előállították.

Ez a fehér, kristályos anyag vízben nem oldható, de NaOH-oldatban lassan feloldódik (**A**). Ha ehhez az oldathoz fölöslegben sósavat adunk, akkor nem keletkezik a metán-tetrakarbonsav, hanem gázfejlődést tapasztalunk, és az oldatból egy fehér szilárd anyag válik ki (**B**). Ezt az anyagot kiszűrjük és megszáritjuk. Az anyag egy 1,212 g-os részletét oldjuk 1,521 g KOH és 20 ml víz elegyében. Az oldathoz addig adagolunk részletekben 10 m/m%-os ecetsavat, míg a pH 7,5 lesz. Ehhez 2,31 g ecetsavra van szükség.

Írd fel az **A** és **B** reakciók egyenletét!

(Kóczán György)

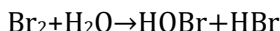


## Megoldások

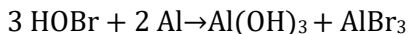
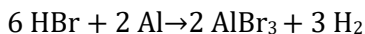
**A66.** a) Az alumínium reakciója jóddal és a brómmal is nagyon heves, exoterm folyamat. Mindkét esetben a felszabaduló hő hatására halogéngőzök keletkeznek, valamint a termék is elpárologhat vagy elszublimálhat. A jódos reakció beindításához katalizátor alkalmazása szükséges (pl. vizet szoktak alkalmazni a kísérletbemutatókon), amíg a brómos reakció katalizátor nélkül is nagyon gyorsan, hevesen beindul.

b) A brómos víz elszíntelenedik, s enyhe gázfejlődés is tapasztalható. A reakció nem lesz heves, mivel a felszabaduló hőt a víz veszi fel, így alacsonyabb hőmérsékleten játszódik le a reakció, s emiatt halogéngőzök sem keletkeznek.

c) A  $\text{Br}_2$  és a víz közötti reakció egyenlete:



d) A fenti molekulák reakciója alumíniummal:



*A megoldások között számos majdnem hibátlan volt. Általános hibaként elmondható, hogy a beküldők többsége nem vette figyelembe a hipobrómossav oxidáló tulajdonságát. Az átlagpontszám 7,8 lett.*

(Broda Balázs)

**A67.** a) Az evakuált edény nyomása a gőztérbe kerülő, kezdetben folyékony halmazállapotú anyag miatt nő meg, így az ideális gázok állapotegyenletét használva:

$$M = \frac{mRT}{pV} = 98,95 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 99 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$

A titrálással a vízben való feloldás során keletkező HCl anyagmennyiségét határoztuk meg. Tudva, hogy a NaOH és a HCl 1:1 arányban reagálnak, a keletkező HCl anyagmennyisége:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 6,07 \text{ mmol}$$

A felhasznált folyadék anyagmennyisége:

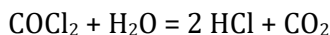
$$n = \frac{m}{M} = 3,03 \text{ mmol} = \frac{n(\text{HCl})}{2}$$

Ebből következik, hogy molekulánként két Cl-atomot tartalmaz az ismeretlen anyag. Mivel a molekulatömege 99 g/mol, így a két Cl atomon kívül csak egy C és egy O atomot tartalmazhat.

Tehát a vegyület összegképlete  $\text{COCl}_2$ . Ez az anyag a foszgén.

b) A nitrogéngáz átbuborékolásával a  $\text{CO}_2$  gázt úzzuk ki az oldatból, hogy ne zavarja a sav-bázis titrálást.

c) A vízben feloldott foszgén anyagmennyiségének kétszerese keletkezik az oldódás során. Így az oldódás reakcióegyenlete már könnyen kikövetkeztethető:



d) Az első világháborúban harci gázként használták. Ma a vegyiparban használják bizonyos műanyagok előállításánál, továbbá a laborban szerves szintézisek alapanyagaként is.

(Pálfy Gyula)

**A68.** a) A felezési idő elteltével a nuklidok fele szenved bomlást, ezek közül azok 15,3 %-a alfa-bomlást, a többi olyat, amelynek során a tömegszám változatlan marad (elektronbefogás). Mivel az alfa-bomlás során a tömegszám 4-gyel csökken, így a felezési idő elteltével az összes nuklid felének a 15,3 %-ának (7,65 %) a tömegszáma csökken 4-gyel, a többi változatlan marad.

Definiálhatunk egy „átlagtömegszámot” a felezési idő elteltével az alábbi módon:

$$A(\text{átlag}) = 257 \cdot 0,9235 + 253 \cdot 0,0765 = 256,69$$

Ezek alapján a minta tömege az így kapott tömegszám és az eredeti tömegszám arányában fog megváltozni.

$$m(\text{minta}) = 5,000 \text{ ng} \cdot 256,7 / 257,0 = 4,994 \text{ ng}$$

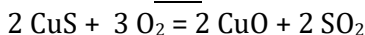
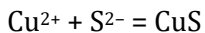
b) A bomlástermék a 253-as (257-4) tömegszámú, 99-es (101-2) rendszámú einsteinium, a felezési idő pedig  $T_{1/2} = 5,52$  óra. A többi mendelévium izotópból a 257-es (hiszen ez változatlan marad) tömegszámú, 100-as (101-1) rendszámú fermium keletkezik.

c) A keletkezett termékek további bomlásából származó tömegváltozás azért hanyagolható el, mert a felezési idejük jóval nagyobb, mint a mendelévium felezési ideje (einsteinium adott izotópjá: kb. 20 nap, fermium adott izotópjá: kb. 100 nap).

