

## GONDOLKODÓ



### Feladatok

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

**A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2014. március 17-ig postára adva 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 fájl névvel töltsétek fel. Beszkennelt kézírás esetén figyeljetek a minőségre és az olvashatóságra (tisztá fehér lapra jól látható tintával írjatok)!**

**A16.** Amália szeretett volna otthon „biotisztítószer” előállítani, de valószínűleg nem mindig figyelt kémiaórán. Emlékezett rá, hogy az ecet oldja a vízkövet, a szóda pedig a zsírt. Mivel egy általános tisztítószer szeretett volna, ezért egy flakonba belemért 2,0 dl 12 térfogat-százalékos biológiai erjesztésű ecetet, majd 0,50 l térfogatúra hígította, tett hozzá 3,0 g szódát.

a) *Milyen reakció ment végbe a flakonban?*

b) *Milyen lett az oldat kémhatása a reakció végén?*

Miután rájött, hogy így tisztítószert nem tud előállítani, úgy gondolta, hogy a lefolyó tisztításához az előbbi eljárása egy kis módosítással jó lesz. Ezért a lefolyóba szórt 5,0 g szódat, majd erre öntötte a 12 térfogat-százalékos ecetet.

c) *Mennyi gáz fejlődik a reakció során?*

(Borbás Réka)

**A17.** A higany gőzeinek belélegzése komoly veszélyt jelent, ezért az Európai Unióban már betiltották a higanyos hő- és lázmérők forgalmazását. A háztartásokban ettől függetlenül még sok ilyen eszköz található.

Ha eltörik a higanytartály, a higany apró cseppekként szétfolyik („gurul”), és azonnal párologni kezd. A levegőben  $15 \text{ nmol/m}^3$  a higanygőz megengedett legnagyobb koncentrációja.

a) *Ha egy  $20 \text{ m}^2$ -es,  $3 \text{ m}$  belmagasságú szobában eltörik egy  $0,5 \text{ g}$  higanyt tartalmazó hőmérő, a kiömlő higany hány százalékának elpárolgása után éri el a higanykoncentráció az egészségügyi határértéket (feltéve, hogy egyenletesen oszlik el a levegőben)?*

b) *Hányszor több oxigénmolekula van ekkor a levegőben, mint higanyatom?*

(Zagyai Péter)

**A18.** A laborban nátrium-hidrid előállításához szeretnénk hidrogéngázt fejleszteni. A hidrogéngáz nedvességtartalma problémát okozna, ezért  $2,500 \text{ g P}_2\text{O}_5$  pasztillát tartalmazó U-csővön vezetjük át a gázt.  $500,0 \text{ cm}^3$  nedves hidrogéngázt áramoltatunk át a szárítószereken, majd a só előállítása után megmérjük a szárítószert tömegét, ami  $2,704$  grammnak adódik.

a) *Legalább hány térfogatszázalék vizet tartalmaz az előállított gáz?*

b) *Mi lett a szárítószert összetétele a reakció végén?*

c) *Milyen óvintézkedést kell tenni, mielőtt a nátriumot, amelyre a hidrogéngázt vezetjük, melegíteni kezdjük?*

d) *Ha a gáz szárítására kénsavas mosót használtunk volna ( $5,00 \text{ cm}^3$   $95,0 \text{ m/m}\%$ -os  $1,834 \text{ g/cm}^3$  sűrűségű kénsavval), akkor mi lett volna a kénsavoldat  $\text{m/m}\%$ -os összetétele és térfogata, ha ugyanannyi vi-*

zet kötött volna meg a kénsav, mint a  $P_2O_5$ ? (A kénsavoldat  $m/m\%$  – sűrűség összefüggését a Négyjegyű függvénytáblázat tartalmazza.)

(Borbás Réka)

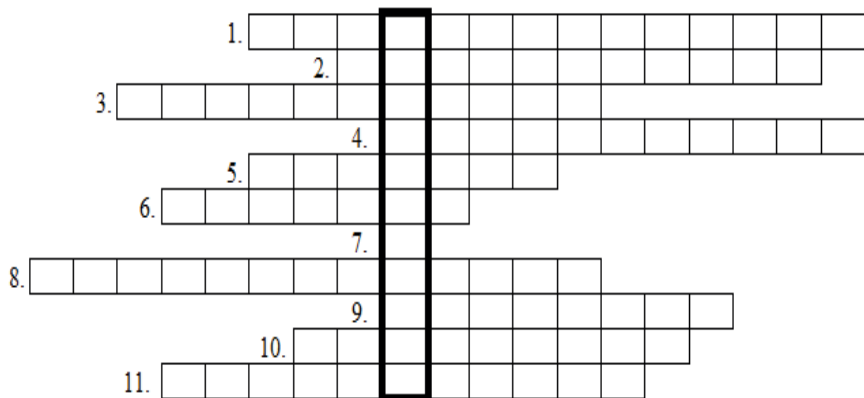
**A19.** Két látványos kémiai kísérlet a fáraó kígyója és a vegyész vulkánja. Mindkettőben jelentős térfogatváltozás történik, ami „felfújja” a szilárd termékeket. A fáraó kígyója szilárd higany-rodanidból készül, amely  $165^\circ\text{C}$ -on bomlik higany-szulfidra, szén-diszulfidra és a  $C_3N_4$  összegképletű szilárd szén-nitridre. A melegítés hatására, amely a „kígyó” növekedéséhez kell, illetve az egyéb beinduló égések során a hőmérséklet eléri a  $300^\circ\text{C}$  környékét, ahol a higany-szulfid is oxidálódik.

a) Feltételezve, hogy csak a higany és a  $C_3N_4$  nem gáz-halmazállapotú anyagok, és a keletkező gázok  $330^\circ\text{C}$  hőmérsékletűek, hányszorosa a keletkező gázok térfogata a szilárd higany-rodanidnak? Egyszerűsítésképp feltételezzük, hogy a reakciók sztöchiometrikusan mennek végbe. [ $\rho(\text{Hg}(\text{SCN})_2) = 3,71 \text{ g/cm}^3$ ]

b) Hányszorosa a térfogatváltozás a vegyész vulkánja esetében? Itt ammónium-dikromát exoterm bomlása során nitrogén, króm(III)-oxid és víz képződik. Ebben az esetben is végezzük a számítást  $330^\circ\text{C}$  hőmérsékletű gázokkal. [ $\rho((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2,11 \text{ g/cm}^3$ ]

(Borbás Réka)

**A20.** Fejtsd meg az alábbi keresztrejtvényt!



1. Az „erő”, amit nem newtonban mérünk.
2. Az 1,4-benzokinon molekulájára ilyen szimmetria is jellemző.
3. V-alakú molekula, melynek kötésszöge kisebb, mint a vízmolekuláé.
4. Létfontosságú aminosav, genetikai rendellenesség miatt hiányozhat a lebontását szolgáló enzim.
5.  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .
6. Svéd tudós, aki az oxigént korábban állította elő, mint Priestley, de később publikálta. További három elem felfedezése fűződik a nevéhez.
7. Ritkán látott vegyjel.
8. A vas előállításának egy különlegesen magas hőmérsékletű módja.
9. Egy ismert vasérc.
10. Az elemek természetes rendszere megalkotójának apai neve.
11. Jodometriás titrálások során a tioszulfátból keletkező anion.

(Kiss Andrea)

**K206.** Mohr-só  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  előállításához összeöntünk 100,0 g  $40^\circ\text{C}$ -on telített ammónium-szulfát-oldatot és 100,0 g  $40^\circ\text{C}$ -on telített vas(II)-szulfát oldatot. A keveréket lehűtjük  $0^\circ\text{C}$ -ra.

*Mekkora tömegű sót nyerhetünk így?*

Az oldhatóságok: 100,0 g víz  $40^\circ\text{C}$ -on 81,0 g ammónium-szulfátot, 28,8 g vas(II)-szulfátot és 33,0 g  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ -ot old,  $0^\circ\text{C}$ -on 70,6 g ammónium-szulfátot, 13,5 g vas(II)-szulfátot és 12,5 g  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ -ot old. Tételezzük fel, hogy a különféle sók nem befolyásolják egymás oldhatóságát.

(Borbás Réka)

**K207.** Egy fém karbonátjából nitrogén-atmoszférában  $700^\circ\text{C}$ -on történő hevítéssel fekete higroszkópos oxid képződik, amely nedvesség hatására 7,23  $m/m\%$  oxigéntartalmú hidroxiddá alakul. Ugyanezen fém nitrátját bázisos oldatban klórral reagáltatva a fém hidratált oxidja lecsapatható, szárítással a tiszta oxid is előállítható, amely barnásfekete színű, és ezekben a fém oxidációs száma az elsőtől eltérő. A hidratált oxid oxigéntartalma 14,88  $m/m\%$ , a vízmentes oxidé pedig 10,51  $m/m\%$ .

a) *Mely fémről van szó, és mi az oxidok képlete?*

Ismeretes még a fémnek egyéb oxidja is, más összetétellel. Az egyik  $5,55 \text{ m/m}\%$  a másik  $13,54 \text{ m/m}\%$  oxigént tartalmaz.

b) *Mi az oxidok összetétele, és az alkotók oxidációs száma?*

(Borbás Réka)

**K208.** Vendel mostanában mentális problémákkal küzd. Tegnap a fejébe vette, hogy szeretne olyan edényeket a könyvespolcára tenni, amelyekben levegő mellett található valamennyi folyékony víz és az edényben lévő víz  $x \%$ -a legyen gázfázisban, miközben a gázfázis  $x \%$ -a (tömeg- vagy térfogatszázaléka, mindegy) legyen víz. Ahhoz, hogy ezt megvalósítsa, olyan jól zárható üvegedényt fabrikált, amelyhez kézi vákuumszivattyú csatlakoztatható, ill. egy nyíláson át folyadék injektálható az edénybe. Szerzett manométeres vákuumszivattyút, amivel mérni tudta a gáztérben kialakuló nyomást.

