

## GONDOLKODÓ



### Feladatok

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

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2016. március 11-ig postára adva (online március 14-ig beküldve) a következő címre várjuk:

#### **KÖKÉL Feladatmegoldó pontverseny**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

**A borítékon tüntesd fel a feladatsor betűjelét is!**

Elektronikusan az [olimpia.chem.elte.hu](http://olimpia.chem.elte.hu) honlapon keresztül küldhetitek be a megoldásokat. Kérjük, *minden feladatot külön pdf fájlban, feladatkód\_beküldő.pdf* fájlnevével töltsetek fel. Beszkennelt kézírás esetén *figyeljete a minőségre és az olvashatóságra* (tisztta fehér lapra jól látható tintával írjatok)!

A H feladatsor szokás szerint az idei Nemzetközi Kémiai Diákolimpia gyakorló feladataiból válogat. Az idén Pakisztán készült rendezésre, a példákat a félkész feladatsorból adaptáltuk. Sajnos lapzártakor már biztos volt, hogy Pakisztán visszalépett a rendezéstől, és a verseny helyszínét még nem tudni.

**A56.** Tömegszázalékban kifejezve azonos töménységű sósav és salétromsavoldat 10,0 – 10,0 grammját összeöntjük, majd a keveréket

5,00 dm<sup>3</sup>-re hígítjuk. A hígított keverékben az oxóniumionok (hidrogénionok) koncentrációja  $6,92 \cdot 10^{-3}$  mol/dm<sup>3</sup> (vagyis a pH 2,16).

*Milyen töménységű volt a két savoldat?*

(Borbás Réka)

**A57.** Nátrium-szulfát és nátrium-karbonát keverékének azonos tömegű mintáit vizsgáljuk. Az első mintát desztillált vízben oldjuk fel, amihez feleslegben adva bárium-klorid 5 m/m%-os oldatát, 1,781 g csapadék válik le. A másik mintát feleslegben lévő kénsavban oldva 147 cm<sup>3</sup> standard légköri nyomású, 25 °C-os gáz képződik.

*Mi a keverék összetétele?*

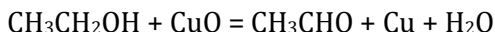
(Borbás Réka)

**A58.** 0,165 gramm rezet oxigén- és klórgázt tartalmazó csőben hevítjük, amíg az összes réz el nem reagál, és CuO-dá valamint CuCl<sub>2</sub>-dá alakul. A termék tömege 0,070 grammal nagyobb, mint a kezdeti réz tömege.

a) *Mi a termék összetétele?*

A kapott termék 81,9%-át tudjuk a csőből kinyerni.

b) *A kinyert terméket forrón etanollal reagáltatva mennyi acetaldehid képződik az alábbi egyenlet alapján?*



(Kovács Máté)

**A59.** A kémiaszertárban a laboráns 6 fehér és egy kékeszöld port talált. Kíváncsi volt, hogy mik lehetnek. Elsőként az anionjaikat tervezte meghatározni. Ezért először feloldotta őket, majd sósavat adott hozzá, de változást nem tapasztalt, aztán bárium-klorid-oldatot adott az oldatukhoz, de változás így sem volt. Mikor AgNO<sub>3</sub>-oldattal reagáltatta őket, mind a hét esetben fehér csapadék vált le. Hallott róla, hogy kémiaórán a fémek lángfestéséről volt szó, így a kationok meghatározásához ezt a módszert választotta. A következő színeket kapta: sárga, ibolya, téglavörös, halványzöld, rubinvörös, kék és zöldeskék.

*Mi lehetett a hét anyag?*

(Horváth Hanga)

**A60.** Ha bárium-hidroxid- és alumínium-szulfát-oldatot összeöntünk, csapadékképződés megy végbe, ráadásul mind a bárium-szulfát, mind az alumínium-hidroxid gyakorlatilag teljes mértékben kiválik az oldatból, hiszen oldhatóságuk nagyon kicsi.

a) Írd fel a végbemenő reakció egyenletét!

Vendelt felvillanyozta az a tény, hogy ezzel a módszerrel gyakorlatilag tiszta vizet tud készíteni, ha megfelelő arányban elegyíti az oldatokat. Utánanézett az oldhatóságoknak 20 °C-on:

alumínium-szulfát: 36,4 g / 100 víz; bárium-hidroxid: 3,89 g / 100 g víz

Különféle tetszetős ötletei voltak 100 g tiszta víz előállítására:

1. Azonos tömegű oldatok összeöntésével éri el a célját.
2. Az összeöntés után a csapadék tömege egyenlő a víz tömegével.
3. Az összeöntés után a csapadék tömege pont a huszada a víz tömegének.
4. A csapadéokban egyenlő a két összetevő tömege.

b) Mely lehetőségeket tudja megvalósítani? Válaszodat számítással támaszd alá!

c) A megvalósítható esetekre számold ki az összeöntendő oldatok töménységét és tömegét!

(Zagyi Péter)

**K246.** Mekkora az alábbi oldatok pH-ja?

A: 1,5 tömeg%-os KOH oldat ( $\rho = 1,008 \text{ g/cm}^3$ )

B: 1,5 tömeg%-os  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oldat ( $\rho = 1,009 \text{ g/cm}^3$ )  $K_{s2} = 0,0105$

C: Az A és B oldat 1:1 tömegarányú elegye

D: Az A és B oldat 2:1 tömegarányú elegye

(Borbás Réka)

**K247.** Kalcium-karbonát és kalcium-szulfát keverékének kis tömegű mintájához  $1,60 \text{ cm}^3$   $2,00 \text{ mol/dm}^3$  töménységű kénsavoldatot adva  $74,0 \text{ cm}^3$  gáz fejlődik. (Ha a kénsavat tovább adagolnánk, akkor biztosan nem fejlődne több gáz.) A kénsavval kezelt keverékből  $1,00 \text{ dm}^3$  oldatot készítünk, amelyhez  $50,0 \text{ cm}^3$   $5,00 \text{ m/m}\%$ -os  $\text{BaCl}_2$ -oldatot

adva 1,955 g csapadék válik le. (A bárium-klorid-oldat további adagolásával már biztosan nem válik le több csapadék.)

*Mi a minta tömegszázalékos összetétele?*

(Borbás Réka)

**K248.** Zárt edényt válaszfalal két egyenlő részre osztottuk. Az egyik részben nitrogén-monoxid, a másik részben oxigén van. Az edény mindkét felében a hőmérséklet  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a nyomás  $110\text{ kPa}$ .

Eltávolítottuk a válaszfalat, és a reakció után a hőmérsékletet az eredetire állítottuk. Ekkor a háromkomponensű elegy hidrogénre vonatkoztatott sűrűsége  $25,0$  lett.

a) *Milyen reakciók játszódtak le?*

b) *Milyen összetevőkből áll a kapott elegy?*

c) *Mennyi a kapott elegy térfogatszázalékos összetétele?*

(Forgács József)

**K249.** Az amoxicillin nevű antibiotikumot gyakran klavulánsavval együtt alkalmazzák, mert utóbbi megakadályozza, hogy a baktériumok által termelt ún. béta-laktamáz enzim hatástalanítsa magát a hatóanyagot (az amoxicillint). Mindkét anyag viszonylag bonyolult szerves vegyület, amelyek egyértékű savként viselkednek.

