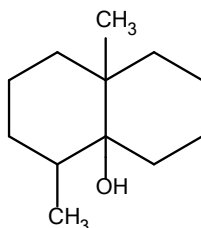


GONDOLKODÓ



Megoldások

A11. a) A geozmin képlete:



b) Nyugalmi állapotban egy felnőtt átlagosan 0,5 dm³-es lélegzeteket vesz. Ennyi 25°C-os légköri nyomású levegőnek az anyagmennyiségét megkaphatjuk az ideális gázok állapotegyenletéből:

$$n(\text{levegő}) = pV/RT = 0,0204 \text{ mol}$$

Azaz egy lélegzetvétellel $0,0204 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 0,01 \cdot 10^{-9} = 1,22 \cdot 10^{11}$ geozmin-molekula jut be a tüdőnkbe.

c) A légtömeg térfogata 10 km³, így az ozon anyagmennyisége 25 °C-on és légköri nyomáson az állapotegyenlet felhasználásával:

$$n(\text{O}_3) = 4090 \text{ mol}$$

Mivel $M(\text{O}_3) = 48,0 \text{ g/mol}$, ezért legalább $1,96 \cdot 10^5 \text{ g}$ ózonnak kell képződnie.

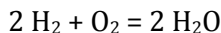
A pontszámok átlaga 7,5. Hibátlan megoldást küldött be: Bajczi Levente, Hegyi Krisztina, Stenczel Tamás Károly, Török Zsombor Áron és Turi Soma.

(Palya Dóra)

A12. a) Amedeo Avogadro olasz vegyész és fizikus 1811-ben alkotta meg hipotézisét, mely szerint különféle gázok megegyező térfogatában azonos számú részecske található, ha ezen gázok hőmérséklete és nyomása megegyezik.

b) Két különböző gáz azonos térfogatának tömegaránya megegyezik a relatív molekulatömegek arányával. Elemi gázok esetében tehát egyszerűen a tömegek arányát kell meghatározni.

c) A táblázat sorait átlagolva azt kapjuk, hogy 0,416475 g hidrogénből 3,738575 g víz keletkezett. A reakcióegyenlet:



Tehát az oxigén relatív atomtömege:

$$A_r(\text{O}) = \frac{2(m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{H}_2})}{m_{\text{H}_2}} = 15,953$$

d) A fenti gondolatmenetet folytatva, ebben az esetben a hidrogén relatív atomtömege:

$$A_r(\text{H}) = \frac{16m_{\text{H}_2}}{(m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{H}_2})} \cdot \frac{1}{2} = 1,0029$$

A pontszámok átlaga 8,05.

Különösebb nehézséget nem okozott a feladat, két apróságra azért felhívjuk a figyelmet.

1. A H és a H₂ nem ugyanaz. Értelmszerűen tehát a tömegük sem ugyanaz. Figyeljünk oda, hogy melyikről van szó!

2. Avogadro törvényében igen fontos kritérium, hogy a hőmérséklet és a nyomás megegyezik. Enélkül a törvény nem igaz!

(Koltai András)

A13. a) $M(\text{aszkorbinsav}) = 176,1 \text{ g/mol}$

Tehát az 1000 mg aszkorbinsav 5,679 mmol-t jelent. Valamint 2 mg Zn van a tablettában ($M=65,4 \text{ g/mol}$), ami 0,031 mmol-t jelent.

Mivel a cink-aszorbát-monohidrát képlete: $\text{Zn}(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, ezért moláris tömege $M = 433,6 \text{ g/mol}$.

Tehát ha 0,031 mmol van belőle, akkor ennek tömege 13,26 mg.

Ebben $2 \cdot 0,031$ mmol, azaz $0,062$ mmol aszkorbátion van, azaz kell még $(5,679 - 0,062)$ mmol aszkorbinsav. Ennek a tömege $989,2$ mg.

b) 11 mg Zn anyagmennyisége $0,1682$ mmol. Emellett kétszer ennyi, azaz $0,3364$ mmol aszkorbátion van.

Ez $59,24$ mg aszkorbinsavnak felel meg, ami több, mint a WHO ajánlása szerinti napi bevitel.

Tehát nem készíthető olyan keverék, mely cinkből és aszkorbinsavból is pontosan fedezi a WHO ajánlása szerinti napi szükséges bevitelt.

c) $11 \text{ mg} \cdot 0,3 = 3,3$ mg. Ez $0,0505$ mmol Zn-nek felel meg. Emellett van $0,1009$ mmol aszkorbátion, ami $17,79$ mg aszkorbinsavval egyenértékű.

Aszkorbinsavból 90 mg-nak kell jelen lennie a tablettában, tehát ebből szükséges még $90 - 17,79 = 72,21$ mg.

Cink-aszkorbátból pedig $0,0505 \cdot 433,6 = 21,88$ mg kell.

Tehát készíthető ilyen keverék a megadott tömegek felhasználásával.

Néhányan az aszkorbinsavat kétértékűnek vették, ekkor az a) részben vesztettek pontot, a b) és c) részre adott választ elfogadtuk. Bajczi Levente, Stenczel Tamás Károly, Tihanyi Áron, és Török Zsombor Áron dolgozata hibátlan volt. Az átlagpontszám 7,3.