Szobájában mindig  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  van. Utánanézett, hogy ezen a hőmérsékleten a folyékony vízzel egyensúlyban lévő vízgőz nyomása  $3,17 \text{ kPa}$ , és ez az érték gyakorlatilag független attól, hogy más anyagok jelen vannak-e a gáztérben vagy sem. (Azaz ha csak tiszta vízgőz van a gáztérben a folyékony víz felett, akkor ennyi a nyomása, ha pedig más gázok is jelen vannak, akkor ennnyivel „járul hozzá” az össznyomáshoz a vízgőz.)

a) *Megvalósítható-e az  $x = 15$  eset? Ha igen, hogyan járjon el Vendel?*

b) *Melyek azok az  $x$  értékek, amelyeket Vendel nem tud megvalósítani  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on? Állításodat számítással támaszd alá!*

(Zagyai Péter)

**K209.** Az **A** és **B** anyagok egymással hevesen reagálnak, még olyan alacsony hőmérsékleten is, ahol mindkét anyag szilárd halmazállapotú. Egy (eredetileg levegőt tartalmazó) tartályba  $1,000 \text{ g A}$ -t és  $2,000 \text{ g B}$ -t teszünk, majd a tartályt gyorsan lezárjuk. A reakció lejátszódása után megvárjuk, hogy a hőmérséklet  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra álljon be. Az edényben ekkor  $3,20 \text{ g}$  folyadék található, ami a **C** anyag  $44,8 \text{ m/m}\%$ -os vizes oldata.

Ha a kísérletet megismételjük úgy, hogy a tartály levegő helyett argont tartalmaz, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on visszamaradó  $2,97 \text{ g}$  vizes oldat  $48,3 \text{ m/m}\%$ -os **C**-re nézve (más oldott anyagot nem is tartalmaz).

*Mi az **A**, **B** és **C** anyagok képlete, ha tudjuk, hogy az **A** és **B** közül az egyik egy elem?*

(Zagyai Péter)

**K210.** A szupravezetés jelensége azt takarja, hogy egy anyag alacsony hőmérsékleten elveszíti elektromos ellenállását. Az ólom 7 K, a higany 4,2 K kritikushőmérséklet-értékkel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy az anyagot ezen hőmérséklet alá hűtve ellenállása hirtelen 0-ra esik. Így képesek az áramot fenntartani feszültség jelenléte nélkül, és anélkül, hogy az áram mérhetően csökkenne, becslések szerint akár 100 000 évig is. Ezért jól használhatóak a szupravezetők MRI-gépekben vagy erőművekben áramtárolásra. Kezdetben csak igen alacsony hőmérsékletű szupravezetőket ismertek, de az 1980-as években megjelentek a közepes, akár 138 K kritikus hőmérsékletű szupravezetők is.

Bár a réz igen jó vezető, még 0 K közelében sem viselkedik szupravezetőként. Viszont az oxidja a magasabb hőmérsékletű szupravezető vegyületek egy fő komponense. Ezeknek a szupravezetőknek hátrányuk, hogy nem jól megmunkálható fémek, hanem törékeny kerámiák. Az egyik ilyen kerámia, amely szupravezető tulajdonságot 138 K alatti hőmérsékleten mutat 22,96 m/m% higanyt, 21,80 m/m% rezet, 14,65 m/m% oxigént tartalmaz, és ezek mellett két alkáliföldfém 1:1 arányban.

*a) Mi a vegyület összegképlete?*

Egy másik szupravezető sajátosságú anyag a könnyebb alkáliföldfém és a rezet az előzőnek megfelelő arányban tartalmazza, de ebben higany helyett bizmut szerepel 41,48 m/m%-ban (réz 18,90 m/m%, oxigén 12,70 m/m%). Ennek az anyagnak előnye, hogy ezüstcsőbe töltve, nyújtva vékony drót, huzal képezhető belőle.

*b) Mi az összegképlete az anyagnak?*

Egy olcsóbb szupravezető, 92 K kritikus hőmérséklettel nikkeldrótra való szemcsenövesztéssel állítható elő szálként. Ez 41,23 m/m% bárium, 28,60 m/m% réz és 16,82 m/m% oxigén mellett csak egyetlen további elemet tartalmaz.

*c) Melyik ez az elem?*

(Borbás Réka)

**H206.** Apoláris molekulákban az atommagok és az elektronok töltésközéppontja egybeesik. Ha a molekula pozitív és negatív töltéseinek súlypontja nem ugyanott van, akkor a molekula poláris lesz. A töltéseloszlást a molekula dipólusmomentuma jellemzi, ami a két töltéscentrum távolságának ( $l$ ) és töltésének ( $q$ ) szorzata. A dipólusmomentum ( $\mu$ ) egy olyan vektor, ami a pozitív töltésközéppontból a negatív felé mutat. Gyakran használt mértékegysége a debye (D),  $1 \text{ D} = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ .

Többatomos molekulák esetén egyes kötéseket is tekinthetünk úgy, hogy hozzájuk dipólusmomentum, az ún. kötéspmomentum tartozik. Ezek összege adja ki a molekula dipólusmomentumát.

Egy nem lineáris ABC molekula esetén jelölje  $\mu_{AB}$  és  $\mu_{CB}$  a két kötéspmomentum nagyságát, és  $\alpha$  a kötésszöget.

- a) *Hogyan lehet a molekula dipólusmomentumát ezen mennyiségekből meghatározni? Add meg az összefüggést!*
- b) *Hány D a  $\text{H}_2\text{S}$  molekula dipólusmomentuma, ha az SH kötés kötéspmomentuma  $2,61 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ , és a kötésszög  $92,0^\circ$ ?*

A H-C-H kötésszög a formaldehidmolekulában  $120^\circ$ . A C-H kötés és a C=O kötés kötéspmomentuma 0,4 D, illetve 2,3 D.

- c) *Mi a formaldehidmolekula dipólusmomentuma?*

Gázfázisban a víz, a metanol és a dimetil-éter molekulájának dipólusmomentuma 1,84 D, 1,69 D és 1,29 D. A vízben a két kötéspmomentum által bezárt szög  $105^\circ$ , az éterben pedig  $110^\circ$ .

- d) *Becsüld meg a H-O-C kötésszöget a metanolmolekulában azt feltételezve, hogy az egyes kötéspmomentumok az eltérő molekulákban is megegyeznek!*

(vietnami feladat)

**H207.** Egy foszforsavoldat pH-ja 1,46. A foszforsav savi disszociációállandói:  $K_1 = 7,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_3 = 4,8 \cdot 10^{-13}$ .

- a) *Számítsd ki az egyes ionok és molekulák koncentrációját az oldatban!*

Az oldatból 50 ml-t 50 ml 0,4 M ammóniaoldattal keverünk össze.  $\text{p}K_s(\text{NH}_4^+) = 9,24$ .

b) *Mi lesz az így kapott 100 ml oldat pH-ja?*

A kapott 100 ml oldathoz 100 ml 0,2 M  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -oldatot adunk. A  $\text{Mg}^{2+}$  ionok hidrolízisétől eltekinthetünk. A  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4$  csapadék oldhatósági szorzata  $2,5 \cdot 10^{-13}$ .

c) *Levállik-e csapadék?*

(vietnami feladat)

**H208.** Három természetes bomlási sor létezik. Ezek a hosszú felezési idejű Th(232), U(235) és U(238) izotópokból indulnak, és mind az ólom stabil izotópjaival (tömegszám: 208, 207, 206) záródnak le.

a) *A fenti információk alapján melyik sor melyik izotópban végződik? Hány alfa- és hány béta-bomlást tartalmaznak az egyes sorok?*

Lassan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oldatot adagolunk egy olyan keverék 20,00 ml-éhez, amelyben 0,020 M a  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $5,0 \cdot 10^{-3}$  M a  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;  $9,7 \cdot 10^{-3}$  M a KI; 0,05 M a KCl és 0,0010 M a  $\text{KIO}_3$  koncentrációja. 21,60 ml adagolása után kezd el a sárga ólom-jodid leválni. Az oldhatósági szorzatok negatív logaritmusai (pL):  $\text{PbSO}_4$ : 7,66;  $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ : 16,61;  $\text{PbI}_2$ : 7,86;  $\text{PbC}_2\text{O}_4$ : 10,05,  $\text{PbCl}_2$ : 4,77.

b) *Milyen sorrendben váltak le a csapadékok? Mi volt az ólom-nitrát-oldat koncentrációja?*

(vietnami feladat)

**H-209.** Az uránércек dúsítása nem könnyű, mert az uránt általában kis koncentrációban, hasonló kémiai viselkedésű anyagok között találják. Egy érc kénsavas oldása és további kezelés után a kapott oldatban az uranil-szulfát koncentrációja 0,01 M, míg a vas(III)-szulfát koncentrációja 0,05 M-ig is felmehet.

a) *Milyen pH-n lehet a  $\text{Fe}^{3+}$  ionok 99%-át leválasztani az oldatból úgy, hogy urán ne vesszen el? Az  $\text{UO}_2(\text{OH})_2$  és a  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  oldhatósági szorzata  $1,0 \cdot 10^{-22}$  és  $3,8 \cdot 10^{-38}$ .*

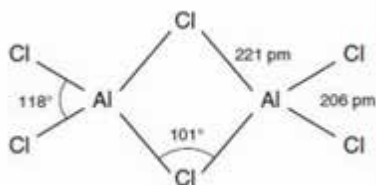
A híg, urántartalmú oldatok dúsításának egyik módja a folyadék-folyadék extrakció. A uranil-nitrát megfelelő körülmények között igen jól oldódik tributil-foszfátot tartalmazó petróleumban. Vizes oldattal összerázva a két oldatban kialakuló egyensúlyi koncentrációk aránya (a megoszlási állandó) 10.



b) Az eredeti uránmennyiség hány százaléka marad az oldatban, ha a 1,0 liter 0,01 M uranil-nitrát-oldatot 500 ml szerves oldószerral extrahálnak? Hogyan lehetne ugyanennyi oldatot és oldószert használva kinyerni a kiindulási urán 96%-át?