*Teljesen hibátlan megoldás nem született, bár sok esetben csak apróbb elnézések okozták a pontvesztéseket. Gyakorta előforduló hiba volt a felezési idő fogalmának rossz értelmezése. Az átlagpontszám 6,5 lett.*

(Broda Balázs)

**A69.** A réz(II)-szulfát-oldat és a kén-hidrogén-oldat reakciójakor, illetve a kiváló fekete réz(II)-szulfid csapadék levegőn való hevítésekor lejátszódó reakciók egyenletei:



a) A réz(II)-szulfid levegőn való hevítésekor keletkező 0,808 g réz(II)-oxid anyagmennyisége  $0,808 \text{ g} / (79,55 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0,01016 \text{ mol}$ , ez 0,01016 mol  $\text{Cu}^{2+}$ -ból származik, amely 0,01016 mol  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ban van. Ez azonban csak a készített oldat 25-öd részében volt. Az eredeti oldatban  $0,01016 \text{ mol} \cdot 25 = 0,2540 \text{ mol}$  rézgálic volt, ami 63,43 g.

b) 0,01016 mol réz(II)-oxid 0,01016 mol réz(II)-szulfidból keletkezett. Ehhez 0,01016 mol kén-hidrogénre volt szükség, amelyet azonban kétszeres feleslegben alkalmaztunk.

Ez összesen  $0,01016 \text{ mol} \cdot 2 \cdot 34,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,6925 \text{ g}$   $\text{H}_2\text{S}$ . A kén-hidrogén-oldat 0,30 m/m%-os volt, azaz  $0,6925 \text{ g} / 0,003 = 231 \text{ g}$  kén-hidrogén-oldatot használtunk.

*A pontátlag 6,6 pont, hibátlan megoldás nem született. Sokan rosszul értelmezték a feladatot és a keletkező réz(II)-szulfid tömegét vették 0,808 g-nak. Néhányan pedig elfelejtettek azzal számolni, hogy a kén-hidrogénes reakciót 500 cm<sup>3</sup> oldat helyett csak 20 cm<sup>3</sup>-vel végeztük el, így az a) feladatrészben rossz végeredményt kaptak.*

(Palya Dóra)

**A70.** a) A feladat szövege szerint 10 ppm koncentrációtól válik az allil-izotiocianát szaga elviselhetetlenné. Egy tanterem minimális térfogata hazánkban  $52 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} = 156 \text{ m}^3$ , ennek  $10 \cdot 10^{-6}$  része,  $1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  kell, hogy allil-izotiocianát legyen. A gáztörvény segítségével

kiszámítható, hogy ez mekkora anyagmennyiségű vegyületet jelent standard légköri nyomáson ( $10^5$  Pa) és  $22^\circ\text{C}$ -on ( $295$  K):

$$10^5 \text{ Pa} \cdot 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = n \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 295 \text{ K}$$

Ebből  $n$  értéke  $6,36 \cdot 10^{-2}$  mol. Az allil-izotiocianát moláris tömege  $99,1$  g/mol, ennek segítségével a szükséges vegyület tömege  $6,30$  g. Tehát legalább  $6,30$  g allil-izotiocianátot kell a levegőbe fecskendezni a legkisebb engedélyezett tanterem esetén, hogy annak szaga már elviselhetetlen legyen.

b) A halálos adag  $151$  mg testsúlykilogrammonként. Egy  $50$  kg tömegű diák esetén ez alapján a halálos adag  $50 \cdot 151 \text{ mg} = 7550 \text{ mg} = 7,55$  g. Ehhez képest az a) feladatrészen kiszámolt érték kisebb, tehát elvileg túlélhetné a diák azt, ha  $6,30$  g allil-izotiocianátot lenyelne.

*A feladatra 5 tanuló küldött be hibátlan megoldást, a pontszámok átlaga 7,8 pont. Néhány esetben a szükséges allil-izotiocianát térfogatának, valamint anyagmennyiségének kiszámítása okozott gondot. Utóbbihoz többen is a gáztörvény alkalmazása helyett olyan moláris térfogat értéket használtak, mely nem  $22^\circ\text{C}$ -ra vonatkozik.*

(Vörös Tamás)

**K256.** A vízmentes kalcium-klorid oldáshőjét a megadott képződéshő adatokból számoljuk ki:

$$\Delta_o H^0(\text{CaCl}_2) = 2\Delta_k H^0(\text{Cl}^-) + \Delta_k H^0(\text{Ca}^{2+}) - \Delta_k H^0(\text{CaCl}_2) = -81 \text{ kJ/mol.}$$

A  $2$  g, azaz  $0,018$  mol kalcium-klorid oldódásakor bekövetkező hőváltozás  $-81 \cdot 0,018 \text{ kJ} = -1,46 \text{ kJ}$ . A kalcium-klorid oldódása exoterm, míg az ammónium-klorid oldódása endoterm folyamat. Nem változik meg az oldat hőmérséklete, ha annyi ammónium-kloridot adunk hozzá, hogy az oldódáskor bekövetkezett hőváltozás  $1,46$  kJ. Az ammónium-klorid oldáshője

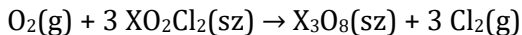
$$\Delta_o H^0(\text{NH}_4\text{Cl}) = \Delta_k H^0(\text{Cl}^-) + \Delta_k H^0(\text{NH}_4^+) - \Delta_k H^0(\text{NH}_4\text{Cl}) = 14 \text{ kJ/mol.}$$

Ez alapján  $1,46/14 \text{ mol} = 0,10 \text{ mol}$ , vagyis  $5,6$  g ammónium-kloridot kell feloldanunk, hogy ne változzon az oldat hőmérséklete.

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

(Simkó Irén)

**K257. a)** A lejátszódó reakció rendezett egyenlete:



b) Az egyszerűség kedvéért induljunk ki 1,00 mol oxigénből és 3,00 mol ismeretlen oxikloridból! 25%-os konverzió esetén 0,25 mol  $\text{O}_2$ , valamint ennek megfelelően az egyenlet alapján 3-szor ennyi, vagyis 0,75 mol  $\text{XO}_2\text{Cl}_2$  alakul át. A reakció lejátszódását követően az edényben 0,75 mol  $\text{O}_2$  (g), 2,25 mol  $\text{XO}_2\text{Cl}_2$  (sz), továbbá 0,25 mol  $\text{X}_3\text{O}_8$  (sz) és 0,75 mol  $\text{Cl}_2$  (g) lesz. Az ismeretlen fém moláris tömegét  $M_x$ -szel jelölve a szilárd fázis és a gázfázis tömegaránya az alábbi módon írható fel:

$$\frac{m_{\text{szilárd}}}{m_{\text{gáz}}} = \frac{n(\text{XO}_2\text{Cl}_2) \cdot M(\text{XO}_2\text{Cl}_2) + n(\text{X}_3\text{O}_8) \cdot M(\text{X}_3\text{O}_8)}{n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + n(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2)}$$

$$\frac{12,67}{1,000} = \frac{2,25 \cdot (M_x + 32,0 + 70,9) \text{g} + 0,25 \cdot (3 \cdot M_x + 8 \cdot 16,0) \text{g}}{0,75 \cdot 32 \text{g} + 0,75 \cdot 70,9 \text{g}}$$

Az egyenletet megoldva  $M_x$  értékére 238 g/mol adódik, mely megfelel az urán moláris tömegének. Tehát **X** az uránt (U) jelöli.