(Bacsó András)

A14. a) Az 1000 unciás aranyrúd tömege $31103,5$ g. Felhasználva az arany sűrűségének $19,30 \text{ g/cm}^3$ -es értékét, az 1000 unciás aranyrúd térfogata:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{31103,5 \text{ g}}{19,30 \text{ g/cm}^3} = 1611,6 \text{ cm}^3 = 1,6116 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Amennyiben az aranyfóliát egy olyan téglatestnek tekintjük, melynek egyik oldala 100 nm , az alapterülete pedig a keresett érték, akkor az alapterületre felírható:

$$T_{\text{alap}} = \frac{1,6116 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{100 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 16116 \text{ m}^2 = 1,61 \cdot 10^4 \text{ m}^2$$

(Ez a terület egy focipálya területének kb. 2-szerese.)

b) Vegyünk $1,000 \text{ cm}^3$ térfogatú aranyat! Ennek tömege $19,30 \text{ g}$, a benne lévő aranyatomok száma:

$$N_{\text{aranyatom}} = \frac{m_{\text{Au}}}{M_{\text{Au}}} \cdot N_A = \frac{19,30 \text{ g}}{197,0 \text{ g/mol}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 5,901 \cdot 10^{22}$$

A feladat adatai szerint a teljes térfogat 74% -át, azaz esetünkben $0,74 \text{ cm}^3$ -t tölt ki ennyi atom. Feltételezve, hogy az aranyatomok R sugarú gömbök, a térfogatra az alábbi írható fel:

$$0,74 \text{ cm}^3 = N_{\text{aranyatom}} \cdot V_{\text{aranyatom}} = 5,901 \cdot 10^{22} \cdot \frac{4R^3 \pi}{3}$$

Ebből az aranyatom sugarára $R = 1,44 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 0,144 \text{ nm}$ adódik.

c) A b) részben kapott eredmény alapján egy aranyatom átmérője $2R = 0,288 \text{ nm}$, ebből a 100 nm vastag fólia kb. $100/0,288 = 347$ atomnyi vastagságú.

A pontszámok átlaga 7,4 pont. Hibátlan, szép megoldást küldött be Bajczi Levente, Hegyi Krisztina, Luu Hoang Kim Ngan, Matus Mercédesz, Stenczel Tamás Károly és Török Zsombor Áron. A pontlevonások elsősorban számolási hibákból adódtak, melyek nagy része kiküszöbölhető lett volna az eredmények nagyságrendjének ellenőrzésével.

(Vörös Tamás)

A15. a) $M(\text{kinin}) = 324,4 \text{ g/mol}$

$M(\text{kinin-hidroklorid-dihidrát [továbbiakban: KHDH]}) = 396,9 \text{ g/mol}$

Tehát $1,00 \text{ mg}$ kinin anyagmennyisége $3,083 \cdot 10^{-3} \text{ mmol}$, ami $1,223 \text{ mg}$ hidroklorid sónak felel meg. Azaz $1,00 \text{ mg}$ kininnek $1,22 \text{ mg}$ KHDH felel meg.

b) $0,1 \text{ g}$ KHDH anyagmennyisége $0,252 \text{ mmol}$. Ezt oldják 100 ml vízben, azaz a keletkezett oldat koncentrációja $2,52 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ lesz. 5 ml-t 500 ml-re hígítanak; ez egy 100 -szoros hígítást jelent, így a koncentráció $2,52 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ lesz. Ebből $3,6 \text{ ml-t}$ hígítanak 10 ml-re azaz a koncentráció $0,36$ -szorosára csökken, így $9,07 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ lesz a leghígabb tag koncentrációja.

c) Legalább a hígítási sor leghígabb tagjának megfelelő töménység kell ahhoz, hogy keserűnek mondhassuk.

Ez $9,07 \cdot 10^{-6}$ mol/dm³, ami $3,6 \cdot 10^{-3}$ g/l-t jelent. Tehát ha 1 l-t 3,6 mg tesz keserűvé, akkor 1 mg 0,2778 l vizet. Azaz 1 g KHDH-tal Vendel 277,8 l vizet tehet keserűvé.

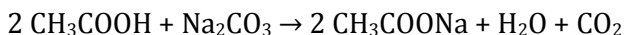
d) A KHDH keserűsége 3,6 mg/l-nél jelentkezik, azaz ha 1 l víz tömegét 1000 g-nak vesszük, akkor 3,6 mg/1000 g-nál, ami $3,6 \cdot 10^{-3}$ g / 1000 g-ot, azaz $3,6 \cdot 10^{-6}$ g/g-ot jelent, ami 3,6 ppmw-nek felel meg. Ezek alapján $3,6/0,01$, azaz 360-szor keserűbb a szacharinát a KHDH-nál.

e) A Balaton térfogata 1,8 km³, azaz $1,8 \cdot 10^9$ m³, tehát $1,8 \cdot 10^{15}$ cm³, sűrűségét 1 g/cm³-nek véve a víz tömege $1,8 \cdot 10^{15}$ g. A 0,01 ppmw 10^{-8} -os szorzót jelent, így a szükséges tömeg $1,8 \cdot 10^7$ g, ami 18 t-t jelent. Tehát 18 t denatónium-szacharinát kell a Balaton keserűvé tételéhez.

Stenczel Tamás Károly dolgozata hibátlan volt, Luu Hoang Kim Ngané és Tihanyi Ároné pedig majdnem hibátlan. Sokszor kellett mértékegységek közötti átváltásból eredő számolási hiba miatt pontot levonni. Az átlagpontoszám 5,7 volt.

(Bacsó András)

A16. a) A flakonban az alábbi sav- bázis reakció ment végbe:



b) 2 dl 12 térfogatszázalékos ecetet használtunk fel.

$$V_{\text{ecet}} = 2 \text{ dl} \cdot 0,12 = 0,24 \text{ dl} = 24 \text{ cm}^3$$

Az ecetsav sűrűsége 1,049 g/cm³.

$$m_{\text{ecetsav}} = \rho \cdot V = 25,176 \text{ g}$$

$$n_{\text{ecetsav}} = m/M = 0,4196 \text{ mol}$$

A reakciót 3 g szódával játszottuk le, így

$$n_{\text{szóda}} = m/M = 0,0283 \text{ mol}$$

A reakcióegyenletből és a kiszámolt anyagmennyiségekből is jól látszik, hogy a reakcióban az összes szóda elfogy, és 0,363 mol ecetsav feleslegben marad. Vagyis a létrejövő oldat savas kémhatású lesz az ecetsav feleslege miatt.

c) Itt 5 g szódával és ugyanannyi ecetsavval játszadjuk le az előző reakciót.

$$n_{\text{szóda}} = m/M = 0,04717 \text{ mol}$$

tehát még mindig az ecetsav van feleslegben, ebből következően

$$n_{\text{szóda}} = n_{\text{szén-dioxid}} = 0,04717 \text{ mol}$$

Ennek térfogata 25 °C-on és standard légköri nyomáson 1,16 dm³.