Egy készítmény dobozán a következő olvasható:

400 mg amoxicillin (459,21 mg amoxicillin-trihidrát formájában) és 57 mg klavulánsav (74,64 mg kálium-klavulanát formájában) 5 ml szuszpenzióban

*Hány milligrammot tartalmazzon egy másik gyógyszer az amoxicillin vízmentes nátriumsójából, ill. kalcium-klavulanátból (5 ml szuszpenzióban) ahhoz, hogy hatóanyagtartalma pontosan megfeleljen a másíknak?*

(Zagyi Péter)

**K250.** A jelen mértékegységrendszer megalkotásakor a víz sűrűsége fontos szerepet játszott; a kilogramm mint tömegegység eredetileg  $1\text{ dm}^3$  víz súlya volt.

*Lehetne a grammra is hasonló műveleti definíciót találni? Azaz létezik-e olyan praktikus használható anyag, amiből 1 dm<sup>3</sup>-t a mérlegen levő edénybe töltve, majd azt lezárva nagyjából ( $\pm 5\%$ ) 1 g-mal többet mutasson a mérleg, mint a nyitott edény esetében?*

(Magyarfalvi Gábor)

**H246.** Ha 200 mikroliter 0,1 M ezüst-nitrát-oldatot és 0,5 ml glükózoldatot 10 ml 0,2%-os keményítőoldattal elegyítünk, majd 10 percig kevertetés nélkül forraljuk, az oldat megsárgul. További színváltozás nem tapasztalható. Fényelnyelése és elektronmikroszkópos képe alapján az oldatban stabil ezüst nanorészecskék keletkeznek.

*Milyen reakció játszódik le? Mi a szerepe a keményítőnek?*

Az elektronmikroszkópos mérések alapján a részecskék átlagos sugara 11 nm.

*Hány ezüstatom alkot egy átlagos részecskét? Mi a nanorészecskék koncentrációja az oldatban?*

Az így kapott ezüstrészecskék sok tekintetben eltérnek a tömbezüsttől, például antimikrobiális hatásuk is erősebb.

*Becsüld meg, hogy ezekben a részecskékben az ezüstatomok hányad része van a részecskék felületén!*

(pakisztáni feladat nyomán)

**H247.** A vér hemoglobin-tartalmának meghatározására használt egyik klasszikus eljárás a Drabkin-módszer. Egy hemoglobin-molekula (tömege 64000 atomi tömegegység) négy hem alegységet tartalmaz, ezek mindegyikében porfiringyűrű koordinál egy Fe(II) iont. A reagens vörösvérplátsót és kálium-cianidot tartalmaz, az előbbi oxidálja a hem vasát, a másik pedig annak oxigénkötő helyére stabilan beépülő cianidcsoportot ad. A kapott ciano-methemoglobin nagyon intenzív fényelnyelést mutat, amit spektrofotometriai úton követni lehet. A spektrofotometriai eljárások lényegét a KÖKÉL 2009/5. száma (365. oldal) röviden tárgyalta.

A ciano-methemoglobin moláris abszorpciós koefficiense 540 nm-es hullámhosszon  $11\,000\text{ dm}^3 \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Egy 0,100 ml-es vérmintát

20 ml Drabkin-reagenssel (50 mg KCN, 200 mg vörösvér-lúgsó és pH-szabályozó 1 liter vízben) reagáltattak, 25,00 ml-re hígítottak. Az így kapott oldat abszorbanciája 2,00 cm-es küvettában 0,803 volt (a Drabkin-reagenst tartalmazó üres mintához viszonyítva).

a) *Hány g/deciliter a vérminta hemoglobin-tartalma? Hányszoros feleslegben (a szükséges mennyiség hányszorosa) volt a Drabkin-reagens két komponense?*

Egy átlagos emberi test 4,0 g körüli mennyiségben tartalmaz vasat. Az átlagos vértérfogat 5,7 liter.

b) *Ha a fenti mérési eredmény is átlagos, akkor az összes vas hányad része van hemoglobin formájában az átlagos emberi testben?*

A vérben még a transferrinhez kötve is található egy kevés vas, átlagosan 4 mg személyenként.

c) *Mekkora moláris abszorpciós koefficiens mellett befolyásolná érdemben a hemoglobin mérését az ebből a vasból a Drabkin-reagenssel keletkező termék?*

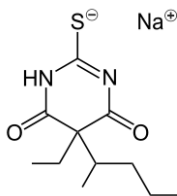
(pakisztáni feladat nyomán)

**H248.** A gyógyszerek molekulái közül sokban vannak vizes oldatban sav-bázis reakciókra hajlamos csoportok. Ha a gyógyszermolekula egy ilyen csoportja töltött, akkor vízmolekulák veszik körül, és az így kapott nagyméretű poláris komplexek felszívódás során nem tudják átlépni az apoláris biológiai membránokat.

a) *Vezess le egy összefüggést arra, hogy adott pH-jú közegből egy adott  $pK_s$  savi disszociációs állandóval bíró funkciós csoportot (egy db-ot) tartalmazó gyógyszer hány százaléka nem szívódik fel! Ne feledkezz meg arról, hogy vannak savas, és vannak bázisos molekulájú gyógyszerek is (a bázisos csoportokat a protonált formájuk  $pK_s$  savi disszociációs állandója ugyanúgy jellemzi) !*

A gyomortartalmat általában jellemző pH 2,5, a vékonybél-tartalom és a vér esetén ez az érték 7,3 körül van.

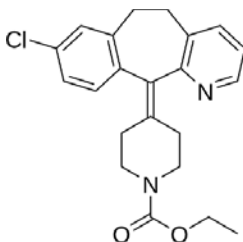
A nátrium-pentotál az agyba jutva gyors altató hatást eredményez. A molekulára jellemző  $pK_s$  7,4.



A gyors altató hatás érdekében a nátrium-pentotált kizárólag intravénásan használják.

b) *Felszívódna-e a gyógyszer szájon át adagolva? Milyen számszerű érvek indokolják ezt?*

A loratadin hatásos antiallergén gyógyszer, tablettában adagolják. A molekulára jellemző  $pK_s$  5.



c) *Számolással mutasd meg, hogy az emésztőrendszer melyik részén várható a loratadin felszívódása?*

(pakisztáni feladat nyomán)

**H249.** Egy redoxfolyamat elektródpotenciálját ( $E$ ) a Nernst-egyenlet segítségével lehet kiszámítani a folyamat standard (25 °C, 1 bar, egységnyi koncentrációk) redoxpotenciáljából ( $E_0$ ).

$$E = E_0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]}$$

Itt  $z$  a redoxfolyamat elektronszáma, [ox] és [red] az elektródfolyamat oxidált és redukált oldalán levő specieszek koncentrációiból felépített szorzat.  $R$  és  $F$  a gázállandó és a Faraday-állandó,  $T$  a hőmérséklet.

A  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ -redukciót (standard redoxpotenciál 0,771 V) a fémionok komplexálása is befolyásolhatja. Az etilén-diamin-tetraecetsav (EDTA) mindkét formával igen stabil 1:1 komplexet képez, a komplexképződési állandók  $10^{14,3}$  [ $\text{Fe}^{\text{II}}(\text{EDTA})$ ] és  $10^{25,1}$  [ $\text{Fe}^{\text{III}}(\text{EDTA})$ ].

Állítsunk össze egy 100 ml oldatot tartalmazó standard  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  rendszert.