*A feladatra összesen 22 megoldás érkezett. A beküldők többsége helyesen oldotta meg a feladatot, a pontszámok átlaga 9,8 pont.*

(Vörös Tamás)

**K258. a)** Induljunk ki  $x$  anyagmennyiségű etanolt és  $y$  anyagmennyiségű vizet tartalmazó oldatból (mivel az elegyben úgy tekintjük, hogy mindkét anyag jelen van, így  $x$  és  $y$  pozitív valós számok – egyébként nyilván a tiszta vízben és a tiszta etanolban megegyezik a mólszázalékos és a tömegszázalékos összetétel). Ekkor a moláris tömegek felhasználásával az oldat  $46x$  gramm etanolt és  $18x$  gramm vizet tartalmaz, így felírható a kétféle összetétel egyenlősége:

$$\frac{46x}{46x+18y} = \frac{x}{x+y}$$

A nevezőkkel beszorozva:

$$46x^2 + 46xy = 46x^2 + 18xy$$

Amiből egyszerűsítés és  $xy$ -nal történő osztás ( $x$  és  $y$  pozitívak, így szorzatuk nem 0) után  $46 = 18$  adódik, ami ellentmondás, így a tömegszázalékos és a mólszázalékos összetétel nem lehet azonos.

b) A részecskeszám az Avogadro-szám alapján egyenesen arányos az anyagmennyiséggel, így akkor lesz több etanolmolekula az oldatban, ha az etanol anyagmennyisége nagyobb a vízénél, azaz az oldat több mint 50 mólszázalékos. Vizsgáljuk ezt a határesetet, legyen mindkét anyagból 1-1 mól az oldatban, ekkor az oldat 46 gramm etanolt és 18 gramm vizet tartalmaz, azaz össztömege 64 g, így az alkoholra nézve 71,9 tömegszázalékos. Az ehhez tartozó sűrűséget a függvénytáblázat adataiból interpolálással könnyedén meghatározhatjuk (a 70 és a 75 tömegszázalékos oldat között a sűrűségváltozást lineárisan közelítjük, így következtetünk a 71,9 tömegszázalékos oldat sűrűségére), vagy az interneten fellelhetünk több adatot tartalmazó táblázatot is. A kapott sűrűség:  $0,863 \text{ g/cm}^3$ . Így az oldat térfogata  $74,15 \text{ cm}^3$ . Mivel a bemérési alkohol tiszta alkohol, így sűrűsége  $0,7893 \text{ g/cm}^3$ , így térfogata  $58,3 \text{ cm}^3$ , amiből a térfogatszázalékos összetétel 78,6 százaléknak adódik.

Tehát ha az oldat több mint 78,6 térfogatszázalékos, akkor lesz több etanolmolekula az oldatban.

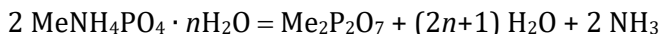
c) Legyen az oldatunkban „ $a$ ” gramm alkohol és „ $b$ ” gramm víz, ekkor az össztömeg grammban mérve  $(a+b)$ . Legyen „ $\rho$ ” az oldat sűrűsége, az alkohol sűrűségét ismerjük. Így az egyenlőség miatt fennáll:

$$\frac{a}{a+b} = \frac{\frac{a}{0,7893}}{\frac{a+b}{\rho}} = \frac{a}{a+b} \frac{\rho}{0,7893}$$

Innen már látható, hogy a két oldal közt egyenlőség akkor és csak akkor teljesülhetne (tekintve, hogy  $a$  és  $b$  pozitív valós számok), ha az oldat sűrűsége  $\rho = 0,7893 \text{ g/cm}^3$ , azaz megegyezik a tiszta alkohol sűrűségével, ami pedig csak akkor állna fenn, ha az oldat tiszta alkohol lenne (de ekkor  $b$  nem pozitív szám, ami ellentmondás).

(Csorba Benjámín)

**K259.** a) A hevítések során az alábbi bruttó reakció játszódik le:



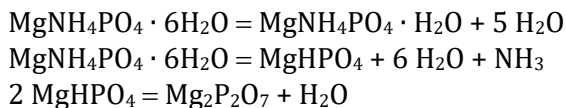
A NaOH-os gázmosó a bomlástermékek közül a vizet köti meg, a kénsavas gázmosó pedig az ammóniát.

Tehát az  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra való melegítés során  $3,673 \text{ g}$  víz távozik a sóból, ez  $0,2041 \text{ mol}$ . A  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra való melegítés során pedig  $4,408 \text{ g}$  ( $0,2449 \text{ mol}$ )

víz és 0,693 g (0,0408 mol) ammónia szabadul fel. Ekkor az összes kristályvíz és ammónia eltávozik, ezek mólaránya az előzőek alapján 6:1. Az 1100 °C-ra való melegítés során újabb 0,367 g (0,0204 mol) víz szabadul fel. Az egyenletben felírt együtthatók szerint  $(2n+1)/2 = (0,2449+0,0204)/0,0408$ , ami alapján  $n = 6$  adódik.