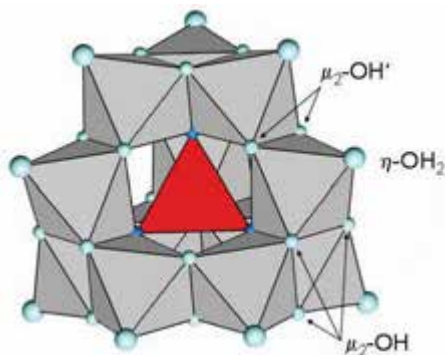
(vietnami feladat)

**H210.** Az alumínium-klorid szerkezete gáz- és oldatfázisban is összetettebb, mint ahogy a képlete mutatja. Gázfázisban dimer molekulákat lehet kimutatni az ábra szerinti szerkezettel:



a) Mekkora a két Al atom közti távolság ezekben a dimerekben?

Vizes oldatban az alumíniumionokhoz hat szorosan kötött vízmolekula kapcsolódik. A kötött vízmolekulák hidrogénjei könnyen disszociálnak, és hidroxidionok maradnak vissza. Ezek már több alumíniumionhoz is kapcsolódhatnak. Így az oldatok pH-ját óvatosan növelve hidroxidionok segítségével egymással kapcsolódó, ún. többmagvú ionok is keletkezhetnek. Egy különösen stabil ilyen ion szerkezetét mutatja az ábra. A kis gömbök az oxigénatomok, az alumíniumatomok a poliéderek közepén vannak.



Az ion összegképlete  $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{n+}$ .

- b) *Mi az ion töltése? Írj fel a keletkezésére egy rendezett egyenletet, amelyben a reagensek között  $\text{AlCl}_3$  és  $\text{NaOH}$  szerepel!*
- c) *Hány oktaéderes  $\text{AlO}_6$  egység és hány tetraéderes  $\text{AlO}_4$  egység van az ionban? Hány oxigénatom van oktaédereket összekapcsoló helyeken?*

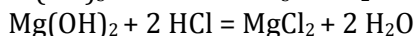
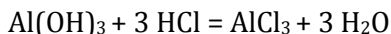
Ilyen iont tartalmazó vegyületet nemrég szilárd anyagok reakciójával is előállítottak. Jól záró szilícium-karbid kapszulába (térfogata  $17 \text{ cm}^3$ )  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  és  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  keverékét (térfogata elhanyagolhatóan kicsi) töltötték  $1 \text{ atm}$  nyomáson. A kapszulában található  $3 \text{ db } 0,542 \text{ cm}$  sugarú szilícium-karbid golyóval összeőrölve a keveréket játszódott le a reakció. A belső nyomás  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  fokon végzett huzamos őrlés után  $2,50 \text{ atm}$  nyomásra állandósult.

- d) *Írd fel a két anyag reakciójának egyenletét, ha tudjuk, hogy a fenti iont tartalmazó termék keletkezett! Hány mól keletkezett ebből a termékből?*

(vietnami feladat)

## Megoldások

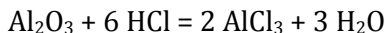
A6. a) Reakcióegyenletek:



1 dm<sup>3</sup> szuszpenzióban van 35 g Al(OH)<sub>3</sub>, ez 0,449 mol, ami 1,347 mol sósavval reagál. Ezen kívül van benne 40 g Mg(OH)<sub>2</sub>, ez 0,656 mol, ami 1,372 mol sósavval reagál. Tehát 1 dm<sup>3</sup> szuszpenzió összesen 2,719 mol sósavval reagál, ez 27,19 dm<sup>3</sup> gyomornedvet jelent. 15 ml szuszpenzió tehát 407,8 cm<sup>3</sup> gyomornedvet semlegesít.

b) 0,25 g alumínium-oxidra (2,45 mmol) 0,132 g víz jut, ez 7,36 mmol. Tehát 1 mol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ra 3 mol víz jut. A képlet tehát: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3 H<sub>2</sub>O, ami valójában Al(OH)<sub>3</sub>.

c) Reakcióegyenlet:



A másik szükséges reakcióegyenlet az a) feladatnál szerepelt.

A szuszpenzióban van 0,25 g Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ez 2,45 mmol, az 14,71 mmol sósavval reagál. Ezen kívül van benne 0,25 g Mg(OH)<sub>2</sub>, ez 4,29 mmol, az 8,57 mmol sósavval reagál. Tehát a szuszpenzió összesen 23,28 mmol sósavval reagál, tehát 232,9 cm<sup>3</sup> gyomornedvet semlegesít.

*A feladat kifejezetten könnyűnek bizonyult. A megoldások nagy része hibátlan, a pontszámok átlaga 7,72 lett. Sok esetben problémát jelentett, hogy a reakcióegyenletek hiányoztak. Ha a szövegből egyértelműen kiderült, hogy miből mennyi reagál, és miből mennyi keletkezik, akkor reakcióegyenletenként fél pontot vontam le, ha azonban semmiből nem derül ki, hogy mi a számítás alapja, akkor 1 pontot. Ha egy számítási feladat alapját egy kémiai reakció adja, akkor a reakcióegyenletet mindig fel kell írni!*

*Az összehasonlításhoz többen 15 ml szuszpenziót vettek a c) feladatnál is, ezért – ha jó volt a számítás – nem vontam le pontot.*

(Koltai András)

A7. a) A kén-hexafluorid egy nagy sűrűségű, inert gáz, kiváló hő- és elektromos szigetelő. A futás során jobban tompít, mint a korábban

használt habok. Alkalmazásával csökkentették a cipők súlyát is. Az is fontos szempont volt, hogy a nagy molekulaméret miatt csak nagyon lassan diffundál ki a cipőtalpból.

b) A kén-hexafluorid a szén-dioxidnál kb. 20000-szer erősebb üveg-házhatású gáz. A légkörbe kerülhetett a gyártási folyamatok során, illetve a cipőből is szivároghatott a gáz.

c)  $M(\text{SF}_6) = 146 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol}$

$V = 200 \text{ cm}^3 = 0,000200 \text{ m}^3$ ;  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$ ;  $p = 101,325 \text{ kPa}$

$$pV = nRT; \quad n = 8,179 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Delta m = m(\text{SF}_6) - m(\text{He}) = n \cdot [M(\text{SF}_6) - M(\text{He})] = 1,16 \text{ g}$$

Ekkora tömegcsökkenés érhető el.

*A feladatra sok jó megoldás érkezett, a javítás során minden logikailag helyes megoldást elfogadtam.*

(Dénes Nóra)

**A8.** a) Fél liter  $0,015 \text{ mol/dm}^3$ -es sóoldat előállításához  $0,0075 \text{ mol}$  NaCl-t, azaz  $0,44 \text{ g}$  NaCl-t kell oldani  $500 \text{ ml}$  vízben.

b) Tiszta vizet előállíthat desztillációval. Például egy lábasban ásványvizet forral, a keletkező vízgőzt egy hideg tányéron vagy a fedőn kondenzáltatja és egy másik edénybe csorgatja.

c) A NaCl „szennyezői” lehetnek pl.:  $\text{MgCO}_3$ , KI, NaI, KCl,  $\text{KIO}_3$ .

d) Tegyük fel, hogy  $x \text{ g}$ -ot akar feloldani. Ekkor  $(x-1) \text{ g}$ -ot feloldva  $V \text{ dm}^3$  vízben  $0,014 \text{ mol/dm}^3$ -es oldatot kaphat.

Ekkor

$$(x-1)/(58,5 \cdot V) = 0,014.$$

A másik véglet szerint  $(x+1) \text{ g}$ -ot feloldva  $V \text{ dm}^3$  vízben  $0,016 \text{ mol/dm}^3$ -es oldatot kap. Ekkor

$$(x+1)/(58,5 \cdot V) = 0,016.$$

Az egyenletrendszer megoldva:  $x = 15 \text{ g}$  és  $V = 17,1 \text{ dm}^3$ . Tehát legalább  $17,1 \text{ liter}$  oldatot kell készíteni.

*A megoldások harmada hibátlan volt, az átlagpontszám 7,3.*

(Bacsó András)

**A9.** a)  $M(\text{glükóz}) = 180 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{glükóz-monohidrát}) = 198 \text{ g/mol}$

Így  $m(\text{glükóz-monohidrát}) = (75/180) \cdot 198 = 82,5 \text{ g}$ .

b) 1 liter vérrre 15 g cukor jut, ami  $15/180 = 0,0833 \text{ mol}$ , ami 83,3 mmol/l-t jelent.

Tehát az így kiszámolt értéke  $(83,3 + 4,8) \text{ mmol/l} = 88,1 \text{ mmol/l}$  lenne.

c) A vizelettel cukor is ürül ilyen vércukorszint esetén. Ez még több vizet von el, azaz a szervezet vízigénye megnő, a veseműködés fokozódik. Állandó szomjúság, hányinger, hányás, fáradtság, szapora légzés, acetonszagú lehelet jellemzi a súlyosabb eseteket. Kezelés nélkül az állapot kómához, majd halálhoz vezet.

d) A gondolatmenet azért téves, mert a fogyasztás után a cukor a gyomorba kerül, innen hosszabb idő alatt távozik a vékonybélbe, ahonnan felszívódik. Tehát a vér nem egyszerre kapja meg a bevitt 75 g cukrot. A két óra elteltével mért vércukorszint pedig azért lesz kevesebb, mert időközben a sejtekbe került a cukor nagy része, így a vérben jó esetben csak kevés maradt.

e) A vércukorszint növekedése  $(7,2 - 4,8) \text{ mmol/l} = 2,4 \text{ mmol/liter}$ , azaz  $2,4 \cdot 180 \text{ mg/l}$ . Tehát 432 mg-mal, azaz 0,432 g-mal nőtt 1 liter vér cukortartalma. Az 5 literé így 2,16 g-mal nőtt, ami a teljes bevitt cukormennyiségnek mindössze kb. 3 %-a.