*Hány gramm EDTA-dinátriumsót kell ehhez adni, hogy a komplexált vas(III)/vas(II) ionok redukciójának standard rendszerét kapjuk? Mi annak a rendszernek a standardpotenciálja? Mi történik a rendszer potenciáljával, ha a rendszert tízszeresére hígítjuk?*

(pakisztáni feladat nyomán)

**H250.** Hosszú, konjugált kettős kötéses láncokat tartalmazó molekulák fényelnyelését egy nagyon egyszerű modellel is elfogadhatóan közelíteni lehet. A modell szerint a konjugált rendszer pi-elektronjai a kötésrendszer mentén, azaz gyakorlatilag egy szakasz mentén egy dimenzióban szabadon mozoghatnak. A kvantummechanika szerint az ilyen „dobozba zárt elektronok” energiáját a következő képlet adná meg:

$$E = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

Itt  $h$  a Planck-állandó,  $m$  az elektron tömege,  $L$  a doboz, azaz a molekula hossza. Az  $n$  egy kvantumszám, értéke 1, 2, 3... lehet. Minden kvantumszám egy lehetséges elektronállapotot jellemez. Egyszerre minden állapotban csak két elektron lehet (ellentétes spinnel).

A molekulák fényelnyelése a következő módon játszódik le ebben a modellben: a rendszerben levő elektronok a legalacsonyabb energiájú állapotokat (pályákat) foglalják el. Fényelnyelés hatására alacsonyabb energiájú pályáról magasabb energiájú pályára kerülhet egy elektron. A lehetséges legkisebb energiájú fény, amit a rendszer elnyelhet a legmagasabb energiájú betöltött pályáról a legalacsonyabb energiájú betöltetlen pályára történő gerjesztésnek felel meg. A BD (1,4-diciklohexil-1,3-butadién), HT (1,6-diciklohexil-1,3,5-hexatrién) és OT (1,8-diciklohexil-1,3,5,7-oktatetraén) molekula esetében a kötésrendszer hossza tekinthető 6,53; 9,41; illetve 12,29 angströmnek.

- Hány elektron van a három molekula pi-elektronrendszerében?*
- Becsüld meg a három molekula legnagyobb hullámhosszú elnyelését a dobozmodell segítségével!*

(pakisztáni feladat nyomán)



## Megoldások

**A46.** A feladat megoldása során használt moláris tömegek:  $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{O}) = 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

a) A gáz moláris tömegét meghatározhatjuk az ideális gázok állapotegyenletéből:  $p \cdot V = (m/M) \cdot R \cdot T$ . Az állapotegyenletből a moláris tömeget kifejezve:  $M = (m \cdot R \cdot T)/(p \cdot V)$ . Az adatokat behelyettesítve:

$$M = \frac{1,32 \text{ g} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 263,15 \text{ K}}{101000 \text{ Pa} \cdot 0,000650 \text{ m}^3} = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A moláris tömeg alapján ez a gáz lehet a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ), a dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), illetve a propán ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ). Ha azonban figyelembe vesszük a feladatban megadott tulajdonságokat (vízben oldódik, savas kémhatást eredményezve, hajtógáznak használják), akkor megállapíthatjuk, hogy ez a gáz a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ), E-száma E290.

b) Mivel a sav moláris tömege  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  és  $40 \text{ m/m}\%$  szén tartalmaz, ezért 1 mol savban  $60 \text{ g} \cdot 0,40 = 24 \text{ g}$  szén van, ami 2 mol. Emellett van még  $60 \text{ g} - 24 \text{ g} = 36 \text{ g}$  oxigén és hidrogén a szerves sav 1 móljában. Ez kétféle módon lehetséges: 1 mol oxigén és 20 mol hidrogén vagy 2 mol oxigén és 4 mol hidrogén. Az előbbi eset nem lehetséges, mert túl sok a hidrogén, az utóbbi eset viszont jó megoldás. Tehát a szerves sav összegképlete  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ , ez az ecetsav. E-száma E260.

c) Az ecetsav többféle módon keletkezhet szőlőcukorból. Például a szőlőcukor alkoholos erjedése során etil-alkohol keletkezik, az etil-alkohol oxidációjával pedig ecetsavat állíthatunk elő.

d) Tekintsünk 100 g alkálifémsót! Ebben van 75,00 g szén, ami 6,24 mol, 4,69 g hidrogén, ami 4,64 mol, 8,33 g oxigén, ami 0,521 mol és  $100 \text{ g} - 75,00 \text{ g} - 4,69 \text{ g} - 8,33 \text{ g} = 11,98 \text{ g}$  alkálifém.

$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 6,24 : 4,64 : 0,521 = 11,98 : 8,91 : 1,00$ , ez alapján 1 mol alkálifémsó 12 mol szén tartalmaz, így a só moláris tömege  $(12 \cdot 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) / 0,75 = 192,16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . 1 mol sóban tehát  $192,16 \text{ g} \cdot 0,1198 = 23,02 \text{ g}$  alkálifém van. Az alkálifémek moláris tömege alapján azt mondhatjuk, hogy a só 1 móljában van 1 mol nátrium. Tehát a nátrium sójáról van szó. Ezt az eredményt

alátámasztja, hogy a  $C_{12}H_9ONa$  összegképletű nátrium-ortofenil-fenolátot valóban citrusfélék felületének kezelésére használják.

*A pontátlag 8,4. Sok esetben hiányoltuk a megoldás menetének részletezését. Kiemelkedően szép megoldást küldött be Czako Áron és Takács Titanilla.*

(Palya Dóra)

**A47.** A halvány ibolyaszínű lángfestésből arra lehet következtetni, hogy valamilyen káliumsóval van dolgunk. A gázfejlődés során mért adatokból szűkíthetjük az anionok körét. Mivel standardállapotú gáz fejlődött, a  $734 \text{ cm}^3$  gáz  $30,0 \text{ mmol}$ -nak felel meg. Mivel a lúgoldatban maradéktalanul elnyelődött, ezért ennyi gáz tömege  $1,319 \text{ g}$ , tehát a gáz moláris tömege  $44 \text{ g/mol}$ , azaz a szén-dioxidról van szó. Ez a gáz kétféle anionból keletkezhet: karbonát- illetve hidrogénkarbonát-ionból.

a) Tehát a képződött gáz a szén-dioxid ( $CO_2$ ).

Tegyük fel, hogy karbonátiónról van szó. Ebben az esetben  $1 \text{ mol}$  kálium-karbonátból  $1 \text{ mol}$  szén-dioxid fejlődik, tehát  $30,0 \text{ mmol}$  szén-dioxid  $30,0 \text{ mmol}$  sóból keletkezik. Viszont  $30,0 \text{ mmol}$  kálium-karbonát tömege  $4,14 \text{ g}$ , ami ellentmond a feladat szövegének.

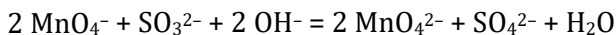
Ha kálium-hidrogén-karbonát volt a só, akkor is fennáll, hogy  $30,0 \text{ mmol}$  sóból  $30,0 \text{ mmol}$  gáz lesz. Viszont  $30,0 \text{ mmol}$  kálium-hidrogénkarbonát tömege  $3,00 \text{ g}$ , ami egyezik a feladatban található tömeggel.

b) Tehát az üvegben kálium-hidrogénkarbonát volt ( $KHCO_3$ ).