A felírt egyenlet alapján  $n(\text{Me}_2\text{P}_2\text{O}_7) = n(\text{NH}_3)/2 = 0,0204$  mol.  $m(\text{Me}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 10 - 4,408 - 0,693 - 0,367 = 4,532$  g. Vagyis  $M(\text{Me}_2\text{P}_2\text{O}_7) = m/n = 222,2$  g/mol, amiből az ismeretlen fémre  $M = 24,1$  g/mol, ami a magnézium. Tehát a magnézium sóját melegítettük, a só képlete pedig  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

b) Az 50 °C-os és a 60 °C-os reakció között a felszabaduló kristályvíz mennyiségében különbség van, az első esetben 0,2041 mol, a második esetben 0,2449 mol víz szabadul fel, ezek aránya 5:6. Ezek alapján a végbemenő reakciók egyenletei:



(Rutkai Zsófia)

**K260.** Vizsgáljuk elsőként azt az esetet, ha a keverék a lehető legkevesebb ammónium-nitrátot tartalmazza! A három vegyület közül az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  oldáshő értéke a legnagyobb. Tehát abban az esetben, ha ebből van a keverékben a legkevesebb, úgy az elnyelt hő értéke a lehető legkisebb, vagyis 5,00 gramm tömegű keverék oldása esetén  $1,06 - 0,08 \text{ kJ} = 0,98 \text{ kJ}$ . Ez 1,00 gramm keverék esetén ennek az ötödét, vagyis 0,196 kJ hő elnyelődését jelenti. Az  $\text{AgNO}_3$ -os titrálás során a kloridsók reagálnak ( $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$ ). Abban az esetben, ha nitrátból a lehető legkevesebb van, úgy az  $\text{AgNO}_3$  fogyás értéke a lehetséges legnagyobb, vagyis 1,00 gramm keverék tizedének a titrálása során  $14,4 \text{ cm}^3 + 0,2 \text{ cm}^3 = 14,6 \text{ cm}^3$ . Ez a  $10,0 \text{ cm}^3$ -es részlet titrálása esetén  $14,6 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ mol Ag}^+$ -t (és ugyanennyi  $\text{Cl}^-$ -t) jelent. A teljes  $100 \text{ cm}^3$  törzsoldatban, melyben az 1,00 gramm mintát oldották, tízszer ennyi, vagyis  $1,46 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  kloridion volt összesen. Jelölje  $n_1$  a  $\text{NaCl}$  ( $M = 58,5 \text{ g/mol}$ ),  $n_2$  az  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $M = 53,5 \text{ g/mol}$ ), míg  $n_3$  az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ( $M = 80,0 \text{ g/mol}$ ) anyagmennyiségét 1,00 gramm tömegű keverékben! Ebben az esetben a

keverék tömegére, a felszabaduló hőmennyiségre, valamint az  $\text{AgNO}_3$ -os titrálás adataira az alábbi három egyenlet írható fel:

$$n_1 \cdot 58,5 \text{ g} + n_2 \cdot 53,5 \text{ g} + n_3 \cdot 80,0 \text{ g} = 1,00 \text{ g}$$

$$n_1 \cdot 3,88 \text{ kJ} + n_2 \cdot 14,8 \text{ kJ} + n_3 \cdot 25,7 \text{ kJ} = 0,196 \text{ kJ}$$

$$n_1 + n_2 = 1,46 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Az egyenleteket megoldva az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  anyagmennyiségére  $n_3 = 2,29 \cdot 10^{-3}$  mol adódik ( $n_1 = 7,22 \cdot 10^{-3}$  mol és  $n_2 = 7,38 \cdot 10^{-3}$  mol értékek mellett). Az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tömege az 1,00 gramm keverékben tehát legalább  $2,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 80,0 \text{ g/mol} = 0,183 \text{ g}$ . A keverék minimális  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tartalma  $18,3 \text{ m/m}\%$ .

Vizsgáljuk most azt az esetet, ha a keverék a lehető legtöbb ammónium-nitrátot tartalmazza! Ekkor az elnyelt hő értéke a fentiekkel ellentétben a lehető legnagyobb, vagyis 5,00 gramm tömegű keverék oldása esetén  $1,06 + 0,08 \text{ kJ} = 1,14 \text{ kJ}$ , 1,00 gramm tömegű keverékre vonatkoztatva  $0,228 \text{ kJ}$ . Az  $\text{AgNO}_3$ -os titrálás során a fogyás értéke pedig a lehető legkisebb, vagyis  $14,4 \text{ cm}^3 - 0,2 \text{ cm}^3 = 14,2 \text{ cm}^3$ . Ez a teljes törzsoldatra  $1,42 \cdot 10^{-2}$  mol kloridiont jelent összesen. A fentihez hasonló jelöléseket alkalmazva a felírható három egyenlet ebben az esetben:

$$n_1 \cdot 58,5 \text{ g} + n_2 \cdot 53,5 \text{ g} + n_3 \cdot 80,0 \text{ g} = 1,00 \text{ g}$$

$$n_1 \cdot 3,88 \text{ kJ} + n_2 \cdot 14,8 \text{ kJ} + n_3 \cdot 25,7 \text{ kJ} = 0,228 \text{ kJ}$$

$$n_1 + n_2 = 1,42 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

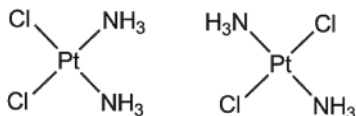
Az egyenletek megoldásából  $n_3 = 2,71 \cdot 10^{-3}$  mol adódik (továbbá  $n_1 = 4,74 \cdot 10^{-3}$  mol és  $n_2 = 9,46 \cdot 10^{-3}$  mol). Ez alapján az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  maximális tömege  $2,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 80,0 \text{ g/mol} = 0,217 \text{ g}$  az 1,00 gramm keverékben. Tehát a maximális  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tartalom  $21,7 \text{ m/m}\%$ .

*A feladatra összesen 12 hibátlan megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 8,0 pont. Több tanuló azokban az esetekben számolta ki a százalékos  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tartalmat, amikor mind az elnyelt hő, mind az  $\text{AgNO}_3$  fogyása egyszerre maximális/minimális, ezek azonban nem a lehetséges szélsőértékeket adják meg.*

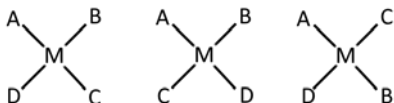
(Vörös Tamás)



**H256.** a) Síknégyszetesen elhelyezkedő 2-2 ligandum esetében ezek vagy egymás mellett vagy egymással szemben helyezkednek el. Az izomerek geometriai izomerek, fizikai tulajdonságaik is eltérnek. Szerves vegyületeknél nem jellemző ez a szerkezet, de fémkomplexek esetében több példa is van ilyen izomerekre. Az egyik legismertebb az ábrán mutatott cisz-platin és transz-platin.