*Hibátlan megoldást adott Semperger Zsolt, majdnem hibátlant pedig Török Zsombor Áron. Az átlagpontszám 7,1 volt.*

(Bacsó András)

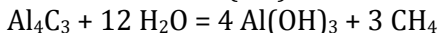
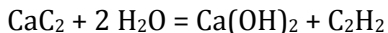
**A10.** a) 100 g oldatban van 1 g ( $0,04350 \text{ mol}$ ) Na és 99 g ( $5,8099 \text{ mol}$ )  $\text{NH}_3$ . A Na 3%-a ionizálódott, így  $1,305 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  szolvatált elektron keletkezett. A  $n(\text{NH}_3)/n(\text{elektron})$  arány tehát 4452.

b) Az elektron moláris tömege  $5,4858 \cdot 10^{-4} \text{ g/mol}$ , így 100 g oldatban  $1,305 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 5,4858 \cdot 10^{-4} \text{ g/mol} = 7,1590 \cdot 10^{-7} \text{ g}$  szolvatált elektron van. Tehát az oldat  $7,16 \cdot 10^{-7} \text{ \%-os}$ .

*A feladatra érkezett megoldások fele hibátlan volt. A pontátlag 7,9 pont.*

(Sarka János)

**K196.** a) A reakciók:



1 g kalcium-karbidból (15,6 mmol) fejlődik 15,6 mmol gáz. 1 g alumínium-karbidból (6,95 mmol) 20,84 mmol gáz fejlődik. Avogadro törvénye alapján tehát az alumínium-karbid egységnyi tömegéből fejlődik nagyobb térfogatú gáz.

b) Felhasználva az a) feladatnál leírtakat:

1 mol, azaz 64,1 g kalcium-karbidból 2 mol, azaz 36 g vízzel 1 mol gáz fejleszthető, ebben az esetben tehát 100,1 g-ból fejlődik 1 mol gáz.

1 mol, azaz 143,95 g alumínium-karbidból 12 mol, azaz 216 g vízzel fejleszthető 3 mol gáz. Ebben az esetben tehát 1 mol gáz fejlesztéséhez 120 g kiindulási anyag szükséges.

Tehát „cipelés szempontjából” a kalcium-karbid kedvezőbb.

c) A metán telített szénhidrogén, ellenben az acetilén telítetlen, igen magas széntartalommal. Emiatt az acetilén kormozó, világító lánggal ég, ami a lámpában nyilván kedvezőbb.

*Kimagaslóan szép, alapos megoldást küldött be Baglyas Márton és Várda Ernák.*

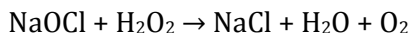
*Az a) és b) feladatokat szinte mindenki hibátlanul megoldotta, a c) feladatnál azonban már kevés helyes megoldás készült.*

*A karbidlámpa lényegében egy gázfejlesztő készülék, melyből a nyomásviszonyok miatt egy csövön át távozik a fejlődő gáz, és a cső végén meggyújtjuk. Teljesen lényegtelen tehát a képződő gáz sűrűsége, és az sem gond, hogy elvileg sújtólég képződhetne belőle, hiszen nem kerül a metán a barlang levegőjébe, mert meggyújtjuk. (Gondoljuk csak meg: ugyanez történik a gáztűzhelynél is. A konyha is csak akkor robban fel, ha először kiengedünk annyi gázt, hogy robbanásra hajlamos gázelegy töltsse be az egészet, és aztán gyújtjuk meg. Ha folyamatosan elégetjük a csőből kiáramló gázt, akkor nincsen gond.) A karbidlámpa begyújtása viszont kétségkívül nehézkes lehetne, hiszen először a fejlődő metánnal (a barlangon kívül!) ki kellene szorítani a készülékből a levegőt, nehogy berobbanjon a lámpa. Ezt azonban senki nem írta.*

(Koltai András)

**K197.** a) A helyes fordítás: Ha a nátrium-hipokloritot hidrogén-peroxiddal keverjük, képződik nátrium-klorid, és az elegy felrobban.

A lejátszódó reakció egyenlete és az anyagok megnevezése:



nátrium-hipoklorit + hidrogén-peroxid  $\rightarrow$  nátrium-klorid + víz + oxigén

b) A robbanást az exoterm reakció és a nagy koncentrációban keletkező oxigén okozhatta.

c) A NaOCl az oxidálószer, a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a redukálószer.

d) 100 cm<sup>3</sup> 5 tömegszázalékos, 1,02 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldatunk van.

$$m_o = \rho \cdot V = 1,02 \cdot 100 = 102 \text{ g}$$

$$m_{\text{oa}} = 102 \text{ g} \cdot 0,05 = 5,1 \text{ g}$$

$$n_{\text{oa}} = 5,1 \text{ g} / 34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,15 \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

A végbemenő reakció: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  $\rightarrow$  H<sub>2</sub>O + ½ O<sub>2</sub>

Ez alapján látható, hogy 0,075 mol O<sub>2</sub> keletkezik a reakció során.

Ennek térfogata:  $V = nRT/p = 1,84 \text{ dm}^3$ .

Vagyis a reakció során 1,84 dm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> gáz keletkezik.

e) A levegő térfogata 200 cm<sup>3</sup>, ennek 21 V/V%-a O<sub>2</sub>, ez 42 cm<sup>3</sup>

$$n = pV/RT = 0,00171 \text{ mol} \rightarrow m = 0,0548 \text{ g}$$

A levegő 79 V/V%-a N<sub>2</sub>, ennek tömege hasonló megfontolások alapján 0,180 g.

Az oldatban lévő 5,1 g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ből a reakcióegyenlet szerint 2,4 g O<sub>2</sub> keletkezik, így a visszamaradó víz tömege 102 g - 2,4 g = 99,6 g.

$$\Delta_r H = \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) - \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}_2, \text{f}) = -98 \text{ kJ/mol}$$

A reakció során felszabaduló hő:

$$Q = -98 \text{ kJ/mol} \cdot 0,15 \text{ mol} = -14,7 \text{ kJ}$$

ami az anyagok melegítésére fordítódik.

A  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  összefüggést használva

$$14700 \text{ J} = (0,741 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 0,180 \text{ g} + 0,653 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 2,4548 \text{ g} + 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 99,6 \text{ g} + 0,135 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}) \cdot \Delta T$$

$\Delta T = 35 \text{ K}$ , vagyis az új hőmérséklet  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

A gázok össz-anyagmennyisége

$$n_{\text{össz}} = 0,00171 \text{ mol} + 0,00644 \text{ mol} + 0,075 \text{ mol} = 0,08315 \text{ mol}$$

A gáztér térfogata közelítőleg  $200 \text{ cm}^3$ , így a kialakuló nyomás az általános gáztörvény alapján:

$$p = nRT/V = 1152,1 \text{ kPa}$$

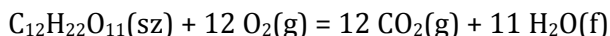
*Szép, logikus megoldást adott be Baglyas Márton, Csenki János Tivadar, Vörös Zoltán.*

(Rutkai Zsófia)

**K198.** a) A Clément által definiált kalória (cal) 1 kg víz hőmérsékletét  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal megemelő hőmennyiséggel egyenértékű, ami ekvivalens a kcal-val. A cal mértékegység (szintén kalória) 1 g vízre vonatkozik, (amit ugyanúgy elfogadtam). Az átváltás:  $1 \text{ cal} = 2,148 \text{ J}$ .

*A fenti definíció azonban nem precíz, mivel a víz hőkapacitása hőmérséklet- és nyomásfüggő. Ezt több megoldó is jelezte.*

b) A szacharóz tökéletes égésének egyenlete ( $M_{\text{szacharóz}} = 342 \text{ g/mol}$ ):



$$\begin{aligned} \Delta_r H &= 12 \cdot (-393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) + 11 \cdot (-285,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) - \\ &- (-2226 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) - 0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = -5640 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

100 g szacharóz elégetése  $100 \text{ g} / (342 \text{ g/mol}) \cdot 5640 \text{ kJ/mol} = 1649 \text{ kJ} = 394 \text{ kcal}$  hő felszabadulásával jár, ezért jó közelítéssel helyes a megadott 400 kcal-ás táblázatos érték.

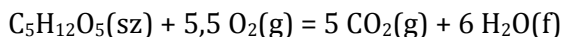
c) A kémiai szóhasználat alapján a feladat szövege úgy értelmezhető, hogy 19 cal-nak megfelelő mennyiségű cukrot (szacharózt) tartalmaz egy kanál. Ez  $(19 \cdot 10^{-3} \text{ kcal} / 398 \text{ kcal}) \cdot 100 \text{ g} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 4,8 \text{ mg}$  tömegű cukornak felel meg a korábbiak alapján, ami kb. egy körömnnyi mennyiség lehet. A gyártó feltehetően nem ilyen méretű kanálra gondolt, hanem a hétköznapi szóhasználatnak megfelelően a „19 kalória” alatt 19 kcal-t értett. Így eszerint 4,8 g cukor jelent egy kanálnyi, ami már egy reális mennyiség.



A táplálkozástudományban a Clément-féle definíció terjedt el, és zavaróan a mai napig használják a kalória és kilokalória elnevezést ugyanarra az egységre.

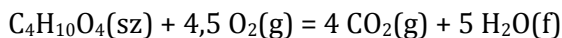
d) A szacharózhoz hasonlóan számolható a tökéletes égések reakcióhője és 100 g anyag égéshője a xilitre és az eritritre:

Xilit:



$$\Delta_r H = -2564 \text{ kJ/mol} = -613 \text{ kcal/mol}$$

Eritrit:



$$\Delta_r H = -2113 \text{ kJ/mol} = -505 \text{ kcal/mol}$$

	móltömeg (g/mol)	égéshő (kcal/100g)	tápérték (kcal/100g)
xilit	152	403	240
eritrit	122	414	20

Jancsi és Vendel itt azt vehette észre, hogy az édesítőszeres elégetésével még éppen, hogy több energia nyerhető a szacharózhoz képest, tápértékük azonban jóval kisebb ennél.

*Néhány szemfüles megoldó mindkét eltérést észrevette, a legtöbbben csak az utóbbit jegyezték meg.*

e) Az alacsonyabb tápérték abból adódhat, hogy az emberi szervezet csak részben hasznosítja ezeket a cukoralkoholokat a szacharózzal szemben. Az elfogyasztott xilit mennyiségének mindössze egy része szívódik fel a tápcsatornában, az eritrit pedig szinte teljes mértékben kiválasztódik a vesékben.