(Rutkai Zsófia)

A17. a) A szoba térfogata 60 m³, vagyis a légtérben a megengedett higany mennyiség 15 nmol/m³ · 60 m³ = 900 nmol = 9·10⁻⁷ mol. Ennek tömege 1,8053·10⁻⁴ g.

Tehát a kiömlő 0,5 g higany 0,036 %-ának kell elpárolognia, hogy a szobában a higanykoncentráció elérje az egészségügyi határértéket.

b) A levegő 21%-a oxigén, vagyis a szobában 60 m³·0,21 = 12,6 m³ oxigén van. Ha a szoba hőmérsékletét 25 °C-nak vesszük, akkor a szobában lévő oxigén anyagmennyisége 514,29 mol, ezt viszonyítva az egészségügyi határértékhez 514,29/9·10⁻⁷ = 5,714·10⁸.

Tehát 5,714·10⁸-szor több oxigénmolekula van a légtérben, mint higanyatom.

(Rutkai Zsófia)

A18. a) A megkötött víz tömege: 2,704 g – 2,500 g = 0,204 g

A víz térfogata, ha 20°C-kal és 1 bar nyomással számolunk:

$$V(\text{víz}) = nRT/p = 2,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Tehát a gáz legalább 276 cm³/500,0 cm³ = 55,2 V/V% vizet tartalmazott. (A feladatban két nagyságrenddel kisebb gáztérfogat szerepelt; 20 °C-on nem lehet ekkora a hidrogéngáz vízgőztartalma.)

b) Az U-csőben a P₂O₅ + 3 H₂O = 2 H₃PO₄ reakció játszódik le.

0,204 g víz 11,32 mmol, ami 3,774 mmol P₂O₅-tel reagál, melynek tömege 0,5357 g, így marad 1,964 g P₂O₅. Keletkezik 7,547 mmol H₃PO₄, ami 0,7395 g. Így a szárítószer összetétele a reakció végén: 72,65 m/m% P₂O₅ és 27,35 m/m% H₃PO₄.

c) A nátriumot a kérgétől meg kell tisztítani, mert a kéregben peroxidok vannak, amelyek melegítés hatására felrobbanhatnak. A fejlődő hidrogénnel el kell végezni a durranógázpróbát. Oxigénmentes környezetet kell biztosítani, hogy az olvadt nátrium ne oxidálódjon.

d) Az eredeti kénsavoldat tömege: $5,00 \text{ cm}^3 \cdot 1,834 \text{ g/cm}^3 = 9,17 \text{ g}$.

Tehát a keletkezett kénsavoldat összetétele:

$$9,17 \text{ g} \cdot 0,95 / (9,17 \text{ g} + 0,204 \text{ g}) = 92,9 \text{ m/m}\%$$

Sűrűségértékek a négyjegyű függvénytáblázatból:

$$92,77 \text{ m/m}\% - 1,827 \text{ g/cm}^3$$

$$93,03 \text{ m/m}\% - 1,828 \text{ g/cm}^3$$

Mivel a kénsavoldat 92,9 m/m%-os, ezért számolhatunk 1,828 g/cm³-es sűrűséggel. Nagyobb sűrűségkülönbségek esetén interpolálással számolhatjuk ki pontosan a sűrűséget, de ezt nem vártuk el a feladat megoldóitól.

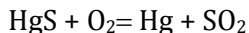
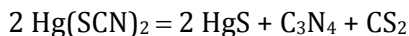
A kapott kénsavoldat térfogata:

$$(9,17 \text{ g} + 0,204 \text{ g}) / 1,828 \text{ g/cm}^3 = 5,13 \text{ cm}^3$$

A pontok átlaga 7,0. Az a) feladatrészben azt is elfogadtuk, ha valaki folyadék halmazállapotú vízzel számolt, mivel a feladat téves adatot tartalmazott.

(Palya Dóra)

A19. a) A fáraó kígyójának égésekor lejátszódó reakciók:

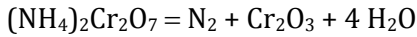


Mivel a HgS oxidálódik a második egyenlet szerint, ezért a termékek között két gáz lesz: a szén-diszulfid és a kén-dioxid. 2 mol higany-rodanid esetén előbbiből 1 mol, utóbbiból 2 mol keletkezik.

Vegyünk 3,71 g Hg(SCN)₂-ot, ami pontosan 1,00 cm³. Mivel a só moláris tömege 317 g/mol, ezért ennek anyagmennyisége 11,7 mmol. Ebből másfélszeres mennyiségű gáz képződik, azaz 17,6 mmol. A hőmérséklet a feladat szerint 603 K, és ha nyomást 101 kPa-nak vesszük, akkor az ideális gázegyenletbe behelyettesítve a térfogat 872 cm³-nek adódik.

Tehát a keletkező gázok térfogata 872-szerese a higany-rodanidénak.

b) A vegyész vulkánjának égésekor lejátszódó reakció:



Mivel 330 °C-on a víz is gáz-halmazállapotú, ezért 1 mol ammónium-dikromát bomlásakor 5 mol gáz keletkezik.

Vegyünk 2,11 g $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ot, ami pontosan 1,00 cm³. Mivel a só moláris tömege 252 g/mol, ezért ennek anyagmennyisége 8,37 mmol. Ebből ötszörös mennyiségű gáz képződik, azaz 41,9 mmol. Az ideális gázegyenletbe behelyettesítve a térfogat 2078 cm³-nek adódik.

A képződő gázok térfogata 2078-szorosa az ammónium-dikromáténak.

8 hibátlan megoldás érkezett, az átlagpontszám 8,8 volt.