*A pontátlag 6,8 volt.*

(Bacsó András)

**A48.** a) A reakció rendezett ioneqyenlete:



b) Az  $5 \text{ cm}^3$  ( $0,005 \text{ dm}^3$ )  $6 \text{ mol/dm}^3$ -es  $\text{NaOH}$ -oldatban lévő oldott anyag anyagmennyisége:  $n_{\text{NaOH}} = 0,005 \text{ dm}^3 \cdot 6 \text{ mol/dm}^3 = 0,03 \text{ mol}$ . Ennyi  $\text{NaOH}$  tömege  $0,03 \text{ mol} \cdot 40,0 \text{ g/mol} = 1,2 \text{ g}$ .

A keletkezett oldat tömege  $5 \text{ cm}^3 \cdot 1,22 \text{ g/cm}^3 = 6,1 \text{ g}$ . Ebből 1,2 g az oldott anyag, míg a maradék 4,9 g víz. A víz sűrűségét  $1,0 \text{ g/cm}^3$ -nek véve a 4,9 g víz térfogata  $4,9 \text{ cm}^3$ .

Az oldat készítéséhez tehát 1,2 gramm NaOH-ot kell feloldani  $4,9 \text{ cm}^3$  vízben.

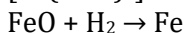
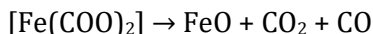
c)  $1,00 \text{ cm}^3$  ( $0,001 \text{ dm}^3$ )  $0,5 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú nátrium-szulfit-oldatban  $0,001 \text{ dm}^3 \cdot 0,5 \text{ mol/dm}^3 = 0,0005 \text{ mol Na}_2\text{SO}_3$  van. Ez az a) feladatrészben leírt egyenlet alapján kétszer ennyi, vagyis  $0,001 \text{ mol KMnO}_4$ -tal reagál. Ekkora anyagmennyiségű kálium-permanganát tömege  $0,001 \text{ mol} \cdot 158 \text{ g/mol} = 0,158 \text{ g}$ . Tehát kb.  $0,16 \text{ g}$  tömegű kálium-permanganáttal lép reakcióba az  $1,00 \text{ cm}^3$  nátrium-szulfit-oldat.

d) A barnakő a mangán-dioxid ( $\text{MnO}_2$ ). A laboratóriumban például katalizátorként használják  $\text{H}_2\text{O}_2$  bontásához.

*A feladat beküldői közül összesen 8-an adtak be hibátlan megoldást, a pontszámok átlaga 8,5 pont. Kiemelkedően szép volt Takács Titanilla megoldása.*

(Vörös Tamás)

**A49.** a) A pirofóros vas előállításának egyenletei:



b)  $m(\text{Fe}) = 2 \text{ g} \rightarrow n(\text{Fe}) = 0,0358 \text{ mol} = n(\text{H}_2) = n(\text{FeO}) = n([\text{Fe}(\text{COO})_2])$  a reakcióegyenletek alapján. Így

$$m([\text{Fe}(\text{COO})_2]) = 0,0358 \cdot 143,85 = 5,15 \text{ g},$$

$$m(\text{H}_2) = 0,0358 \cdot 2 = 0,0716 \text{ g}.$$

Vagyis  $5,15 \text{ g}$  vas-oxalátból kell kiindulni és  $71,6 \text{ mg}$  hidrogéngáz fog fogyni.

(Rutkai Zsófia)

**A50.** Vendel poharaiban az alábbi anyagmennyiségek találhatóak: 1. pohár:  $30 \text{ mmol HCl}$ , 2. pohár:  $60 \text{ mmol NaOH}$ , 3. pohár:  $90 \text{ mmol HCl}$

Egy-egy átöntéskor a HCl és az NaOH NaCl képződését eredményezi, ezt figyelembe véve foglaljuk össze táblázatban a történéseket!

		1. pohár	2. pohár	3. pohár
Kiindulás	$V / \text{cm}^3$	300	300	300
	$n / \text{mmol}$	30,0 HCl	60,0 NaOH	90,0 HCl
1 → 2 100 cm <sup>3</sup>	$V / \text{cm}^3$	200	400	300
	$n / \text{mmol}$	20,0 HCl	50,0 NaOH	90,0 HCl
		0,0 NaCl	10,0 NaCl	0,0 NaCl
2 → 3 100 cm <sup>3</sup>	$V / \text{cm}^3$	200	300	400
	$n / \text{mmol}$	20,0 HCl	37,5 NaOH	77,5 HCl
		0,0 NaCl	7,5 NaCl	15,0 NaCl
3 → 2 100 cm <sup>3</sup>	$V / \text{cm}^3$	200	400	300
	$n / \text{mmol}$	20,0 HCl	18,1 NaOH	58,1 HCl
		0,0 NaCl	30,6 NaCl	11,3 NaCl
2 → 1 100 cm <sup>3</sup>	$V / \text{cm}^3$	300	300	300
	$n / \text{mmol}$	15,5 HCl	13,6 NaOH	58,1 HCl
		12,2 NaCl	23,0 NaCl	11,3 NaCl
Végső	$c / (\text{mol}/\text{dm}^3)$	<b>0,052 HCl</b>	<b>0,045 NaOH</b>	<b>0,194 HCl</b>
		<b>0,041 NaCl</b>	<b>0,077 NaCl</b>	<b>0,038 NaCl</b>

A feladatra adandó válaszok kiolvashatóak a táblázat félkövér betűkkel szedett soraiból.

A pontátlag 7,3 volt.

(Bacsó András)

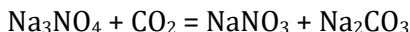
**K236.** a) Vizsgáljunk 100,0 g kiindulási sót! Ennek nátriumtartalma 27,06 g, oxigéntartalma 56,47 g és tartalmaz még emellett egy (vagy esetleg több) ismeretlen elemet összesen 100,0 g – 27,06 g – 56,47 g = 16,47 g tömegben. A 100,0 g sóban lévő nátrium anyagmennyisége  $27,06 \text{ g} / 22,99 \text{ g/mol} = 1,177 \text{ mol}$ , míg az oxigéné

56,47 g / 16,00 g/mol = 3,529 mol. Ebből látható, hogy a vegyületben az oxigén és nitrogén aránya 3,529 / 1,177 = 3,00. Elsőként tételezzük fel, hogy a sóban csak egy további elem van, és ennek anyagmennyisége megegyezik a sóban lévő nátrium anyagmennyiségével, azaz 1,177 mol! Ekkor a 16,47 g ismeretlen elem moláris tömege 16,47 g / 1,177 mol = 13,99 g/mol, tehát ez az elem a nitrogén, a kiindulási só pedig a nátrium-nitrát (NaNO<sub>3</sub>).

A nátrium-oxiddal (Na<sub>2</sub>O) 1:1 arányban történő hevítés hatására keletkező vegyület moláris tömege a nátrium-nitrát moláris tömegénél 72,94 %-kal nagyobb, vagyis 84,99 g/mol · 1,7294 = 147,0 g/mol. Ez éppen a nátrium-nitrát és nátrium-oxid moláris tömegének összege, vagyis a két vegyületből egyesüléssel Na<sub>3</sub>NO<sub>4</sub> keletkezett (nátrium-ortonitrát).

b) A hevítéssel keletkezett termék a H<sub>3</sub>NO<sub>4</sub> összegképletű sav („ortosalétromsav”) sója lehetne.