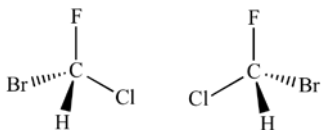
b) Négy különböző, síknégyszetesen elhelyezkedő ligandum (A, B, C, D) esetében is érdemes a relatív elrendeződésekre figyelni. Csupán három lehetséges kombináció adódik.



Más megközelítéssel: A 4 ligandum 4!-féleképp rendezhető sorba. Viszont a négyzet csúcsain nincs kezdőpozíció, ugyanaz a sorrend 4-szer megjelenik ezek között el-elforgatva. A síknégyszetes geometria miatt az ellentétes körüljárási irányú elrendeződések is fedésbe hozhatók, tehát végül fele annyi,  $6/2=3$  elrendeződés azonosítható.

c) Tetraéderesen elhelyezkedő 2-2 ligandumra sok vegyületben lehet példát találni, ilyen a diklór-metán is. Ezeknek nincsenek sztereo-izomerjei.

d) A központi atom körül 4 eltérő ligandumot tetraéderesen tartalmazó vegyület a királis vegyületek alappéldája. Ekkor két izomer létezik (enantiomerek), amelyek egymás tükörképei.



e) i. A korannulén esetében a helyzet emlékeztet a b) pontra, csak hogy nem 4, hanem 5 ligandumot kell elhelyezni ekvivalens pozíciókba. A 5 ligandum 5! sorrendjéből 5-5-5 ismétlődik, hisz a körkörös

elhelyezkedő pozíciók között nincs első, vagy más módon kitüntetett hely. A körüljárási irányban eltérő elrendeződések viszont most nem ekvivalensek egymással, ugyanis merev korannulén tál esetén a két irányú izomer nem hozható fedésbe, egymásnak tükörképei csupán. A izomerek száma tehát  $4! = 24$ .

ii. Ha a tál nem merev, akkor ezek a tükörképi párok a tál kifordulásával egymásba tudnak alakulni, fele annyi, 12 elkülönülő izomer létezik.

iii. Az izomerek abszolút konfigurációja ezeket az enantiomerpárokat kell megkülönböztetnünk egymástól. Az egyes párok ugyanis szerkezeti izomerek, az elnevezésüket a korannulén számozását használva nem nehéz megadni.

Egy kézenfekvő lehetőség kiválasztani egy irányított tengelyt, például a korannulén forgástengelyét a tál belseje felől nézve. A következő lépés, hogy a CIP konvenció szerint megszámozott szubsztituensek esetében definiálni kell a tengely körüli körüljárási irányt. A sok lehetőség közül egy lehetséges az 1. sorszámú szubsztituens két szomszédja közül a kisebb sorszámú felé tartó irány. A két lehetőséget definiálhatjuk a két konfiguráció gyanánt.

(Magyarfalvi Gábor)

**H257.** a) **A** vegyület egyszeresen ionizált molekulaionjának tömegspektrumában két, hozzávetőlegesen azonos és nagy intenzitású csúcs található 171, valamint 173  $m/z$  értékeknél. Ez valószínűsíthetően arra utal, hogy **A** molekulájában megtalálható egy olyan elem atomja, mely a természetben két, kb. azonos mennyiségben előforduló izotópnuclidokkal rendelkezik 2 tömegszámkülönbséggel. Az előbbi kritériumoknak a periódusos rendszer elemei közül kizárólag a bróm felel meg. **B** és **C** vegyületek tömegspektrumjainak feltüntetett részlete állításunkat megerősíti, ugyanis **B** esetén kb. 1:2:1 arányban, míg **C** esetén nagyjából 1:3:3:1 arányban jelennek meg nagyobb intenzitású csúcsok a spektrumon két-két tömegszámkülönbséggel. Ezek alapján **A** molekulája egy, **B**-é kettő, **C**-é pedig három brómatomot tartalmaz (ld. binomiális eloszlás).

Mivel szerves aromás vegyületekről van szó, így feltételezhető, hogy szén-, illetve hidrogénatomokat mindannyian tartalmaznak. **A**

továbbiakban megmutatjuk, hogy a C-, H-, és Br-atomok mellett milyen negyedik elemet tartalmaz mindhárom anyag.