(Bacsó András)

A20. A helyesen kitöltött keresztrejtvény:

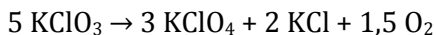


Az átlagpontszám 8,3. Hibátlan megoldást adott be Bajczi Levente, Hotzi Judit, Luu Hoang Kim Ngan és Tihanyi Áron. A kritikus pont egyértelműen az 1. és a 8. kérdés volt. Utóbbira többen a „SIEMENSMARTIN” szót írták, utalva a Siemens–Martin-eljárásra, ami szintén eleget tesz a definíciónak, ezért teljes értékű válasznak fogadtuk el. A tetratiónt szó helyesírása többeknek problémát okozott.

(Kiss Andrea)

K201. a) Vendel problémája abból fakadt, hogy a reakcióban többféle redoxifolyamat is lejátszódik, melyek során az oxigén oxidációs száma -2 -ről 0 -ra változik, míg a klór oxidációs száma $+5$ -ről $+7$ -re, illetve -1 -re is változik.

Ezeket a folyamatokat különböző együtthatókkal kombinálva redox- és sztöchiometriai szempontból is helyes reakcióegyenlethez juthatunk. A problémának tehát csak egy kiváltó oka, hogy diszproporció játszódik le, hiszen egy csupán diszproporciót tartalmazó reakcióegyenletet könnyen tudunk rendezni. Ezt a reakciót azonban többféleképpen lehet rendezni, pl.:



Vendelt tehát az zavarhatta össze, hogy nem tudta, hogy milyen mennyiségben vagy arányban keletkeznek a termékek a kiindulási anyagból, így nem tudta, hogy a sok elvileg hibátlan reakcióegyenlet közül melyik írja le helyesen a valós folyamatot.

b) 10 dm^3 standard légköri nyomású és $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os O_2 -gáz anyagmennyisége:

$$n(\text{O}_2) = 10 \text{ dm}^3 / (24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}) = 0,4082 \text{ mol}$$

A KClO_3 moláris tömegének ismeretében ($M = 122,6 \text{ g/mol}$) pedig meghatározható 100 g kiindulási vegyületnek az anyagmennyisége:

$$n(\text{KClO}_3) = 100 \text{ g} / (122,6 \text{ g/mol}) = 0,8157 \text{ mol}$$

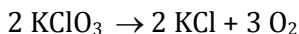
Észrevehetjük, hogy $n(\text{KClO}_3)/n(\text{O}_2) = 2$, tehát ez lesz a sztöchiometriai arányuk az egyenletben.

A lejátszódó egyenlet tehát:



c) A b) válaszban feltüntetett reakcióban $2:1$ a KClO_3 és az O_2 -gáz sztöchiometriai aránya. Amennyiben harmadrész KClO_3 is elegendő, ez az arány $2:3$ -ra módosul.

Ezt egy reakcióegyenletben kizárólag az alábbi módon teljesíthetjük:



A feladat pontátlagosa 7,6 pont volt. A leggyakoribb hiba az volt, hogy a megoldók csak a diszproporcio jelenségét tüntették fel problémaként, holott ez csak az egyik kiváltó oka volt Vendel problémájának.

A feladatra kiemelkedő megoldást küldött Balbisi Mirjam, Baglyas Márton és Vörös Zoltán János.

(Pós Eszter Sarolta)

K202. a) A kinin ($C_{20}H_{24}O_2N_2$) moláris tömege $M_{\text{kinin}} = 324,4 \text{ g/mol}$. 1,000 mg kinin anyagmennyisége:

$$n_{\text{kinin}} = \frac{m_{\text{kinin}}}{M_{\text{kinin}}} = \frac{1,000 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{324,4 \text{ g/mol}} = 3,083 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

A feladat adatai alapján ilyen anyagmennyiségű kinin 1,151 mg vízmentes sóban van. Feltételezve, hogy 1 mol sóban 1 mol kinin van, a vízmentes só moláris tömege:

$$M_{\text{vízmentes só}} = \frac{1,151 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{3,083 \cdot 10^{-6} \text{ mol}} = 373,4 \text{ g/mol}$$

Vizsgáljuk először azt az esetet, amikor a kinin egyértékű savval alkot sót! A kinin kétértékű bázis, ez alapján 1 mol kinin alkothat 1, illetve 2 mol savval is sót. Amennyiben a vízmentes só 1 molját 1 mol kinin és 1 mol sav alkotja, akkor a sav moláris tömege: $(373,4 - 324,4) \text{ g/mol} = 49,0 \text{ g/mol}$. Ilyen egyértékű sav nincsen. Ha a vízmentes só 1 molját 1 mol kinin és 2 mol sav alkotja, akkor a sav moláris tömegére az előbbi fele, azaz $24,5 \text{ g/mol}$ adódik, ilyen egyértékű sav szintén nincsen.

Nézzük meg azt az esetet, amikor a kinin kétértékű savval alkot sót! Ha a vízmentes só 1 molját 1 mol kinin és 1 mol sav alkotja, akkor az előbbi számolások alapján a sav moláris tömege $49,0 \text{ g/mol}$. Ilyen kétértékű sav nincsen. Ha a vízmentes só csak egyértékű bázisként viselkedik, akkor a só 1 molját 1 mol kinin és $0,5 \text{ mol}$ sav alkotja. Ebben az esetben a sav moláris tömege az $M_{\text{vízmentes só}} - M_{\text{kinin}}$ érték kétszerese, azaz $98,0 \text{ g/mol}$. Ilyen moláris tömegű, kétértékű sav a kénsav, tehát a kininnek kénsavval alkotott sójáról van szó.

b) A kinin kénsavval alkotott sójának összegképlete (két kininmolekula alkot egy kénsavmolekulával sót): $(C_{20}H_{25}O_2N_2)_2SO_4$, azaz $C_{40}H_{50}O_8N_4S$.