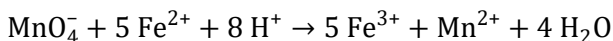
c) A CO<sub>2</sub> hatására keletkező új vegyület moláris tömege a nátrium-nitrát moláris tömegénél 24,71 %-kal nagyobb, vagyis 84,99 g/mol · 1,2471 = 106,0 g/mol. Ez alapján, figyelembe véve, hogy szén-dioxidos reakció játszódott le, a keletkezett új vegyület a nátrium-karbonát (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). A lejátszódott reakció egyenlete:



*A feladat beküldői közül összesen 14-en adtak be hibátlan megoldást, a pontszámok átlaga 8,7 pont. Gyakori hiba volt (elsősorban a c) feladatrésznél), hogy a megoldók nem ellenőrizték le, hogy a kapott termék moláris tömegének értéke valóban megfelel-e a feladat szövegében írtaknak.*

(Vörös Tamás)

**K237.** a) A kálium-permanganáttal csak a vas(II)-ion reagál. Gyakori hiba volt, hogy sokan a fluoridionnal is reagáltatták.



b) Itt csak azt tudjuk meghatározni, hogy a vas(II)-ion mekkora része oxidálódott el. Ezt titrálással tesszük meg. A mintába 60 mg vas volt. A vas(II)-ion mennyisége:

$$n = 0,00172 \text{ dm}^3 \cdot 0,0500 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 5 = 4,30 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m = 4,30 \cdot 10^{-4} \cdot 55,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 24,0 \text{ mg}$$

$$\frac{24,0 \text{ mg}}{60 \text{ mg}} \cdot 100 = 40\%$$

Tehát a készítmény 40%-ban tartalmaz vas(II)-iont, a többi vas(III)-ion. A többi iont ezzel nem tudjuk meghatározni, de azok nem érzékenyek a levegő oxigénjére, ezért csak a vas(II)-ionok romlanak meg.

*A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el. A pontok átlaga 8,54 lett.*

(Borsik Gábor)

**K238.** Az üveg, a szilárd anyag és az oldat együttes tömege 104,85 gramm. Az üres üveg tömege 73,67 gramm. Tehát a jelenlegi oldat és szilárd anyag együttes tömege 31,18 gramm.

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}) = 286 \text{ g/mol}$$

Kezdetben a  $100 \text{ cm}^3$  oldat sűrűsége  $1,097 \text{ g/cm}^3$ , tömege így  $109,7 \text{ g}$ , mely  $10,6 \text{ g}$  nátrium-karbonátot tartalmaz. ( $78,52 \text{ g}$  víz párologott el,  $20,58 \text{ g}$  víz maradt.)

Legegyszerűbben a következő egyenletet írhatjuk fel az oldhatóság alapján ( $30,72 \text{ g}$  nátrium-karbonátot old  $100 \text{ g}$  víz, és „ $x$ ” legyen a kivált nátrium-karbonát tömege kristályvíz nélkül):

$$\frac{30,72 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{100 \text{ g víz}} = \frac{10,6 \text{ g} - x}{20,58 \text{ g} - \frac{x}{106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 18 \text{ g/mol} \cdot 10}$$

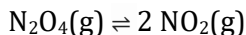
Melyből  $x = 8,942 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$ .

$$\frac{8,942 \text{ g}}{106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 24,13 \text{ g}$$

Vagyis a kivált  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$  tömege  $24,13 \text{ g}$ .

(Csenki János Tivadar)

**K239.** a) Az  $\text{N}_2\text{O}_4$  anyagmennyisége  $10^{-4}$  mol, kiindulási koncentrációja  $10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup>. Gázok esetében a térfogat-százalékos összetétel megegyezik az anyagmennyiség-százalékos összetétellel, tehát az egyensúlyi elegy  $\text{NO}_2$ -tartalma 77,7 n/n%. A bomlás egyenlete:



Tegyük fel, hogy  $x$  mol/dm<sup>3</sup>  $\text{N}_2\text{O}_4$  bomlott el. Ekkor az egyensúlyi koncentrációk:  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 10^{-2} - x$  mol/dm<sup>3</sup>,  $[\text{NO}_2] = 2x$  mol/dm<sup>3</sup>.

$$\frac{n(\text{NO}_2)}{n(\text{NO}_2) + n(\text{N}_2\text{O}_4)} = \frac{[\text{NO}_2]}{[\text{NO}_2] + [\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{2x}{10^{-2} + x} = 0,777$$

$x = 6,3532 \cdot 10^{-3}$  mol/dm<sup>3</sup>. Kiszámolva az egyensúlyi koncentrációkat:  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 3,6468 \cdot 10^{-3}$  mol/dm<sup>3</sup>,  $[\text{NO}_2] = 1,2706 \cdot 10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup>.

Az egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 0,0443 \text{ mol/dm}^3$$

b) Az összkoncentráció  $c = [\text{N}_2\text{O}_4] + [\text{NO}_2] = 1,6353 \cdot 10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup>.  $n = 1,6353 \cdot 10^{-4}$  mol,  $T = 295$  K,  $V = 10^{-5}$  m<sup>3</sup>,  $p = n \cdot R \cdot T / V = 40,1$  kPa

c) Általánosságban nem igaz az állítás.

Legyen a  $\text{N}_2\text{O}_4$  kiindulási anyagmennyisége  $10^{-4}$  mol, melyből elbomlik  $y$  mol, a térfogat  $V$ . Tegyük fel, hogy 77,7 V/V% az egyensúlyi elegy  $\text{NO}_2$ -tartalma. Az a) részhez hasonlóan számolva  $y = 6,3532 \cdot 10^{-5}$  mol.

$n(\text{N}_2\text{O}_4) = 10^{-4} - y = 3,6468 \cdot 10^{-5}$  mol,  $n(\text{NO}_2) = 2y = 1,2706 \cdot 10^{-4}$  mol.

Felírható az egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{(n(\text{NO}_2)/V)^2}{n(\text{N}_2\text{O}_4)/V} = \frac{n(\text{NO}_2)^2}{n(\text{N}_2\text{O}_4) \cdot V} = 0,0443 \text{ mol/dm}^3$$

A fent kiszámolt anyagmennyiségeket behelyettesítve,  $V$ -re megoldva az egyenletet:  $V = 9,99 \cdot 10^{-3}$  dm<sup>3</sup>, ami az ebben a feladatban leírt eset. Látható, hogy az egyensúlyi összetétel függ a térfogattól, ezért nem lesz általánosan igaz az állítás.

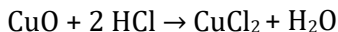
(Simkó Irén)

**K240.** a) A javasolt reagens: híg sósav (mindkét feladatrészben természetesen több lehetőség is létezik).

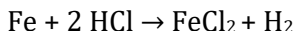
Az egyes esetekben megfigyelt tapasztalatok, lejátszódó reakciók, illetve magyarázataik:

Ag: híg sósavval nem reagál, mivel pozitív standardpotenciálú fém.

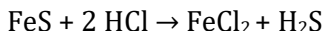
CuO: reagál sósavval, miközben kékes-zöldes oldat keletkezik (a szín függ a sósav koncentrációjától, mivel klorokomplex képződhet).



Fe: híg sósavban oldódik, zöldes oldat keletkezik; színtelen, szagtalan gáz fejlődik.



FeS: szintén oldódik híg sósavban, az előzővel azonos minőségű oldat keletkezik, azonban záptojásszagú gáz fejlődik.



b) A javasolt reagens: kevés jódot tartalmazó KI-oldat (Lugol-oldat).