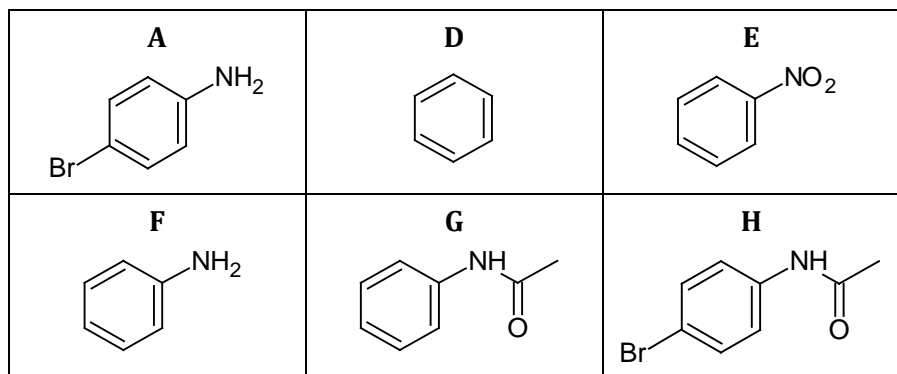
A 171-es  $m/z$  értékhez a  $^{79}\text{Br}$ -, míg a 173-as értékhez a  $^{81}\text{Br}$ -izotópnuclidot tartalmazó **A** molekulák tartoznak; a fennmaradó atomok tömegszámának összege 92. A három megadott tömegspektrumból nyert adatok közül az is nagy jelentőséggel bír, hogy a csak pl.  $^{79}\text{Br}$ -izotópnuclido(ka)t tartalmazó vegyületek tömegszámbeli különbsége 154 **A-B** és **B-C** esetekben.  $^{81}\text{Br}$ -izotópnuclidok esetén analóg módon ez az érték 156. Levonva ezekből a számadatokból a megfelelő brómizotóp tömegszámát, 75-öt kapunk eredményül. Mivel ismert, hogy **A**, **B** és **C** egy szerves vegyületcsalád három különböző tagja, illetve észrevettük, hogy az **A**, **B** és **C** vegyületek molekulái azonos csoportban különböznek egymástól, így valószínűleg úgy származtathatók egymásból, hogy egy H-atomot a megfelelő szerves csoporttal szubsztituálunk, emiatt  $75 + 1 = 76$  az aromás csoportban található atomoknak a tömegszámösszege a brómot leszámítva.  $92 - 76 = 16$  a további atom(ok) tömegszáma/tömegszámösszege. Kézenfekvő megoldás lenne az oxigén, azonban ez esetben sehoggy sem konstruálható a fenti kritériumoknak megfelelő szerkezet. A másik gyakori heteroatom szerves vegyületekben a nitrogén, amely ez esetben csak akkor lehetséges, ha két további H-t is tartalmaz még a vegyület, ami pl. aminocsoport formájában megvalósulhat. Más heteroatom esetén nem létezik olyan molekula, mely minden feltételt teljesítene, tehát a negyedik elem az **A**, **B** és **C** vegyületben egyértelműen a nitrogén.

A három vegyület összegképlete is megadható: **A** egy N- és egy Br-atomot tartalmaz, ekkor  $171 - 14 - 79 = 78$  tömegszámösszeg marad vissza a szén-, illetve hidrogénatomoknak, amely csakis hat  $^{12}\text{C}$ -es és szintén hat  $^1\text{H}$ -es izotópnuclid esetén lehetséges, azaz az **A** vegyület összegképlete  $\text{C}_6\text{H}_6\text{BrN}$ . Az elkövetkezőekben meghatározzuk, hogy mi lehet az a szerves csoport, mely kapcsolatot teremt a három vegyület között. Azt már korábban megállapítottuk, hogy brómot tartalmaz, továbbá ismert, hogy 76 a tömegszámösszege a többi részének, ha a leggyakoribb izotópnuclidok jelenlétét feltételezzük benne. N-t nem tartalmazhat, mivel akkor nem kapnánk kémiaailag helyes szerkezetet ( $\text{C}_5\text{H}_2\text{N}$  lehetne egyedül elképzelhető), ezért csak C- és H-atomok alkotják. Figyelembe véve, hogy aromás a csoport, kizárólag a

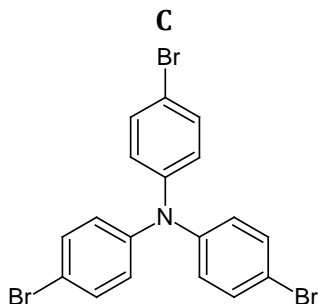
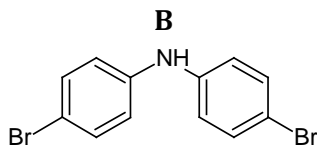
$C_6H_4Br$  összegképlet feleltethető meg vele, amely nagy eséllyel o-/m-/p-brómfenilcsoportként jelenik meg a molekulákban. A kérdéses szerves csoport ismeretében megadható **B** és **C** vegyületek összegképlete is: **B** vegyület a  $C_{12}H_9Br_2N$ , míg **C** anyag a  $C_{18}H_{12}Br_3N$  összegképlettel írható le.

b) A **D** vegyület (az aromás vegyületcsalád legjelentősebb és legegyszerűbb szénhidrogén képviselője) a benzol, melyet nitrálva nitrobenzolhoz (**E**) jutunk. Belőle a Béchamp-féle redukciós folyamat során anilin (**F**) keletkezik, amely ecetsavanhidrid hatására acetaniliddé (**G**) alakul. A jégecetben végrehajtott brómozás eredményeként döntő többségben p-brómacetanilid (**H**) képződik, melyet savas hidrolízisnek alávetve kapható az előállítani kívánt **A** vegyület, a p-brómanilin (a visszalúgosítást követően).

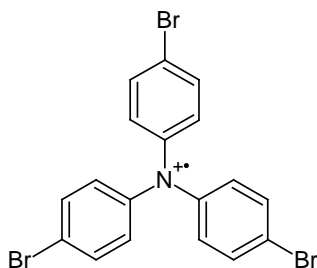
Az **A**, valamint a **D-H** betűk által jelölt vegyületek szerkezete:



c) Mivel az **A**, **B**, **C** vegyületekben a központi heteroatomhoz (nitrogénatom) ugyanaz a szubsztituált aromás csoport/ok (p-brómfenilcsoport/ok) kapcsolódnak, így a **B** és a **C** vegyületek szerkezete a következő:



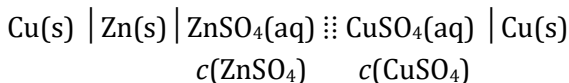
d) A **C** vegyületet  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ -ben antimon-pentakloriddal reagáltatva az **I** sóhoz jutunk. A folyamat során az  $\text{SbCl}_5$  egy része  $\text{SbCl}_3$ -má redukálódik, miközben oxidálja a **C** vegyületet. A valószínűsíthetően a **C** vegyületből létrejövő kationból és az  $\text{SbCl}_5$ -ből létrejövő anionból áll. Ismert, hogy **I** klórtartalma 26,1 m/m%. Ennek felhasználásával meghatározható, hogy kizárólag 6 Cl-atom esetén kapunk a só moláris tömegére releváns megoldást, azaz a só anionja a hexakloro-antimonát(V)-anion, képlete:  $[\text{SbCl}_6]^-$ , kationja pedig a kapott moláris tömegből ( $M(\text{I}) = 816,48 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) egyértelmű, hogy a N nemkötő elektronpárjából egy elektron leszakadásával képződött gyökkation, szerkezete:



*A feladat alapvetően könnyűnek bizonyult, viszont csupán egy teljes értékű, hibátlan megoldás (Turi Soma) született a figyelmetlenségek, pontatlanságok, valamint az indoklások hiánya miatt. A beküldők többsége az a) feladatrészben vesztett pontot, ugyanis sokan elfeledkeztek a Br-tól eltérő heteroatom vizsgálatáról. Kiemelkedő megoldást nyújtott be még Mihalicz Ivett, Sajgó Máttyás, illetve Stenczel Tamás Károly. Átlagpontszám: 7,52 pont.*

(Baglyas Márton)

**H258. a)** Először írjuk fel a celladiagramot (bal oldalra minden esetben a B cellát, amíg jobb oldalra az A cellát helyezzük a következetesség kedvéért).