A vízmentes kininsó moláris tömege: $M_{\text{vízmentes só}} = 746,8 \text{ g/mol}$. Az 1,151 mg só anyagmennyisége ez alapján: $1,151 \cdot 10^{-3} \text{ g} / 746,8 \text{ g/mol} = 1,541 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$. Az 1,207 mg kristályvizes só anyagmennyisége megegyezik ezzel az értékkel, annak moláris tömege: $M_{\text{kristályvizes só}} = 1,207 \cdot 10^{-3} \text{ g} / 1,541 \cdot 10^{-6} \text{ mol} = 783,3 \text{ g/mol}$. A kristályvizes és a vízmentes só moláris tömegének különbsége: 36,4 g/mol, ami körülbelül 2 mol víznek felel meg. A kristályvizes só képlete tehát $(\text{C}_{20}\text{H}_{25}\text{O}_2\text{N}_2)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, illetve $\text{C}_{40}\text{H}_{54}\text{O}_{10}\text{N}_4\text{S}$.

A pontszámok átlaga 6,8 pont. Hibátlan megoldást 11 tanuló küldött be, ezek közül kiemelkedően szép volt Vörös Zoltán János megoldása, aki a kapott képletet irodalmi adatok alapján is ellenőrizte. Gyakori hiba volt annak figyelmen kívül hagyása, hogy a kinin viselkedhet egyértékű bázisként is, ebben az esetben a megoldók nem kapták meg a helyes moláristömeg-értéket a savra.

(Vörös Tamás)

K203. a) Tekintsük úgy, hogy a keresett ötvözet mintája 1 mol Au-t, 1 mol Cu-t és 1 mol Ag-t tartalmaz. Ekkor a relatív atomtömegek ismeretében kiszámítható az ötvözetminta tömege.

Az ötvözetminta teljes tömege tehát kiszámítható:

$$m = 196,97 \text{ g} + 107,87 \text{ g} + 63,55 \text{ g} = 308,39 \text{ g}$$

Kiszámíthatjuk a tömegszázalékos összetételt:

$$w(\text{Au}) = 53,47 \text{ m/m } \%$$

$$w(\text{Ag}) = 29,28 \text{ m/m } \%$$

$$w(\text{Cu}) = 17,25 \text{ m/m } \%$$

Az ötvözet az ábrán éppen a halvány zöldessárga és a sárgás területek határán helyezkedik el, így mindkét megoldást elfogadtuk.

b) A 18 karátos aranyötvözet $18/24 = 75 \text{ m/m } \%$ -ban tartalmaz aranyat, hiszen a 24 karátos a tiszta arany.

Tudjuk ezenkívül, hogy az ötvözet $12,5 \text{ m/m } \%$ rezet is tartalmaz, így kiszámítható az ezüst tömegszázaléka is:

$$w(\text{Ag}) = 100 - 75 - 12,5 = 12,5 \text{ m/m } \%$$

Ennek az összetételnek az ábra egy olyan pontja felel meg, mely a sárga tartományban helyezkedik el, így a 18 karátos aranyötvözet színe sárga.

c) A $78\text{Au}-16\text{Ag}-6\text{Cu}$ ötvözetnek tekintsük 100 g-ját. Ehhez saját tömegének 4 %-ában keverünk Cd-ot, tehát 4 g Cd-ot adunk hozzá. Az így kapott ötvözet tömege 104 g, Au-tartalma 78 g. Ez alapján kiszámítható az ötvözet m/m %-os összetétele aranyra nézve:

$$w(\text{Au}) = 78 \text{ g} / 104 \text{ g} \cdot 100 \% = 75 \text{ m/m} \%$$

A Cd-mal kevert ötvözet tehát $0,75 \cdot 24 = 18$ karátos volt.

d) Az Au és Cd atomok számaránya könnyen meghatározható, ha kiszámítjuk a kapott 104 g ötvözetben az anyagmennyiségüket. Ezt megtehetjük a relatív atomtömegeik ismeretében.

$$n(\text{Au}) = 78 \text{ g} / 196,97 \text{ g/mol} = 0,396 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cd}) = 4 \text{ g} / 112,41 \text{ g/mol} = 0,0356 \text{ mol}$$

$$n(\text{Au}) / n(\text{Cd}) = 0,396 \text{ mol} / 0,0356 \text{ mol} = 11,13$$

Az Au- és Cd-atomok számaránya tehát 11,13:1.

e) Kiszámítható, hogy 100 g ötvözetminta esetén mekkora az arany anyagmennyisége a két ötvözet esetében.

$$n(\text{Au})_{\text{kék}} = 46,2 \text{ g} / 196,97 \text{ g/mol} = 0,235 \text{ mol}$$

$$n(\text{Au})_{\text{lila}} = 78,5 \text{ g} / 196,97 \text{ g/mol} = 0,399 \text{ mol}$$

Mivel tudjuk, hogy a sztöchiometriai arányok megegyeznek a kék és a lila ötvözetben, ezért felírhatjuk, hogy:

$$n(\text{Au})_{\text{kék}} / n(\text{X}) = n(\text{Au})_{\text{lila}} / n(\text{Y})$$

$$0,235 / (53,8 / A_{r,X}) = 0,399 / (21,5 / A_{r,Y})$$

Ez alapján kiszámíthatjuk X és Y relatív atomtömegének arányát:

$$A_{r,X} / A_{r,Y} = 4,252$$

Azt is tudjuk a feladat szövegéből, hogy X és Y egy csoportban található, valamint a tényből, hogy ötvözőelemek, fémekre asszociálhatunk. A különböző sztöchiometriai arányoknál vizsgálódva látható, hogy 1:1 esetében $A_{r,X}$ értéke olyan magas lenne, hogy nem tudnánk hozzá periódusos rendszerbeli elemet rendelni. Míg 1:2 aránynál X-re az In-t, Y-ra az Al-t kapjuk, melyek ráadásul egy csoportban vannak.

Így a kék ötvözet összetétele képlettel kifejezve: AuIn_2 , míg a lila ötvözeté: AuAl_2 .

A feladat pontátlagos 9,0 pont volt. Sok megoldónál előfordult, hogy az a) kérdésben az egyenlő $m/m\%$ -ot $n/n\%$ -nak tekintette, így rossz megoldáshoz jutott. Az e) feladatrészt azonban majdnem minden megoldó tökéletesen és jó logikával gondolta végig.