*A beküldött megoldások 40 %-a hibátlan, a pontszámok átlaga 8,28. Az égések egyenletében számos helyen elmaradt az anyagok halmazállapotának feltüntetése, ami fontos része a termokémiai egyenleteknek. Ehhez kapcsolódik, hogy páran tévesen a vízgőz képződéshőjével számoltak.*

(Babinszki Bence)

**K199.** a) Az 1 NK° keménységű víz 10,0 mg CaO-dal egyenértékű oldott kalcium- és magnéziumionot tartalmaz literenként. A 10,0 mg CaO anyagmennyisége [ $M(\text{CaO}) = 56,1 \text{ g/mol}$ ] 0,178 mmol, ez alapján Jancsiék 21 NK° keménységű csapvizének összesített kalcium- és magnéziumion-koncentrációja 3,74 mmol/dm<sup>3</sup>.

b) Jancsiéknál az a) részben kiszámolt koncentráció 20,5/21-ed részének megfelelő anyagmennyiségű só háromszorosa, azaz 10,96 mmol rakódik le a vízfóralóban naponta. A lerakódó só MgCO<sub>3</sub>, illetve CaCO<sub>3</sub> lehet. [ $M(\text{MgCO}_3) = 84,3 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g/mol}$ ]. Ez alapján a kirakódó só tömege legalább 0,924 g, ha tisztán MgCO<sub>3</sub>, és legfeljebb 1,10 g, ha tisztán CaCO<sub>3</sub>.

c) Egy hét alatt a 10,96 mmol só hétszerese, azaz 76,7 mmol só rakódik le vízkőként. 1 mol só (akár kalcium-, akár magnézium-karbonát) feloldásához 2 mol savra van szükség, az 50%-os felesleg miatt azonban 1 mol só esetén 3 mol ecetsavval kell számolnunk, tehát a lerakódott só anyagmennyiségének háromszorosa, azaz 230 mmol ecetsav szükséges. Ennek tömege [ $M(\text{ecetsav}) = 60,1 \text{ g/mol}$ ] 13,8 g, ez 138 g 10,0 tömegszázalékos oldatot jelent.

d) Ahhoz, hogy a víz keménységét 5 NK° alá csökkentsék, legalább 16 NK°-nak megfelelő sót kell megkötni. (Az oldat térfogatváltozását a csapadékképződés során elhanyagolhatjuk). Ez 1 liter víz esetén az a) feladatrész alapján a 0,178 mmol só 16-szorosa, azaz 2,85 mmol. Ilyen mennyiségű kalcium-, illetve magnéziumionhoz a 2,85 mmol 2/3-a, azaz 1,90 mmol foszfátion szükséges. Tehát 1 liter vízhez legalább 1,90 mmol, azaz 312 mg trisót kell adagolni.

*A pontszámok átlaga 7,70 pont. Hibátlan megoldást 9 tanuló küldött be. A leggyakoribb hiba a b) feladatrészben annak figyelmen kívül hagyása volt, hogy keletkezhet MgCO<sub>3</sub> csapadék is, illetve a c) feladatrészben sokan 50%-os felesleg helyett 100%-os felesleggel számoltak.*

(Vörös Tamás)

**K200.** a) Először is számítsuk ki, hogy a különböző vegyületekben milyen az arzén és a réz tömegaránya!

képlet	moláris tömeg (g/mol)	$w_{\text{Cu}}$	sorrend	$w_{\text{As}}$	sorrend
$\text{CuAs}_2\text{O}_4$	277,39	0,2291	3.	0,5402	1.
$\text{CuHAsO}_3$	187,48	0,3390	2.	0,3996	4.
$\text{Cu}(\text{AsO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	363,45	0,1749	4.	0,4123	3.
$\text{CuAsO}_2$	170,47	0,3728	1.	0,4395	2.

Tekintsünk 100 g tömegű mintát. Ebben 28 g réztartalmat mértek. Ezek alapján - feltételezve, hogy a minta a fent említett vegyületekből állhatott - megállapíthatjuk, hogy legalább, illetve legfeljebb mennyi arzént tartalmazhatott a minta.

Tételezzük fel, hogy a keverék a fenti négy anyag közül csak kettőt tartalmazott. (Ilyen esetből összesen 6 db van.) Ebben az esetben kell, hogy legyen egy olyan alkotó, mely kevesebb, mint 28 tömegszázalék rézet tartalmaz, illetve egy olyan, mely több mint 28 tömegszázalék rézet tartalmaz. (Ezzel a lehetséges keverékek számát 4-re csökkentettük.)

A maximális As-tartalom keresésekor azokat a vegyületeket tekintjük, melyek As-tartalma magas, tehát  $\text{CuAs}_2\text{O}_4$  és  $\text{CuAsO}_2$ . Ezek a réztartalom szerinti feltételnek is megfelelnek.

Tekintsük  $x$  g  $\text{CuAs}_2\text{O}_4$  és  $(100-x)$  g  $\text{CuAsO}_2$  keverékét! A Cu 28 tömegszázalékos arányára felírható:

$$0,2291x + 0,3728 \cdot (100-x) = 28$$

Ebből  $x = 64,58$  g. Az As-tartalom  $x$  ismeretében könnyen kiszámítható:

$$0,5402 \cdot 64,58 \text{ g} + 0,4395 \cdot 35,42 \text{ g} = 50,45 \text{ g As} / 100 \text{ g minta}$$

Könnyen belátható, hogy akármelyik komponens további hozzákeverése ehhez az összetételhez csak csökkentené az As tömegszázalékos arányát a keverékben.

A minimális As-tartalom kiszámításakor azokat a vegyületeket tekintjük, melyek As-tartalma alacsony:  $\text{CuHAsO}_3$  és a  $\text{Cu}(\text{AsO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Ezek szintén megfelelnek a réztartalom szerinti feltételnek. ( $\text{CuHAsO}_3$ -ban

nagyobb a Cu-tartalom, míg  $\text{Cu}(\text{AsO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ -ban kisebb a Cu-tartalom, mint 28 tömegszázalék.

Tekintsük  $y$  g  $\text{CuHAsO}_3$  és  $(100-y)$ g  $\text{Cu}(\text{AsO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  keverékét!

A Cu mennyiségére az előbbihez hasonló egyenlet írható fel:

$$0,3390y + 0,1749 \cdot (100-y) = 28$$

Ebből  $y = 64,05$  g. Az As-tartalom  $y$  ismeretében könnyen kiszámítható:

$$0,3996 \cdot 64,05 \text{ g} + 0,4123 \cdot 35,95 \text{ g} = 40,42 \text{ g As/100 g minta}$$

A minta As-tartalma tehát 40,42  $m/m\%$  és 50,45  $m/m\%$  között változhat.

b) A szoba térfogatának kiszámítására nincs szükség, hiszen a ppmv összetételnél nem használjuk ki a teljes térfogatot. Az 5 ppmv szemléletesen azt jelenti, hogy 1 millió  $\text{cm}^3$  levegő átlagosan 5  $\text{cm}^3$  metil-arzint tartalmaz.

Az ember légzési térfogata (nyugalomban belélegzett levegő térfogata)  $0,5 \text{ dm}^3 = 0,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

A fenti két adat alapján kiszámíthatjuk az egy lélegzetvétellel beszívott metil-arzin térfogatát:

$$V_{\text{metil-arzin}} = 0,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 2,5 \text{ mm}^3$$

Szokásos körülményeket feltételezve ( $p = 101325 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$ ;  $T = 298,15 \text{ K}$ ) a bekerülő metil-arzin anyagmennyisége és tömege:

$$n_{\text{metil-arzin}} = \frac{101.325 \text{ Pa} \cdot 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 1,01 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

$$m_{\text{metil-arzin}} = 9,28 \text{ } \mu\text{g}$$

Egy lélegzetvétellel kb. 9  $\mu\text{g}$  metil-arzin kerül a szervezetbe.

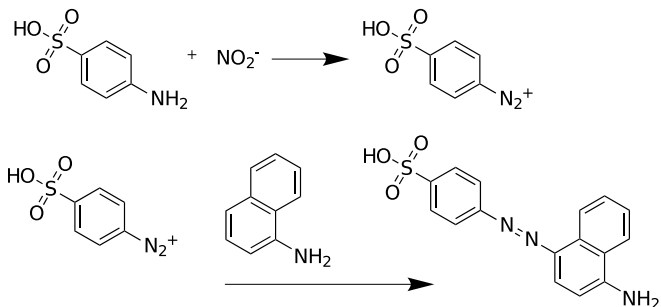
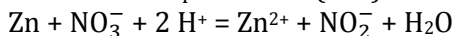
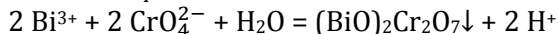
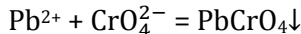
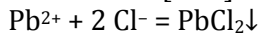
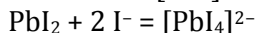
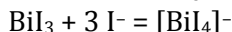
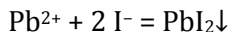
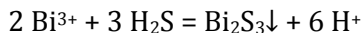
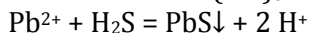
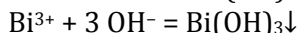
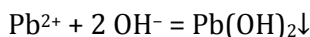
*A feladat pontátlagáa 7 pont volt. A leggyakoribb hiba az volt, hogy a megoldók nem vették figyelembe az a) részben, hogy a keverék réztartalma 28 tömegszázalék. Ezen kívül elsősorban a számolási hibák voltak jellemzőek.*

*A feladatot sokan nagyon szépen és találékonyan oldották meg. Kiemelkedő megoldást küldött be Baglyas Márton, Olexó Tünde, Szanthoffer András, Tihanyi Áron és Vörös Zoltán János.*

(Pós Eszter Sarolta)