A megoldás elején érdemes tisztázni az alapvető fogalmakat. Az elektromotoros erő a cellafeszültség azon határértéke, amikor a cellához kapcsolt külső áramkörben nem folyik áram és a fázishatárokon egyensúly áll fenn (kivéve az elektrolit/elektrolit csatlakozást). A cellafeszültség a celladiagramban a jobb oldalon lévő elektródhoz csatlakozó fémes hozzávezetés és a bal oldali elektródhoz csatlakozó (az előbbivel azonos anyagi minőségű) hozzávezetés elektromos potenciáljának a különbsége.

$$\varepsilon = \varepsilon(\text{jobb oldali elektród}) - \varepsilon(\text{bal oldali elektród})$$

Az elektromotoros erő kiszámításához szükséges kiszámolnunk a bal oldali, illetve a jobb oldali elektród elektródpotenciálját, amit a Nernst-egyenlet felhasználásával tehetünk meg.

$$\varepsilon = \varepsilon^\circ + RT/(zF) \cdot \ln(c(\text{ox})/c(\text{red})) = \varepsilon^\circ + 0,059 \text{ V}/z \cdot \lg(c(\text{ox})/c(\text{red}))$$

Az a) feladatrészben mivel a komponensek koncentrációja 1 mol/dm<sup>3</sup>, így a logaritmust tartalmazó tag értéke mindkét esetben 0-val egyenlő.

Ez alapján:

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - \varepsilon^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = 0,342 \text{ V} - (-0,760 \text{ V}) = 1,102 \text{ V}$$

A pozitívabb elektród a katód, jelen esetben a Cu<sup>2+</sup>/Cu, a negatívabb elektród az anód, ami itt a Zn<sup>2+</sup>/Zn.

b) A celladiagram megegyezik az előző részben felírttal, azonban a koncentrációk nem egységnyiek, így azokkal is számolni kell.

$$\varepsilon(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = \varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) + 0,059 \text{ V}/2 \cdot \lg(c(\text{CuSO}_4))$$

$$\varepsilon(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,342 \text{ V} + 0,059 \text{ V}/2 \cdot \lg(0,01) = 0,283 \text{ V}$$

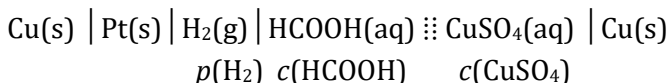
Ugyanígy kiszámolható a másik elektródreakcióra is:

$$\varepsilon(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,760 \text{ V} + 0,059 \text{ V}/2 \cdot \lg(0,05) = -0,798 \text{ V}$$

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - \varepsilon(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = 0,283 \text{ V} - (-0,798 \text{ V}) = 1,081 \text{ V}$$

A Cu<sup>2+</sup>/Cu a katód és a Zn<sup>2+</sup>/Zn az anód.

c) A celladiagram ebben az esetben az alábbi:



A Nernst-egyenlet felírásához szükséges ismernünk a  $\text{H}^+$ -koncentrációt a bal oldali elektród elektrolitjában. Ennek kiszámítása a savi disszociációs egyensúly felírásával, majd az így kapott egyenlet megoldásával történik:

$$K_{\text{HCOOH}} = [\text{H}^+][\text{HCOO}^-]/[\text{HCOOH}] = [\text{H}^+] \cdot [\text{H}^+]/(c - [\text{H}^+])$$

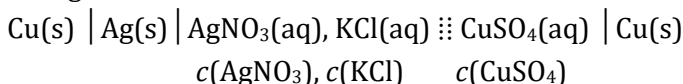
A másodfokú egyenletet megoldva azt kapjuk, hogy  $[\text{H}^+] = 1,795 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$\varepsilon(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,000 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg(1,795 \cdot 10^{-3}) = -0,162 \text{ V}$$

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - \varepsilon(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,342 \text{ V} - (-0,162 \text{ V}) = 0,504 \text{ V}$$

A  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  a katód és a  $\text{H}^+/\text{H}_2$  az anód.

d) A celladiagram:



A Nernst-egyenlet felírásához ebben az esetben a bal oldali elektród elektrolitjában lévő  $\text{Ag}^+$ -koncentrációt kell ismernünk. Ennek kiszámítása az oldhatósági szorzat definíciójának felhasználásával történik (kihasználva, hogy a  $\text{Cl}^-$ -ionok feleslegben vannak alkalmazva), így  $[\text{Ag}^+] = L_{\text{AgCl}}/[\text{Cl}^-]$ .

$$\varepsilon(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,800 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg(1,56 \cdot 10^{-10}/(0,50 - 0,01)) = 0,239 \text{ V}$$

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - \varepsilon(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,342 \text{ V} - 0,239 \text{ V} = 0,103 \text{ V}$$

A  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  a katód és az  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  az anód.

*A feladatot a versenyzők több mint fele hibátlanul oldotta meg. Számos beküldő vétett hibát már a Nernst-egyenlet helyes felírásában és használatában. Az átlagpontszám 8,0 lett.*

(Broda Balázs)

**H259.** A  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  moláris tömege 97,54 g/mol, tehát a foly savban történő oldást követően a kristályvizet mint a  $(\text{CuF}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})$  moláris tömege  $M_2 = 1,41 \cdot 97,54 = 137,53$ , vagyis a  $\text{CuF}_2$   $(137,53 - 97,54)/18 = 2$  mol kristályvízzel kristályosodik.