A feladatra kiemelkedő megoldást küldött Balbisi Mirjam, Fülöp Anna, Baglyas Márton és Vörös Zoltán János.

(Pós Eszter Sarolta)

K204. a) A számolás során használt képlet: $p = pM/RT$, ahol

$$p = 101,3 \text{ kPa}, T = 273 \text{ K}.$$

Az általános gáztörvénytől való eltérés táblázatos összefoglalása:

	He	Ne	Ar	Kr	Xe
$\rho_{\text{mért}}/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	0,17847	0,9000	1,7839	3,7493	5,8971
$M/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	4,0026	20,1797	39,948	83,798	131,293
$\rho_{\text{számolt}}/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	0,17864	0,9006	1,7829	3,7400	5,8597
%-os eltérés	0,0952	0,0711	-0,0550	-0,2489	-0,6376

Vagyis a legnagyobb százalékos eltérés a Xe esetén tapasztalható.

b) Az ideális gáztörvény alapján számolva:

$$p = \rho RT/M,$$

vagyis

$$p = 5,8971 \cdot 8,314 \cdot 273 / 131,293 = 101,9 \text{ kPa}$$

c) $T = 273 \text{ K}$, $\rho = 5,8971 \text{ kg/m}^3 = 5,8971 \text{ g/dm}^3$

Legyen $V = 1 \text{ dm}^3$, ekkor $m = \rho \cdot V = 5,8971 \text{ g}$, $n = 0,0449 \text{ mol}$.

$$a = 4,192 \text{ bar}\cdot\text{dm}^6\cdot\text{mol}^{-2} = 419,2 \text{ kPa}\cdot\text{dm}^6\cdot\text{mol}^{-2}$$

$$b = 0,05156 \text{ dm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$$

Az egyenletből kifejezhető a nyomás, és a kiszámolt illetve helyesen átváltott adatokat behelyettesítve megkapjuk a végeredményt.

$$p = 101,3 \text{ kPa}$$

d) Az ideális gáztörvénytől való eltérés táblázatos összefoglalása:

p/ kPa	T/K	$\rho_{\text{mért}}/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$\rho_{\text{számolt}}/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	%-os eltérés
100	200	8,030	7,896	-1,698
100	725	2,180	2,178	-0,084
500	300	27,01	26,32	-2,623
500	360	22,26	21,93	-1,491
2000	300	118,36	105,28	-12,425
2000	725	43,62	43,56	-0,130
6000	360	326,36	263,20	-23,999
6000	725	131,21	130,69	-0,397

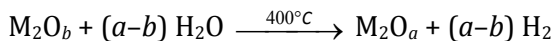
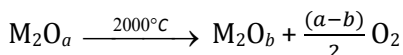
Tehát 100 kPa nyomás és 725 K mellett lesz a legkisebb az eltérés, 6000 kPa és 360 K mellett pedig a legnagyobb. Azonos nyomáson a hőmérséklet növekedésével csökken az eltérés mértéke, míg azonos hőmérsékleten a nyomás csökkenésével közelítünk legjobban az állapotegyenlethez.

(Az eredetileg kiadott feladat sajnos hibás volt, erről a regisztrált versenyzőket időben értesítettük, de aki mégis rossz adatokkal végezte el a számolást, természetesen megkapta a feladatrészre járó pontot.)

Szép, logikus megoldást küldött be Baglyas Márton, Vörös Zoltán, Várda Ernák és Szanthoffer András.

(Rutkai Zsófia)

K205. A hő- és vízbontási folyamatokban részt vevő oxidok (**A** és **B**) az alábbi általánosított képletekkel írhatók fel:



Mivel 1 mol **B** 1 mol vízzel reagál, így $a-b = 1$, azaz csak egyet változik az **M** fém oxidációs száma a körfolyamat lépéseiben. Mivel 1,00 g **A**-ból

0,0465 g oxigén és 0,9535 g **B** keletkezik, az első folyamat alapján az alábbi egyenletet írhatjuk fel **B** moláris tömegére:

$$\frac{0,9535}{2M_M + 16b} = 2 \cdot \frac{0,0465}{32}$$

$$M_M = 164,0 - 8,0 \cdot b$$

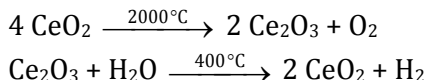
Az **M** fém moláris tömegét tehát b függvényében megkaphatjuk, ahol b **B** oxidációs állapotát jelzi. Lehetséges értékek b -re:

b	1	2	3	4	5	6	7
$M_M / \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	156,0	148,0	140,0	132,0	124,0	116,0	108,0

Ezek közül csak egyetlen esetben kapunk hasonló moláris tömegű fémet, ami az adott és egygel nagyobb oxidációs állapottal is létezik. Ez a megoldás pedig $b = 3$ -ra a cérium. ($M_{\text{Ce}} = 140,1 \text{ g/mol}$)

a) A körfolyamat két oxidja: **A**: CeO_2 ; **B**: Ce_2O_3

b) A lejátszódó reakciók:



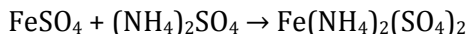
Sokféle gondolatmenettel találkoztunk, ezek közül 11 érdemelt teljes pontszámot, és a pontátlag 8,71 lett. Néhány esetben hiányoltuk az indoklást a választott fémre.

(Babinszki Bence)

K206. 100 g 40 °C-on telített $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -oldatban van 44,75 g (0,34 mol, 132,08 g/mol) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ és 55,25 g víz.

100 g 40 °C-on telített FeSO_4 -oldatban van 22,36 g (0,15 mol, 151,91 g/mol) FeSO_4 és 77,64 g víz.