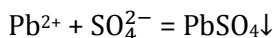
**H196.** a) A kén-hidrogénes víz hatására leváló fekete csapadék az I. kationosztály valamelyik fémionjára utal. A KI-felesleg hatására kialakuló narancssárga oldat alapján feltételezhető, hogy a mintában van  $\text{Bi}^{3+}$ -ion. Mind a két lépésben elvégzett titrálás a mennyiségi analízis során, mind pedig az, hogy az eredeti minta sósav oldattal fehér csapadékot ad (mely a  $\text{Bi}^{3+}$ -ionra nem igaz) utal arra, hogy van egy másik fémion is az oldatban. A felsorolt kísérletek eredményeiből arra lehet következtetni, hogy ez a fémion az  $\text{Pb}^{2+}$ . Az, hogy a minta  $\text{AgNO}_3$ -oldattal nem ad csapadékot, míg a Griess-Ilosvay-reagenssel önmagában nem, de Zn-por és ecetsav jelenlétében ad színreakciót, nitrátion jelenlétére utal. (A szulfátion az  $\text{Pb}^{2+}$ -ionokkal való csapadékképződési reakciója miatt kizárható.) Ez alapján a mintában tehát ólom-nitrát [ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ] és bizmut-nitrát [ $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ ] volt.

b) A lejátszódó folyamatok egyenletei:



c) A kén-hidrogénes víz által leválasztott csapadék nem oldódna poliszulfidos ammónium-szulfid oldatban.

d) 20%-os kénsav hatására a vizsgálandó mintából fehér csapadék válna ki:



e) A titrálás során első lépésben  $\text{pH} = 1-2$  értéken a  $\text{Bi}^{3+}$ -ionok mennyiségét mérjük. A fogyások átlaga  $6,52 \text{ cm}^3$ .

Figyelembe véve, hogy a kiindulási mintát 12,5-szörösére hígítottuk és a hígított minta  $20,0 \text{ cm}^3$ -ét vizsgáltuk, a minta  $\text{Bi}^{3+}$ -ion [és  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ ] koncentrációja:

$$[\text{Bi}^{3+}] = \frac{6,52 \text{ cm}^3 \cdot 0,05 \text{ M} \cdot 1,003 \cdot 12,5}{20 \text{ cm}^3} = 0,204 \text{ mol/dm}^3$$

A titrálás második lépésben  $\text{pH} = 5-6$  értéken a  $\text{Pb}^{2+}$ -ionok mennyiségét mérjük. A fogyások átlaga  $8,11 \text{ cm}^3$ .

Figyelembe véve, hogy a kiindulási mintát 12,5-szörösére hígítottuk és a hígított minta  $20,0 \text{ cm}^3$ -ét vizsgáltuk, a minta  $\text{Pb}^{2+}$ -ion [és  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ] koncentrációja:

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{8,11 \text{ cm}^3 \cdot 0,05 \text{ M} \cdot 1,003 \cdot 12,5}{20 \text{ cm}^3} = 0,254 \text{ mol/dm}^3$$

f) Ahhoz, hogy a titrálás szelektív és kvalitatív legyen, fontos a megfelelő  $\text{pH}$  beállítása. Mivel a  $+3 - +4$ -es töltésű fémionok képezik a legstabilabb komplexet EDTE-vel, ezek már  $1-2$ -es  $\text{pH}$ -jú oldatban is titrálhatók, míg a kisebb stabilitású komplexeket képző  $+2$  töltésű fémionok (pl.:  $\text{Pb}^{2+}$ ) esetén a titrálást magasabb ( $5-6$  körüli)  $\text{pH}$ -értéken kell végezni.

g) Mindkét lépés során ibolyából citromsárga színbe történő változást várhatunk.

*A pontszámok átlaga 8,54 pont. Hibátlan, szép megoldást küldött be Angyal Péter, Csenki János Tivadar és Vörös Zoltán János. Néhány beküldött megoldás esetén hiányzott az indoklás az a) és f) feladatrésznél.*

(Vörös Tamás)

**H197.** a) Célszerű kiindulni abból a feltételezésből, hogy az I. reakcióban egy elem kloridja keletkezik (nagy eséllyel fém-klorid), ezt tekintjük a **B** anyagnak. A legegyszerűbb esetben  $MCl_x$  összegképpel jellemezhető a vegyület, ahol  $M$  az ismeretlen elemet,  $x$  pedig az oxidációs számát jelenti (pl. egyértelműen ez az eset áll fenn, ha fém-kloridról van szó).

Ha ebből a kloridból a megadott adatokkal jellemzett oldatot visszük a II. reakcióba, akkor az  $n = c \cdot V$  összefüggés alapján:

$$n(MCl_x) = 0,5 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,025 \text{ mol.}$$

Természetesen ez az ismeretlen elem anyagmennyiségét is jelenti. A kálium-perjodát egy erélyes oxidálószer, így élhetünk azzal a feltételezéssel, hogy a **C** anyag egy tiszta oxid. Ha így van, akkor benne az ismeretlen elem tömege:  $4,127 \text{ g} \cdot (1 - 0,3877) = 2,527 \text{ g}$ . Az elem moláris tömege:

$$M = m / n = 2,527 \text{ g} / 0,025 \text{ mol} = 101,08 \text{ g/mol,}$$

amely érték egyértelműen a ruténiumé.

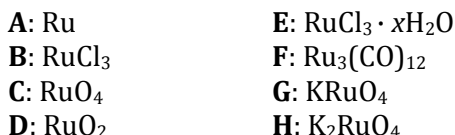
Visszahelyettesítve az eddigi gondolatmenetbe, a **B** anyag a ruténium(III)-klorid, **C** pedig a ruténium(VIII)-oxid (ugyanis  $m(O) = 4,127 \text{ g} - 2,527 \text{ g} = 1,6 \text{ g}$ , ez pedig  $0,1 \text{ mol}$  oxigént jelent). A többi vegyület jó részt irodalmazással található meg:

- levegőn elégetve a ruténium ruténium(IV)-oxidot képez (**D**),
- a ruténium(VIII)-oxidot sósavban oldva, majd azt többször HCl-párologtatással tisztítva kristályvizes ruténium(III)-kloridot kapunk (**E**),
- melyet szén-monoxiddal, magas nyomás és fémcink jelenlétében reagáltatva egy karbonilvegyület képződik, a triruténium-dodekakarbonil (**F**), melynek moláris tömege valóban  $639,33 \text{ g/mol}$ .

*Sajnos a **G** vegyülethez mutató nyíl a szerkesztés során elcsúszott, valójában nem **E**-ből, hanem **C**-ből kellett volna kiindulnia. Erről a versenyzőket e-mailben tájékoztattuk, és e szerint az információ szerint javíthaták megoldásukat.*

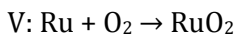
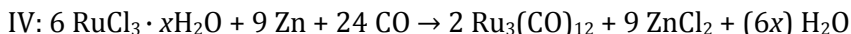
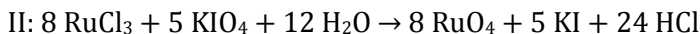
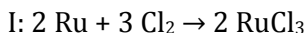
A ruténium(VIII)-oxidot hideg kálium-hidroxid-oldattal reagáltatva kálium-perrutenát (**G**) képződik, majd állás közben kálium-rutenáttá alakul (**H**).

Összegezve tehát:



Az **E** vegyület összetétele valójában még ennyire sem határozott, mert nemcsak a kristályvíz mennyisége, de az ionok összetétele, aránya is változó lehet (különböző oxohalogenidek is szóba jöhetnek például). Többen konkrét mennyiségű kristályvízzel tüntették fel a vegyületet, például a leggyakoribb  $x = 3$  esetet alapul véve, de akadt, aki monohidrátként írta fel – minden ilyen megoldást elfogadtam.

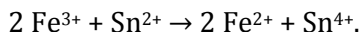
b) A kért reakcióegyenletek:



*A feladatra küldött megoldások kb. 40%-a volt hibátlan, a pontátlag: 7,6. Többnyire figyelmetlenségekből adódó hibák fordultak elő, illetve többen is számítás nélkül oldották meg a feladatot, ami semmiképp sem lehet teljes értékű, mert legalább ellenőrzésképpen, a megoldás alátámasztásaként foglalkozni kellett volna a megadott adatokkal is, nem csak a reakciósémával.*

(Varga Bence)

**H198.** a) A kiindulási 10 cm<sup>3</sup> oldatban van 0,2 mmol Fe<sup>3+</sup> és 0,3 mmol SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Az ón hozzáadásakor végbemenő reakció egyenlete:



A titrálás során az oldathoz hozzáadott Sn<sup>2+</sup> teljesen elreagál a Fe<sup>3+</sup> ionok egy részével, Fe<sup>2+</sup>-vá alakítva azokat, míg ő Sn<sup>4+</sup>-vá alakul. Túltitrálás esetén már csak Sn<sup>2+</sup> ionokat adunk a rendszerhez.



A teljes titráláshoz tehát 0,1 mmol  $\text{Sn}^{2+}$  oldat szükséges, melynek térfogata  $10 \text{ cm}^3$ . Az egyes résztitrálásokra vonatkozó koncentrációkat az alábbi táblázatban foglalhatjuk össze (a koncentrációk mmol/dm<sup>3</sup>-ben vannak megadva):

%	V/cm <sup>3</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Sn <sup>4+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
0	10	20,00	-	-	-	30,00
50	15	6,667	6,667	-	3,333	20,00
90	19	1,052	9,474	-	4,737	15,79
99	19.9	0,1005	9,950	-	4,975	15,08
100	20	-	10,00	-	5,000	15,00
110	21	-	9,524	0,4762	4,762	14,29

b) 0 %-os titráltságnál elvileg nincs  $\text{Fe}^{3+}$  az oldatban. A Nernst-egyenlet használatához ilyenkor  $10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ -at szokás használni. A rendszer potenciálja:

$$E = 0,77 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg (0,02/10^{-6}) = 1,024 \text{ V}$$

50 % hozzáadásakor a két ion koncentrációja egyenlő:

$$E = 0,77 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg (1) = 0,77 \text{ V}$$

90 %:

$$E = 0,77 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg (1/9) = 0,714 \text{ V}$$

99 %:

$$E = 0,77 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg (1/99) = 0,652 \text{ V}$$

100 %-os titráltság esetén az alábbi képletet használhatjuk a redoxipotenciál kiszámításához:

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2) / (z_1 + z_2)$$

tehát:

$$E = (0,77 \text{ V} + 2 \cdot 0,15 \text{ V}) / 3 = 0,357 \text{ V}$$

110 %-os titráltság esetén az ónionok koncentrációit használjuk a Nernst-egyenletben:

$$E = 0,15 \text{ V} + 0,059 \text{ V} / 2 \cdot \lg (10/1) = 0,180 \text{ V}$$

A beérkezett megoldások pontátlaga 5,6 pont. Közel hibátlan megoldást küldött be Vörös Zoltán János, Repkényi Dorottya és Kovács Dávid Péter.