Hevítés során az anyag hidrogén-fluoridot ( $M = 20$  g/mol) és vizet ( $M = 18$  g/mol) veszít. Tehát a félig kihevített minta összegképlete  $\text{CuH}_x\text{F}_y\text{O}_{(1+x/2-y/2)}$ , a teljesen kihevítetté  $\text{CuH}_v\text{F}_z\text{O}_{(1+v/2-z/2)}$ ,

A titrálás során az oldatba beoldódó hidroxidionok kicsapódnak a réztartalommal együtt, azonban a fluoridtartalom helyett kicsapódó hidroxidionok miatt a fluoridtartalommal egyértékű savként lehet számolni. (Itt többen észrevették, hogy a minta feloldásához használt savmennyiség kisebb, mint a minta réztartalma, ez a hiba azonban a számolást nem zavarta.)

Következésképpen, a hozzáadott bázis és sav anyagmennyiségének különbségéből a félig kihevített minta fluoridtartalma:

$$(50 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 - 25,07 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 - 10 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3)/100 \text{ mg} = 1,493 \text{ mol/100 g,}$$

a teljesen kihevített mintáé

$$(50 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 - 28,90 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 - 10 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3)/100 \text{ mg} = 1,11 \text{ mol/100g.}$$

Tehát az egyenletek a félig kihevített mintára:

$$\frac{y}{137,53} = 1,493 \text{ mol/100 g}$$

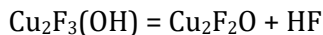
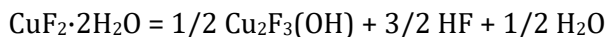
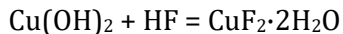
$$y \cdot 19 + x \cdot 1,008 + (1 + x/2 - y/2) \cdot 16 + 63,45 = 137,53$$

$$x = 0,5; y = 1,5$$

A teljesen kihevítettre:

$$\frac{z}{z \cdot 19 + v \cdot 1,008 + (1 - z/2 + v/2) \cdot 16 + 63,45} = 1,11 \text{ mol/100 g}$$

Ezt az egyenletet matematikailag nem lehet egyértelműen megoldani, azonban belátható, hogy csak a  $z=1$  és  $y=0$  esetén nem fog nőni az oxigéntartalom. Vagyis a reakcióegyenletek:



*A feladat jól sikerült a versenyzők többségének, az átlagpontszám 7,1 lett. Akik megtalálták a távozó gázokat, maximális vagy a közeli pontszámokat érték el, közülük is kiemelendők Arany Eszter, Balbisi Mirjam, Fajsi Bulcsú, Kalapos Péter, Sajgó Máttyás és Turi Soma megoldásai.*

(Forman Ferenc)



**H260.** A feladatban a légköri nyomáson és szobahőmérsékleten stabil NaCl adatai csak a megoldás menetét próbálták segíteni, felhasználásukra az A, B és C vegyületek azonosításához nincs szükség.

A megoldók közül többen félreértették a feladat következő részét: „Mindhárom vegyület elemei cellája szabályos...”. Egy elemi cella hétköznapi értelemben véve csak „szabályos” lehet, hiszen mindig paralelepipedonnak kell lennie. Kristálytani értelemben viszont a *szabályos* azt jelenti, hogy a szerkezet nem triklin, monoklin, rombos, tetragonális, trigonális vagy hexagonális, hanem a lehető legszimmetrikusabb, vagyis az elemi cella kocka.

Igazából a megoldást meg lehetne találni a sűrűségadatok használata nélkül is. Vegyük észre, hogy a feladat nem kérte a szerkezeteket teljes megadását, csak az összegképletüket. A C eset különösen könnyű: az összes Na-Na és Cl-Cl távolság megegyezik. Ez csak úgy lehetséges, ha azonos számú Na és Cl van a szerkezetben, vagyis az összegképlet NaCl.

Az A és a B esetben a kulcskérdés a cellaállandó (vagyis az elemi cellát jelentő kocka élhosszának) meghatározása. A cellaállandó alapjelentése, hogy a szerkezetben bármely részecskét ilyen távolsággal megfelelő irányba eltolva ugyanolyan részecskét kell találjunk. Vagyis a cellaállandónak mind a Na-Na, mind a Cl-Cl távolságok listáján szerepelnie kell. Az A esetben a legegyszerűbb lehetőség az, hogy a legrövidebb Na-Na távolság (413,3 pm) a cellaállandó. A B esetben a legrövidebb Na-Na távolság (356,3 pm) nem lehet a cellaállandó, mert ha így lenne, akkor ennek az értéknek a harmadik legrövidebb Cl-Cl távolságnak kellene lennie. Így a B esetben a legegyszerűbb feltételezés az, hogy a cellaállandó 411,4 pm.

A sűrűségek ismerete nagyon egyszerű megoldási utat nyit meg. A cellaállandó köbe az elemi cella térfogatát adja meg, ezt megszorozva a sűrűséggel pedig kiszámolható egy cellában lévő részecskék össztömege. A legcélszerűbb 1 mol cellára számolni, vagyis az Avogadro-állandóval szorozni. Így az A esetben egy cella moláris tömege 271,2 g/mol, a B esetben 258,7 g/mol. Egy elemi cellában mind a Na ( $x$ ), mind a Cl-atomok számának ( $y$ ) pozitív egésznek kell lennie. Könnyen belátható, hogy az A esetben csak  $x = 1$  és  $y = 7$ , a B esetben pedig csak  $x = 2$  és  $y = 6$  lehet megoldás. Vagyis az A anyag összegképlete NaCl<sub>7</sub>, a B-é pedig NaCl<sub>3</sub>.

A további távolságok és a szabályos szimmetria ismeretében egy kis számolással maguk az elemi cellák is megszerkeszthetők, ezt több megoldó sikerrel meg is tette, noha nem volt kérdés. Egyikük azt is észrevette, hogy a 140 GPa-on stabil NaCl kristályszerkezete CsCl-típusú.

*A feladatra tizenegyen adtak be hibátlan megoldást. Mindegyik jóval összetettebb gondolatmenetet használt, mint az itt leírt.*

(Lente Gábor)