Az alábbi formális reakcióban



keletkezik 41,80 g (0,15 mol, 283,99 g/mol) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$, valamint van még 132,89 g víz és a sztöchiometrikus feleslegben maradó $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

0 °C-ra hűtve több lehetőség van. Elképzelhető, hogy Mohr-só válik ki, de arról a lehetőségről sem szabad megfejtenünk, hogy esetleg valamely kiindulási sóra nézve hamarabb válik telítetté az oldat!

Tegyük fel, hogy a Mohr-sóra válik először telítetté! Ekkor

$$\frac{41,80 - 0,7245 \cdot x}{132,89 - 0,2755 \cdot x} = \frac{12,5}{100}$$

felhasználva, hogy a kristályvíztartalmú Mohr-só tömegének 72,45 %-a só, 27,55 %-a pedig víz.

Tehát 36,50 g Mohr-só válik ki.

Mivel azonban feltételezéssel éltünk, ellenőriznünk kell, hogy a számításaink szerint oldatban maradó sók mennyisége nem haladja-e meg az oldhatóság határát.

Oldatban maradt ugyanis 32,45 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ és 8,21 g FeSO_4 . Ez azonban nem haladja meg az oldhatóságot, tehát jól számoltunk.

Természetesen más gondolatmenetet is elfogadtunk, ha egyértelműen kiderült, hogy ellenőrizték az oldatban maradó kiindulási sók oldhatóságát.

A pontszámok átlaga 4,04. Maximális pontszámot érő megoldást küldött be Koch Lilla, Kozma Márton, Várda Ernák és Vörös Zoltán János.

Nagyon sokan beleestek abba a hibába, hogy a telített oldatok tömegszázalékos összetételét kiszámolva elfelejtkeztek arról, hogy a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ feleslegben van, és ezt is tartalmazza a visszamaradó, Mohr-sóra telített oldat. A feladat megfogalmazása szerint a különféle sók egymás oldhatóságára való hatása elhanyagolható, ez azonban egyáltalán nem jelenti azt, hogy a telített oldatban lévő $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ vízként viselkedve oldani tudná a Mohr-sót!

(Koltai András)

K207. a) Tudjuk, hogy a fémnek létezik egy 7,23 m/m% oxigéntartalmú hidroxidja. Ennek a vegyületnek 100 g-jában tehát 7,23 g oxigén van, ez 0,4519 mol-t jelent. Ekkor a hidroxidionban lévő hidrogén tömege:

$$m(\text{H}) = 0,4519 \text{ mol} \cdot 1,01 \text{ g/mol} = 0,4564 \text{ g.}$$

Ha feltételezzük, hogy a vegyület egy tiszta hidroxid, tehát a fémen és a hidroxidon kívül nincs más alkotója, akkor a fém tömege:

$$m(\text{Me}) = 100 \text{ g} - 7,23 \text{ g} - 0,46 \text{ g} = 92,31 \text{ g}.$$

Ha a hidroxid összetételét az $\text{Me}(\text{OH})_x$ képlettel jelöljük – ahol Me az ismeretlen fémet, x pedig annak vegyértékét jelöli –, akkor a fenti adatokból a fém moláris tömegére mindössze $x = 1$ esetben kapunk kémiailag is helyes megoldást:

$$M(\text{Me}) = 92,31 \text{ g} / 0,4519 \text{ mol} = 204,3 \text{ g/mol},$$

amely érték – kis eltéréssel, de elég jó közelítéssel – a talliumé ($M(\text{Tl}) = 204,38 \text{ g/mol}$).

A tallium(I)-hidroxid nyilvánvalóan tallium(I)-oxidból keletkezett vízfelvétellel, ennek képlete: Tl_2O . A más oxidációs állapotú, vízmentes oxid összetételét egyszerűen meghatározhatjuk, ha ismét 100 g vegyületből indulunk ki:

$$m(\text{O}) = 10,51 \text{ g, ebből } n(\text{O}) = 0,6569 \text{ mol};$$

$$m(\text{Tl}) = 89,49 \text{ g, ebből } n(\text{Tl}) = 0,4379 \text{ mol};$$

$$n(\text{O}) : n(\text{Tl}) = 0,6569 : 0,4379 = 1,500 : 1,000 = 3 : 2.$$

A tallium(III)-oxidról, azaz a Tl_2O_3 összegképletű vegyületről van szó. Ennek kristályvizes formája általánosságban: $\text{Tl}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. A vegyület tömegszázalékos oxigéntartalmára felírható egy egyismeretlenes egyenlet:

$$m/m\%(\text{O}) = \frac{3 \cdot 16,00 + n \cdot 16,00}{456,76 + n \cdot 18,02} \cdot 100 = 14,88\%$$

n -re 1,5 adódik megoldásként, tehát a vegyület összegképlete: $2\text{Tl}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Természetesen a tallium meghatározásához nem kellett feltétlenül a hidroxidból kiindulni, az ismert $m/m\%$ -os összetételű oxidokból is rá lehetett jönni a fémre – minden helyes megoldást elfogadtunk. Sajnos többen a tallium moláris tömegét elég pontatlanul határozták meg, akár közel 1 g/mol-os eltéréssel. Ezt 0,5 pont levonásával értékeltük, mert a feladat megoldása során legalább olyan pontossággal kell dolgozni, mint amilyen pontosságot annak adatrendszere meghatároz. (A hidratált oxid képletére is több megoldás lehetséges, a kémiailag értelmeseket természetesen elfogadtuk.)

b) A két oxid képletét a tallium(III)-oxidnál ismertetett módon egyszerűen meg lehetett határozni: az 5,55 m/m% oxigéntartalmú vegyület a Tl_4O_3 , a 13,54 m/m% oxigéntartalmú a TlO_2 . Előbbi egy vegyes oxid, melyet a $Tl_2O_3 \cdot 3 Tl_2O$ képlet még jobban jellemez, utóbbi pedig a tallium(I)-szuperoxid. Ezeknek megfelelően a tallium oxidációs száma az előző sorrendben (+3,+1) és +1, az oxigéné pedig -2 és -0,5.