A b) feladatrészben a  $Fe_2(SO_4)_3$ -oldat redoxipotenciálja 0%-os titráltságnál a többi esethez hasonlóan számolandó. Ekkor a jelenlévő szennyeződések miatt a  $Fe^{3+}$  ionok egy nagyon kis része  $Fe^{2+}$  ionokká redukálódhat. Ilyenkor a  $[Fe^{2+}]$  helyére  $10^{-6}$  mol/dm<sup>3</sup>-t szokás beírni. Egyet behelyettesíteni, mintha a  $Fe^{3+}$  szilárd anyaggal tartana egyensúlyt, semmiképpen nem helyes, mint ahogy az sem, ha egyszerűen 0-nak, vagy nem értelmezhetőnek tekintjük a redoxipotenciált.

A feladat megoldása során ezen túl a legtöbb problémát a 100 %-os titráltságra vonatkozó képlet használata okozta. Sokan elfelejtették továbbá a válaszadásnál, hogy szulfátionok is vannak az oldatokban.

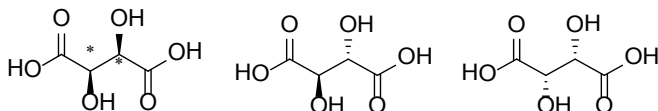
(Sarka János)

**H199.** a) Az sztereoisomerek számai az egyes szerkezetekre - I: 1, II: 3, III: 4, IV: 4, V: 1, VI: 1, VII: 4, VIII: 4

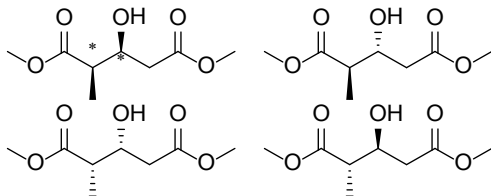
b-c)

I: Akirális az OH-csoporthoz kapcsolódó C-atom, csak egy sztereoisomer írható fel.

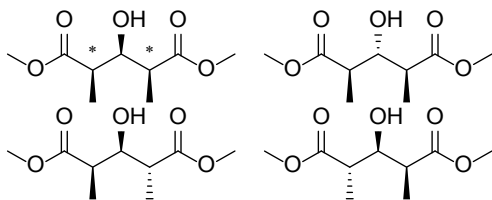
II:



III:



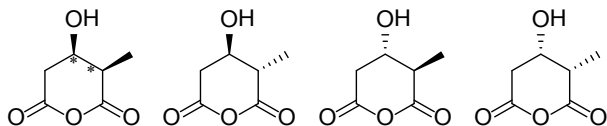
IV: Az OH-csoporthoz kapcsolódó C-atom pszeudoaszimmetria-centrum.



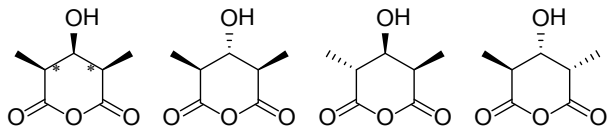
V: Csak egy sztereoizomer írható fel.

VI: Csak egy sztereoizomer írható fel.

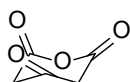
VII:



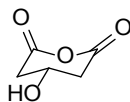
VIII: Az OH-hoz kapcsolódó C-atom itt is pszeudoaszimmetria-centrum.



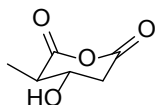
d) V:



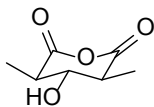
VI:



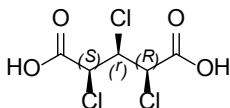
VII:



VIII:

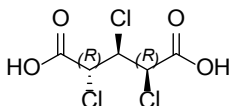


e) IX:

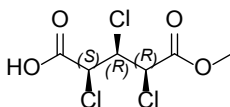


A pszeudo-aszimmetriacentrum konfigurációját kisbetű jelöli.

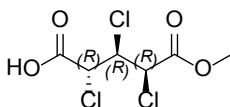
X:



XI:



XII:



f) A vegyületek érdekessége, hogy némelyekben pszeudo-aszimmetriacentrum figyelhető meg. A pszeudokirális szénhez kapcsolódó két ligandum konstitúciójában megegyezik, ám mindkettő királis, és attól függően lesz vagy nem lesz aszimmetriacentrum az adott szénatom, hogy milyen a ligandumok konfigurációja. Ha a két ligandum tükörképe egymásnak, a molekula akirális. Ilyenkor a molekulát a pszeudo-aszimmetriacentrumon átmenő tükörsíkra tükrözve az eredetivel azonos molekulát kapunk, ám két ligandum felcserélésével egy másik akirális molekulához, az eredeti molekula diasztereomerjéhez jutunk.

(Najbauer Eszter)

**H200.** A feladat megoldását logikusan a 2. kérdés hőmérsékletre vonatkozó részével kell kezdeni. A leírt körülmények között mindkét esetben az úrhajó belsejéből az ürbe, vagyis vákuumba szökik ki a levegő (a jelenség a tudományos szakirodalomban gyakran effúzió, termodinamikai tankönyvekben pedig 'gázkiterjedés nulla külső nyomással szemben' néven szerepel). Ilyen körülmények között a hőmérséklet nem változik, vagyis a folyamat egyszerre adiabatikus (hőcsere nélküli) és izoterm (állandó hőmérsékletű). Egy kicsit mélyebb magyarázatot keresve: a kinetikus gázelmélet szerint egy gázminta hőmérsékletét a molekulák átlagos mozgási sebességéből egyértelműen meg lehet adni. Ha a gáz az ürbe szökik, akkor minden egyes molekula, amelyik eltalálja az ürbe nyíló lyukat, kiszökik függetlenül a mozgási sebességétől. Így a kiszökő molekulák átlagsebessége éppen megegyezik majd a benn maradó molekulák átlagsebességével, vagyis összességében a benn maradó gáz hőmérséklete nem változik.

Ezután az 1. kérdésre illetve a 2. kérdés második felére azonos gondolatmenet alapján lehet válaszolni. A különbség csupán az, hogy az 1. kérdésben az ismert nyomáscsökkenéshez tartozó időt kell meghatározni, míg a 2. kérdésben az ismert idő alatt bekövetkező nyomáscsökkenést. A gondolatmenet kiindulópontja az a képlet, amelyet a Googleplex szuperszámítógép kiírt:

$$Z_w = \frac{p}{\sqrt{2\pi mkT}}$$

A képletet a kinetikus gázelmélet segítségével lehet levezetni. Ebben a képletben  $Z_w$  az egységnyi idő alatt egységnyi falfelületnek ütköző molekulák száma (ezt effúziós sebességnek is nevezik),  $p$  a gáz nyomása,  $m$  az egyedi gázmolekulák tömege,  $k$  a Boltzmann-állandó,  $T$  pedig a hőmérséklet. A kiindulási körülmények között a képlettel ki lehet számolni egy effúziós sebességet, a probléma csak az, hogy a folyamat során csökken a nyomás, így az effúziós sebesség is. Az úrhajó belsejében a gáz anyagmennyiségének változási sebessége ( $dn/dt$ ) a következőképp adható meg az Avogadro-állandó ( $N_A$ ) segítségével:

$$\frac{dn}{dt} = A \frac{Z_w}{N_A} = \frac{Ap}{N_A \sqrt{2\pi mkT}}$$

A levegőt az adott körülmények között ideális gáznak tekinthetjük. A hőmérséklet és a térfogat állandó, így az ideális gáz állapotegyenlete szerint a nyomásváltozás egyenesen arányos az anyagmennyiség megváltozásával:

$$dp = \frac{RT}{V} dn$$

Ezt összevetve az anyagmennyiség változási sebességére vonatkozó korábbi egyenlettel, a következő kifejezéshez jutunk:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{RT}{V} \frac{dn}{dt} = \frac{RTA}{VN_A\sqrt{2\pi mkT}} p$$

Tehát a nyomásváltozás sebessége egyenesen arányos magával a nyomással. Erre célzott a Googleplex szuperszámítógép akkor, amikor válaszában elsőrendű folyamatokra utalt. Egy ilyen probléma megoldása mindig csökkenő exponenciális függvény, ebben az esetben:

$$p = p_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{RTA}{VN_A\sqrt{2\pi mkT}}$$

A  $\lambda$  állandó értékét mindkét kérdésben ki lehet számolni. Kicsit egyszerűsíthető a számolás úgy, hogy a  $\lambda$ -ra vonatkozó kifejezés nevezőjében az Avogadro-állandót bevisszük a gyökjel alá, így egy molekula tömegének helyére a moláris tömeg, a Boltzmann-állandó helyére pedig a gázállandó lép. A levegő átlagos moláris tömege 29 g/mol. Az 1. kérdésben a felület 1,1 m  $\times$  1,2 m, a térfogat pedig 435 m<sup>3</sup>, így  $\lambda$  értéke 0,351 s<sup>-1</sup>. A 2. kérdésben a felület 3,1 m  $\times$  4,3 m, a térfogat 830 000 m<sup>3</sup>, így  $\lambda$  értéke 0,00186 s<sup>-1</sup>. Az 1. kérdésben az idő így:

$$t = \frac{1}{0,351 \text{ s}^{-1}} \ln 100 = 13,1 \text{ s}$$

A 2. kérdésben a nyomás:

$$p = 93.000 \text{ Pa } e^{-0,00186 \text{ s}^{-1} \cdot 68 \text{ s}} = 82.000 \text{ Pa}$$