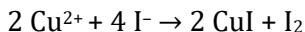
Tapasztalatok és magyarázatok:

$\text{AlCl}_3$ : színtelen oldat keletkezik, hiszen mind az  $\text{AlCl}_3$  mind az  $\text{AlI}_3$  jól oldódik vízben.

$\text{CaCO}_3$ : nem történik változás, mivel nagyon rosszul oldódik vízben.

Keményítő: kékes színreakciót tapasztalhatunk, hiszen a keményítő a jódmolekulákkal sötétkék komplexet képez

$\text{CuSO}_4$ : reakció tapasztalható, a kezdetben fehér anyag barnás-fehéres csapadék lesz, az oldat színe némileg mélyül; a kiváló  $\text{CuI}$  fehér színű tisztán, azonban a keletkező jód miatt némileg barnás árnyalat tapasztalható, valamint az oldat  $\text{I}_2$ -tartalma növekszik.



*A feladatra számos kreatív ötlet született, melyek nagy részét maximális ponttal jutalmaztuk. Az átlagpontoszám 7,8 pont lett.*

(Broda Balázs)

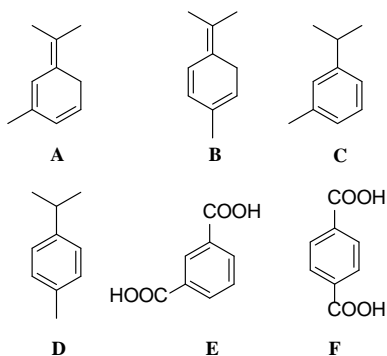
**H236.** Szénhidrogének oxidációjakor a többszörös kötések mentén lánchasadás történik. Ha a kettős kötéssel kapcsolódó szénatomon nincs hidrogén, akkor karbonil-, ha van, akkor az karboxilcsoporttá tud oxidálódni.



Az **A** és **B** vegyületekről megállapíthatjuk, hogy bennük 8 hidrogénnel van kevesebb egy telített szénhidrogénhez képest. Ezekből a vegyületekből oxidáció során keletkező termékekben (aceton, piroszólósav, keto-borostyánkősav) összesen hat oxigéntartalmú funkciós csoport van, ami három lánchasadásnak felel meg. Három lánchasadás során csak úgy keletkezhet három termék, ha a kiindulási vegyület gyűrűs. Emellett három darab kettős kötés kell még, hogy a molekulákban a hidrogének száma megfelelő legyen.

Az **A** és **B** vegyületek izomerizációja során aromás gyűrű alakul ki. A keletkező **C** és **D** vegyületek oxidálásával aromás karbonsavakat kapunk, amit az összegképlet is megerősít. A két karboxilcsoport arra utal, hogy az aromás gyűrűről két csoport lóg le. Mivel az **F** molekulának nulla a dipólusmomentuma, szimmetrikusnak kell lennie.

Ezek alapján a megoldás:



(Balbisi Mirjam megoldása alapján)

**H237.** A feladatba sajnos több hiba csúszott és többszöri próbálkozásra sem sikerült helyes formában az olvasókhöz időben eljuttatnunk. Ugyan voltak a beküldők között, akik a feladat hibáit maguk is korrigálták, egységesen nem lehetett volna értékelni a munkákat, így a feladat kimarad a pontversenyből. A feladat helyes szövegezése a jó adatokkal alább olvasható, illetve utána a megoldást is megadjuk:

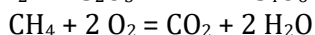
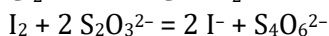
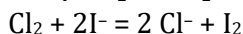
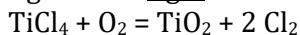
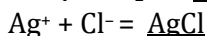
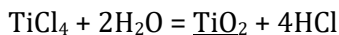
„Az **A** szervesetlen folyadék 569,1 mg-os részletét 1,000 dm<sup>3</sup> vízzel reagáltattuk. Ekkor 239,7 mg fehér porszerű, **B** szervesetlen vegyület válik ki. A vizes oldat századrészét metilvörös indikátor mellett megtitráltuk 0,0100 mol/dm<sup>3</sup> NaOH-oldattal: a fogyás 12,00 cm<sup>3</sup>-nek

adódott. Egy másik 10,00 cm<sup>3</sup>-es részletet 0,0500 mol/dm<sup>3</sup> AgNO<sub>3</sub>-oldattal titráltuk és a fogyás 2,40 cm<sup>3</sup> volt.

Az **A** vegyület ugyanekkorá részletét tiszta oxigéngázzal reagáltattuk. Ebben az esetben is 239,7 mg **B** vegyület keletkezett és egy sárga színű gáz (**C**). A **C** gázt KI-oldatban nyeletjük el. Majd az oldat tizedrészében meghatároztuk a kivált jódot 0,1000 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-oldattal titrálva: a fogyás 12,00 cm<sup>3</sup>-nek adódott. A reakcióban felhasznált oxigén pontosan 36,75 cm<sup>3</sup> metán (101,3 kPa, 25 °C) elégetéséhez elegendő.

*Milyen anyagokat jelölnek az A – C betűk? Írd fel a lejátszódó folyamatok egyenleteit!”*

**A:** TiCl<sub>4</sub>; **B:** TiO<sub>2</sub>; **C:** Cl<sub>2</sub>



(Varga Szilárd)

**H238.** a) A kén-dioxidos redukció után csak Tl(I)- és kloridionok maradnak az oldatban, amelyek lecsapódnak.

$M(\text{Tl}_2\text{CrO}_4) = 524,74 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{AgCl}) = 143,33 \text{ g/mol}$

Az adatokból:  $n(\text{Tl}_2\text{CrO}_4) = n(\text{Tl})/2$ :

A esetben  $7,6705 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ;

B esetben  $1,5017 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

$n(\text{AgCl}) = n(\text{Cl})$ :

A esetben  $3,0677 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ ; B esetben  $4,5071 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

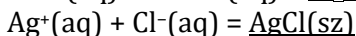
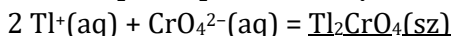
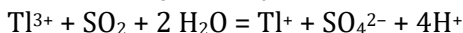
Ezekből  $n(\text{Tl}):n(\text{Cl})$  értéke

A esetben 1:2; B esetben 2:3.

A szakirodalom szerint az ezeknek megfelelő legegyszerűbb vegyületek

A = Tl<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> és B = Tl<sub>4</sub>Cl<sub>6</sub> képlettel léteznek.

b) A lejátszódó reakciók egyenlete:



c)  $M(\text{A}) = 550,56 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{B}) = 1030,22 \text{ g/mol}$ .

A esetben  $m = (n(\text{Cl})/4) \cdot M(\text{A}) = 4,222 \text{ g}$ ;

B esetben  $m = (n(\text{Cl})/6) \cdot M(\text{B}) = 0,774 \text{ g}$  anyagból indultak ki.

d) A szakirodalom szerint az A vegyületben kationként  $\text{Tl}^+$ , anionként  $[\text{Tl}^{\text{III}}\text{Cl}_4]^-$  komplex ion, a B vegyületben kationként szintén  $\text{Tl}^+$ , anionként pedig  $[\text{Tl}^{\text{III}}\text{Cl}_6]^{3-}$  komplex ion található.

*A feladat viszonylag könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége kisebb pontatlanságokkal jól oldotta meg. Az ilyen feladatoknál ajánlom, hogy először mindenki olvassa el N. N. Greenwood – A. Earnshaw: Az elemek kémiája című könyvének témába vágó szakaszát, néha jelentős segítség, vagy épp pontosítható vele az elgondolás. A legteljesebb megoldást Baglyas Márton küldte.*

(Szobota András)

**H239.** Az ammónia cseppentése után az ezüst összes koncentrációja

$$c_{\text{Ag}} = 0,1 \cdot 1/1,05 = 0,09524 \text{ M.}$$

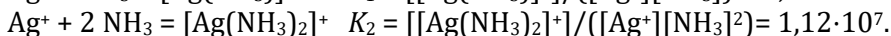
Az  $\text{NH}_3$  összes koncentrációja

$$\text{I) } c_1 = 2 \cdot 0,05/1,05 = 0,09524 \text{ M (1:1 arány),}$$

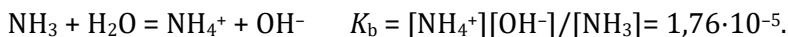
$$\text{II) } c_2 = 5 \cdot 0,05/1,05 = 0,2381 \text{ M (1:2,5),}$$

$$\text{III) } c_3 = 10 \cdot 0,05/1,05 = 0,4762 \text{ M (1:5).}$$

Az ezüstkomplexek képződésének egyenletei:



Az ammónia disszociációja:



Az  $\text{AgCl}$  csapadék leválása:



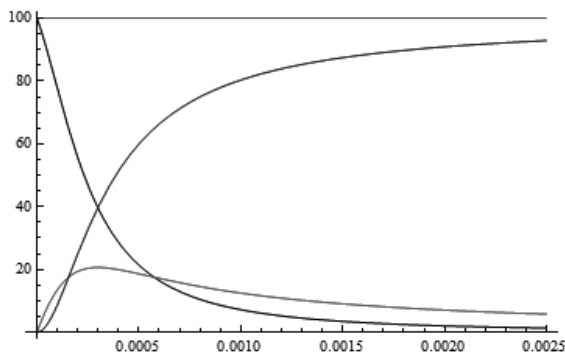
Az Ag teljes mennyisége:

$$c_{\text{Ag}} = [\text{Ag}^+] + [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+ + [[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+] = [\text{Ag}^+](1 + K_1 \cdot [\text{NH}_3] + K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2) = [\text{Ag}^+] \cdot \alpha_L, \text{ ahol } \alpha_L = 1 + K_1 \cdot [\text{NH}_3] + K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2.$$

Az  $\text{NH}_3$  teljes mennyisége:

$$c(\text{NH}_3) = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+] + [[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+] + 2 \cdot [[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+].$$

Az I), II) és III) feladatrészek megoldása a fenti egyenletek beprogramozásával egyszerűen és gondolkodás nélkül elvégezhető, azonban érdemes megvizsgálni, hogy az egyes esetekben lehetséges-e a problémát bizonyos feltételezések mellett pl. a mellékelt speciesz-eloszlást ( $\alpha_L$ ) figyelembe véve leegyszerűsíteni, ugyanis a számítógép segítségével a legtöbb kémiaversenyen nem lehet igénybe venni. (A feltételezéseket természetesen utólag vissza kell ellenőrizni!)



Vegyük sorra a különböző  $\text{NH}_3$  koncentrációkat, induljunk a legnagyobb feleslegtől!

III) 0,09524 M-es ezüst- és 0,4762 M-es  $\text{NH}_3$ -koncentráció esetén (1:5) feltételezhető, hogy az összes ezüst  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  formában lesz jelen az oldatban. A komplexképződés után megmaradó ammónia mennyisége  $0,4762 - 0,09524 \cdot 2 = 0,28572$  M, aminek a disszociációjára felírható, hogy:

$$1,76 \cdot 10^{-5} = x^2 / (0,28572 - x),$$

melyből  $x = 2,23 \cdot 10^{-3} = [\text{NH}_4^+]$ , így  $[\text{NH}_3] = 0,2835$  M. Ezzel az  $\text{NH}_3$ -koncentrációval az  $\alpha_L = 900663,5$ . Visszaellenőrizve a speciesz-eloszlást megállapítható, hogy az  $\text{Ag}^+$  szinte teljes mértékben  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  formában lesz jelen (99,95%), tehát a kezdeti feltételezésünk helyes volt. Az  $\alpha_L$  alapján:  $[\text{Ag}^+] = c_{\text{Ag}} / \alpha_L = 1,057 \cdot 10^{-7}$  M, amiből

$$[\text{Cl}^-] = L/[\text{Ag}^+] = 1,675 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

II) 0,09524 M-es ezüst- és 0,2381 M-es  $\text{NH}_3$ -koncentráció esetén (1:2,5) szintén feltételezhető, hogy az összes ezüst  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  formában lesz jelen az oldatban. A komplexképződés után megmaradó ammónia mennyisége  $0,2381 - 0,09524 \cdot 2 = 0,04762 \text{ M}$ , aminek a disszociációja után az előzőek alapján  $[\text{NH}_4^+] = 9,067 \cdot 10^{-7}$ , így

$$[\text{NH}_3] = 0,04671 \text{ M}, \alpha_1 = 24518,7.$$

Az  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  részaránya ebben az esetben az előzőnél kevesebb, 99,66%. Az  $\alpha_1$  alapján:  $[\text{Ag}^+] = 3,88 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ , amiből  $[\text{Cl}^-] = 4,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ .

(Ha elhanyagolás nélkül oldjuk meg a feladatot, akkor a megoldás csak kicsit változik,  $[\text{Ag}^+] = 3,832 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ , amiből  $[\text{Cl}^-] = 4,62 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ).

III) 0,09524 M-es ezüst és 0,09524 M-es  $\text{NH}_3$  koncentráció esetén (1:1) a specieseloszlás görbét megvizsgálva nem feltételezhető, hogy a teljes  $\text{Ag}^+$  mennyisége  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  formában lesz jelen, ugyanis ezen komponens görbéje semmilyen koncentrációtartomány esetén sem domináns. (A teljes  $\text{Ag}^+$  mennyiség  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  illetve  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  komplex formájában történő feltételezése a visszaellenőrzéskor ténylegesen ellentmondáshoz vezet.) Emiatt a megoldás során a probléma a fenti módon egyszerűen nem közelíthető, meg kell oldani a teljes egyenletrendszert (ez nem zárja ki, hogy az egyenletrendszer megoldása közben másfajta közelítést alkalmazzunk).

Az anyagok mennyiségeinek a változása a reakciók során:

	$\text{Ag}^+$	$\text{NH}_3$	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$
kiindulás	$c$	$c$	-
reakció	$x$	$x$	$x$
keletkezett	$c-x$	$c-x$	$x$

	$\text{Ag}^+$	$2 \text{NH}_3$	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
kiindulás	$c-x$	$c-x$	-
reakció	$y$	$2y$	$y$
keletkezett	$c-x-y$	$c-x-2y$	$y$

	$\text{NH}_3$	$\text{NH}_4^+$	$\text{OH}^-$
kiindulás	$c-x-2y$	-	-
reakció	$z$	$z$	$z$
keletkezett	$c-x-2y-z$	$z$	$z$

Az egyenletek felírásához az egyes anyagok végső (félkövérrel jelzett) koncentrációja szükséges:  $[[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+] = x$ ,  $[[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+] = y$ ,  $[\text{NH}_4^+] = z$ ,  $[\text{Ag}^+] = c-x-y$ ,  $[\text{NH}_3] = c-x-2y-z$ . A megfelelő egyenletek:

$$K_1 = x / ((c-x-y)(c-x-2y-z))$$

$$K_2 = y / ((c-x-y)(c-x-2y-z)^2)$$

$$K_b = z^2 / (c-x-2y-z)$$

Az egyenletrendszer megoldása:

$x = 1,965 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ,  $y = 3,761 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ,  $z = 7,234 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ , amiből

$[\text{NH}_3] = 2,975 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  és  $[\text{Ag}^+] = 3,798 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ . Így  $[\text{Cl}^-] = 4,66 \cdot 10^{-9} \text{ M}$

A három rész megoldása tehát:

I)  $[\text{Cl}^-] = 4,66 \cdot 10^{-9} \text{ M}$ , II)  $[\text{Cl}^-] = 4,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  és III)  $[\text{Cl}^-] = 1,675 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ .

A kiindulási  $\text{NH}_3$  oldatra visszszámolva ez:

I)  $[\text{Cl}^-] = 9,79 \cdot 10^{-8} \text{ M}$ , II)  $[\text{Cl}^-] = 9,58 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  és III)  $[\text{Cl}^-] = 3,518 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .

Ezek közül az I) esetben nagyon kis koncentrációt kapunk, mely szennyeződésként könnyen elképzelhető.

*A feladatra 28 megoldás érkezett, ezek közül 14 hibátlan volt. A feladat pontátlag 7,6 pont. Kiemelendő Botlik Bence Béla és Kalapos Péter Pál munkája, akik a feladat III) és II) részeit beprogramozás helyett okosan végiggondolták.*

(Sarka János)

**H240.** a) A  $\pi = \rho \cdot g \cdot h$  egyenletet felhasználva, ahol  $\rho$  a vizsgált ricinolsavoldat sűrűsége,  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $h$  pedig a kapillárisemelkedés mértéke, kiszámíthatjuk a  $\pi$  ozmózisnyomás értékét:

$$\pi = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,084 \text{ m} = 824,04 \text{ Pa}.$$

Ezt az adatot a van 't Hoff-egyenletbe behelyettesítve megkapjuk a bemért ricinolsav anyagmennyiségét:

$$n = \pi \cdot V / (R \cdot T) = 824,04 \text{ Pa} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / (8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 295,15 \text{ K}) = 1,6791 \cdot 10^{-5} \text{ mol}.$$

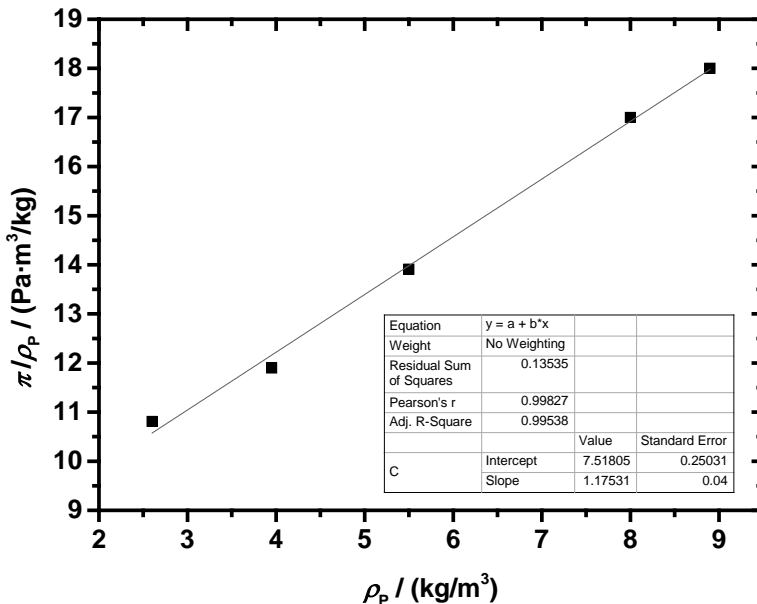
Innen a ricinolsav moláris tömege már igen könnyen adódik:

$$M = m/n = 0,005 \text{ g} / (1,6791 \cdot 10^{-5} \text{ mol}) = 297,79 \text{ g/mol} \approx 298 \text{ g/mol}.$$

b) Ennek a feladatrésznek több lehetséges megoldása is van, itt most a szerző által legszemléletesebbnek és legtanulságosabbnak tartottat mutatjuk be. Első lépésként osszuk el a viriálsorfejtést alkalmazó, egyszerűsített egyenlet mindkét oldalát  $\rho_P$ -vel, vagyis a polimer tömegkoncentrációjával! Ekkor az alábbi összefüggést kapjuk:

$$\pi/\rho_P = RT/M + B\rho_P.$$

Ez a kifejezés megfeleltethető egy  $y(x) = b + ax$  alakú lineáris függvénynek. Vagyis ha  $\rho_P$  függvényében ábrázoljuk  $\pi/\rho_P$ -t, akkor az adatpontokra illesztett egyenes meredeksége a  $B$  viriál-együttható, tengelymetszetéből  $(RT/M)$  pedig kiszámítható a polisztirol moláris tömege. Itt most az Origin nevű grafikus adatkiértékelő program segítségével készült ábrát tesszük közzé. Az illesztett egyenes tengelymetszetét (intercept) és meredekségét (slope) a grafikonhoz tartozó táblázat tartalmazza.



Így a  $B$  viriál-együttható értéke tehát:  $1,18 \text{ Pa} \cdot (\text{m}^3/\text{kg})^2$ . A polisztirol moláris tömegét pedig a következő módon számíthatjuk ki:

$$M = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 298,15 \text{ K} / (7,51805 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{kg}) = 329,716 \text{ kg}/\text{mol} \approx 330\,000 \text{ g}/\text{mol}.$$

További megoldási lehetőség az eredeti, egyszerűsített viriálsorfejtést tartalmazó egyenlet alapján a másodfokú polinom illesztése, illetve az, hogy az öt mérési adatpár ismeretében lehetőségünk van 10 különböző kétismeretlenes egyenletrendszer felállítására. Utóbbi esetben, ha kiszámoljuk az összes lehetséges  $M$ , valamint  $B$  értéket, akkor ezeket átlagolva is egészen jó eredményre jutunk. Elvi hibát jelent az, ha a tízből csak egy, tetszőlegesen kiválasztott párosítás alapján számoljuk ki  $M$  és  $B$  értékét, hiszen a választás nem indokolható tudományosan. A különböző megoldási módszerek különböző (de nagyságrendben természetesen nem eltérő)  $M$  és  $B$  értékeket adnak eredményül.

Az a) feladatrészben néhányan  $10 \text{ m/s}^2$ -es nehézségi gyorsulással számoltak, ami – tekintettel az adatrendszer pontosságára – túlzott kerekítésnek tekinthető. A b) feladatrész egyik nagy nehézsége a mértékegységek helyes használata volt. A versenyzők jelentős többsége figyelmen kívül hagyta, hogy a  $B$  viriál-együtthatónak is van mértékegysége. Ennél még nagyobb hiba volt, hogy sokan a  $\text{kg/mol}$ -ban megadott értékét a moláris tömegnek  $\text{g/mol}$ -ként tüntették fel.

A feladatra érkezett dolgozatok pontátlagosa 8,2 volt. Külön gratulációt érdemel Baglyas Márton, Balbisi Mirjam, Kis Zoltán Sándor és Sajgó Mátyás, akiknek a dolgozatában a feladatjavító szerző nem talált semmi kifogásolnivalót, így hibátlan megoldást prezentáltak.

(Varga Bence)