A harmadik kérdés arra vonatkozott, hogy a Sulacóban a zsilipnyitás után a légáramlás sebessége nagyjából milyen szélsősebességnek felel meg a földfelszínen. Vegyük észre, hogy ehhez a molekulák egyedi mozgási sebességének nincsen sok köze, mert a Földön szélcsendes

időben is kb. 500 m/s sebességgel mozognak a levegőben lévő molekulák. A zsilipnyitás után egy a zsilipben elképzelt,  $A$  nagyságú felületre  $p_{\text{üh}}A$  nagyságú erő hat egy irányból ( $p_{\text{üh}}$  a nyomás az úrhajó belsejében). A földfelszínen szeles időben ugyanekkora erőt okozó  $v$  szélességet becsüljük meg Newton II. törvénye alapján, amely szerint az erő az időegységre jutó impulzusváltozás. Szél esetén  $\Delta t$  idő alatt  $A$  felületnek összesen  $Av\Delta t$  térfogatú, vagyis  $Av\Delta t\rho$  tömegű levegő ütközik ( $\rho$  a levegő sűrűsége a földfelszínen). Ugyanennyi idő alatt a sebesség  $v$ -ről nullára csökken, tehát az impulzus megváltozása  $Av^2\Delta t\rho$ , az ehhez tartozó erő pedig  $Av^2\rho$ . Ennek kell  $p_{\text{üh}}A$ -val egyenlőnek lennie, amiből a szélességre az ideális gáz állapotegyenletét is felhasználva a következő összefüggés vezethető le:

$$v = \sqrt{\frac{p_{\text{üh}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{p_{\text{üh}}T_f R}{Mp_f}}$$

A képletben  $p_f$  a földi légnyomás,  $T_f$  pedig a földi hőmérséklet. Ezek közül  $p_f$  szokásos értéke 101.325 Pa,  $T_f$ -re viszont nem ad közvetlen útmutatást a feladat, ezért vegyük az úrhajóban lévő levegő hőmérsékletével azonosnak (21 °C). Ezekkel az adatokkal számolva  $v$ -re 278 m/s, vagyis majdnem pontosan 1000 km/h adódik.

A megoldás végén néhány megjegyzés kívánczik a versenyzők által beküldött gondolatokhoz, illetve tipikus hibákhoz is:

1. Az úrhajók tömegét megadta ugyan a feladat, de ezekre sehol nem volt szükség a számolásnál.
2. A moláris tömeg szokásosan használt mértékegysége ugyan g/mol, de szigorúan véve az SI-mértékegység kg/mol, a megoldásban leírt képletekben ezt kell használni. Aki nem végzett (legalább fejben) megfelelő dimenzióanalízist, az helyes képleteket használva is hibás számértékre jutott végeredményben.
3. Többen azzal indokolták a hőmérséklet változatlanságát, hogy az úrhajó tömege sokkal nagyobb a benne lévő levegőénél, s így az úrhajó anyagában tárolt hő gondoskodik az izoterm körülményekről. A megoldás korábbi részéből kiderül, hogy nem erről van szó. Ez a magyarázat azért is kétséges, mert ez irreálisan gyors hőcserét feltételez a szilárd és a gázfázis között.

4. Egy megoldó – helyesen – rámutatott arra, hogy a levegő keverék, ezért az egyes komponensek különböző sebességgel szöknek, vagyis a folyamat során változik a gázfázis összetétele. Ha ezt figyelembe vesszük, s a levegőt 78:21:1 arányú nitrogén-oxigén-argon elegynek fogadjuk el, akkor a nyomásváltozást Dalton parciális nyomásokra vonatkozó törvényét is figyelembe véve a következőképpen kellene leírni:

$$p = p_0(0,78e^{-\lambda(\text{N}_2)t} + 0,21e^{-\lambda(\text{O}_2)t} + 0,01e^{-\lambda(\text{Ar})t})$$

A képletben a  $\lambda$  értékek a három különböző gázra a moláris tömegek eltérésének megfelelően különbözőek lennének. Ez a képlet csekély mértékben eltérő eredményeket ad a bemutatott megoldástól, de még az ilyen szempontból legrosszabb esetben, vagyis az 1. kérdésnél is az első három értékes jegyben nem okoz változást. Látványosabb a különbség akkor, ha a gáz összetételének változását figyeljük, mert az első kérdés körülményei között 930 Pa teljes nyomásnál a gázfázisnak már nem 1, hanem majdnem pontosan 2 %-a argon. Ez viszont nem volt kérdés.

Egyébként nem túl valószínű, hogy a jövő űrhajótervezői a levegő argontartalmának fenntartását fontos kérdésnek gondolnák, az eddig épített űrhajók légterében gyakran még nitrogén is jóval kevesebb van, mint a Föld légkörében. Az emberi kényelemérzet szempontjából a megfelelő páratartalomról, vagyis a vízgőzről való gondoskodás sokkal fontosabb feladat. 21 °C-on és 93000 Pa nyomáson a kellemes, 50 %-os relatív páratartalom fenntartásához a gázelegy mintegy 1,3 %-nak vízgőznek kellene lennie.

5. Többen az adiabatikus reverzibilis folyamatokra vonatkozó képlettel próbáltak meg számolni ( $pV^\gamma =$  állandó, ahol  $\gamma$  a gáz állandó nyomáson és állandó hőmérsékleten mért mólhőjének hányadosa). Egy ilyen folyamatban a külső nyomás folyamatosan változik, s mindig egyenlő a gázelegy teljes nyomásával (ettől reverzibilis). A  $pV^\gamma =$  állandó képlet használata ezekben a hibás megoldásokban nagyon bonyolulttá tette a levezetéseket, így az ebbe a zsákutcába betévedő megoldók sajnos sokat számoltak anélkül, hogy közelebb kerültek volna a végeredményhez. Adiabatikus reverzibilis körülmények között a nem nulla külső nyomás miatt a kiterjedéskor munkát kell végezni, s ezért a gáz hőmérséklete csökken. A feladat ugyanakkor vákuumba kiterjedésről szólt,



ahol a térfogat-növekedés nem jár munkavégzéssel, vagyis a hőmérséklet sem változik.

6. A 2. kérdés nyomáscsökkenésre vonatkozó részét egy egyszerűsített gondolatmenettel is meg lehetett oldani. Ha valaki kiszámolta a  $Z_w$  értékét, s ezt megszorozta az eltelt idővel, akkor az anyagmennyiségcsökkenés elég jó becslését kapta, mert a folyamat közben a nyomás a részletes számolás szerint is csak 12 %-ot csökkent, vagyis az ez által okozott sebességcsökkenést akár el is lehetett hanyagolni.

7. A 3. kérdés megválaszolásánál sokan hivatkoztak a Bunsen-féle kiömlési törvényre. Ez az összefüggés a feladatíró számára korábban ismeretlen volt, az Eötvös Loránd Tudományegyetem egyik hallgatói gyakorlatának leírásában megtalálható az interneten (<http://metal.elte.hu/~phexp/doc/fgm/e23s2.htm>). Az itt található leírás szerint  $\Delta p$  túlnyomású tartályból egy kicsiny nyíláson keresztül  $\rho$  sűrűségű gáz  $v$  kiáramlási sebessége:

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Ezt vákuumba való kiáramlásra alkalmazva és az ideális gáz állapotegyenletét is felhasználva a következőképpen alakítható át:

$$v = \sqrt{\frac{2p_{\text{üh}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{2p}{pM/RT}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

Az így kapott képletben az úrhajóban lévő nyomás nem is szerepel, az eredmény egyértelműen az egyedi molekulák mozgási sebességével van kapcsolatban, nem a szélsősebességgel. Egy gázmintában rengeteg molekula van, s mindegyik kicsit más sebességgel mozog, ezért a molekulák sebességének leírására átlagokat használnak. Ahogy a matematikában van számtani, négyzetes, mértani és harmonikus közép, a kinetikus gázelméletben is több különböző átlagértékkel kell foglalkozni. A Bunsen-féle kiömlési törvényből levezethető sebesség éppen a gázmolekulák legvalószínűbb sebességével azonos. Ezen kívül létezik még átlagsebesség ( $v_{\text{átl}}$ ) és négyzetes átlagsebesség ( $c$ ):

$$v_{\text{átl}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

8. Habár a molekulák mozgásának átlagsebessége nincs közvetlen kapcsolatban a szélességgel, egy megoldó tanulságos és alapjában véve helyes gondolatmenetet vitt végig a 3. kérdés megválaszolására ilyen alapról indulva. Az alapötlet az volt, hogy valójában nem a molekulák mozgásának teljes átlagsebességére van szükség, hanem ennek egy adott irányú komponensére, hiszen az úrhajóból való kiszökésnél csak a zsilipre merőleges irányú sebesség számít. Pitagorasz tételét felhasználva megmutatható, hogy egy adott irányban mérve (nevezzük ezt az irányt  $x$ -nek) a molekulák sebességének négyzetes átlaga:

$$c_x = \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

Ezt a  $c_x$  értéket kell korrigálni azzal, hogy a Föld felszínén nagyobb a nyomás, mint az úrhajóban. A megoldó ezt a korrekciót úgy végezte el, hogy szorozta a két nyomás hányadosával:

$$v = \frac{p_{\text{ü}}}{p_f} c_x = \frac{p_{\text{ü}}}{p_f} \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

Ez a képlet már nagyon közel van a  $v$ -re a feladatszerző által levezetethez, a különbség az, hogy a korábban  $p_{\text{ü}}/p_f$  tag is a négyzetgyök alatt szerepel. Számértékben így a megoldó nagyon hasonló értékre jutott az itt megadott 1000 km/h-hoz. A szélesség nem különösebben jól definiált fogalom a földfelszínen sem, ezért ez a megoldás erre a részfeladatra maximális pontot kapott.

*A feladatra érkezett megoldások közül egyik sem volt kifogástalan. Apróbb hibát vagy következetlenséget (7-9 pont) tartalmazott a megoldások harmada, a többiben részeredményeket értek el a beküldők.*

(Lente Gábor)