A feladat nem volt nehéz, hibátlan megoldás mégsem érkezett. Többnyire figyelmetlenségből eredő hiányosságok fordultak elő, illetve az oxidációs számok meghatározásánál többen is veszítettek pontot. Az oxigén oxidációs számának feltüntetése többeknél elmaradt, pedig a feladat az „alkotók” és nem csak a tallium oxidációs számának meghatározását kérte. A TlO_2 összegképletű vegyületet többen tallium(IV)-oxidként kezelték, ez azonban kémiailag nem helyes, hiszen a fém külső elektronhéján három elektron van. Végül a vegyes oxidnál voltak, akik átlagos értéként +1,5-et tüntettek fel a tallium oxidációs számának. Ezt nem fogadtuk el, mert sztöchiometriailag ez egy jól definiált összetételű oxid, így tudjuk a pontos oxidációs számokat is. A pontátlag 7,8 volt.

(Varga Bence)

K208. a) A feladatnak sok megoldási útja van, kiindulhatunk fix térfogatú edényből, de adott tömegű vízből is. Az egyik utat mutatjuk most be. Például induljunk ki 100 g vízből. Ennek 15 %-a lesz gázfázisban, azaz 15 g vizet fog tartalmazni a gázfázis. Ekkor feltételezhetjük, hogy ez a 15 g azaz $15/85 = 0.8333$ mol víz a gázelegy 15 V/V (n/n) %-a, ekkor könnyű dolgunk van, ugyanis a gázokra vonatkozó törvényekből következik, hogy az ideális gázok parciális nyomásainak viszonya megegyezik a móltörtjeik viszonyával. Ebből következik, hogy a gáztér térfogatát megkaphatjuk, ha a gáz állapotegyenletbe behelyettesítjük a víz állapotjelzőit. Így a gáztér térfogata:

$$V = nRT/p = 651,6 \text{ dm}^3$$

Ehhez még hozzájön a folyékony víz térfogata, amely 85 cm^3 , melyet akár el is hanyagolhatunk, ugyanis nagy hibát nem okoz számításainkban. A gázfázis össznyomása pedig ezek alapján 21,133 kPa-nak adódik. Tehát a kívánt értékek eléréséhez Vendelnek a megfelelő méretű edénybe be kell töltenie az adott mennyiségű vizet, majd szivattyújával a megfelelő nyomásértéket beállítania az edényben.

Ha 15 m/m% vizet feltételezünk a gázfázisban, akkor a gáztér tömege 100 g, így a 0,8333 mol víz mellett $85/29=2,931$ mol levegő is lesz. Így az össz-anyagmennyiség 3,7643 mol-nak, az össznyomás 14,32 kPa-nak adódik. Az edény térfogata, hasonlóan a fentiekhez 651,8 dm³-nek adódik, amennyiben elhanyagoljuk a folyékony víz 85 ml-es térfogatát. Az állapot megvalósítása hasonló ahhoz, ahogy a 15 V/V %-nál járnánk el.

b) A nem megvalósítható állapotok megállapításához, figyelembe kell vennünk azt a tényt, hogy a feladat szövege szerint Vendel nem tud légköri nyomásnál nagyobb nyomást létrehozni. Ennek megfelelően ez $3,17 \cdot 100/101,325 = 3 \text{ n/n } \%$ -os azaz 3 V/V % -os határt jelent, így nem tud megvalósulni ennél kisebb mólszázalékot jelentő állapot. Ha az így kapott gázelegy összetételét számoljuk tömegszázalékos összetételre, azaz

$$m(\text{össz}) = 0,03 \cdot 18 \text{ g} + 0,97 \cdot 29 \text{ g} = 28,67 \text{ g}$$

Így $0,54 \cdot 100/28,67 = 1,9 \text{ m/m } \%$ -os állapot a lehető legkisebb, ami megvalósulhat. Emellett figyelembe kell vennünk azt is, hogy a feladat szövege szerint valamennyi folyékony víznek kell a rendszerben lenni, így a 100%-os állapot sem megvalósítható, akármilyen jó vákuumszivattyúval is rendelkezik Vendel.

(Érsek Gábor)

K209. Mindkét kísérlet során vizes oldat keletkezett, valamint ismert, hogy a reagáló anyagok egyike elem. Induljunk ki abból, hogy a víz nem egy elem és egy másik vegyület reakciójában keletkezett, hanem ő maga volt az egyik reagáló anyag! A levegőt tartalmazó tartály esetén 3,20 g, 44,8 m/m%-os oldat keletkezett, ez 1,43 g oldott anyagot és 1,77 g oldószert (vizet) jelent. Az argonatmoszférás reakció esetén 2,97 g 48,3 m/m%-os oldat keletkezett, ez szintén 1,43 g oldott anyagot, valamint 1,54 g vizet jelent. Mivel mindkét esetben 1,00 g-nál több víz volt az oldatban, ezért feltételezhető, hogy a **B** anyag volt a víz. Ekkor **A** nagy valószínűséggel egy alkálifémet jelöl, ebben az esetben lehet olyan heves a reakció, hogy jéggel is lejátszódjon. Továbbá egy alkálifém és a víz reakciójában keletkezik hidrogéngáz, mely vízzé elégve magyarázatot adhat a levegőt tartalmazó tartály esetén kapott nagyobb víztömeg értékre és a kiindulási 3,00 g anyaghoz képesti 0,20 g-os tö-

megnövekedésre is. Mivel víz visszamaradt a reakció lejátészódása után, ezért szinte biztos, hogy **A** teljes mennyisége elreagált. Jelöljük **A** moláris tömegét M_A -val! Ekkor az 1,00 g **A** anyagmennyisége $1,00\text{g} / M_A$, **A** keletkező 1,43 g oldott anyag anyagmennyisége is éppen ennyi. Mivel egy alkálifém és víz reakciójában alkálifém-hidroxid keletkezik, ennek moláris tömege $M_A + 17,0\text{ g/mol}$. Ebből az alábbi egyenlőség írható fel:

$$\frac{1,00\text{ g}}{M_A} = \frac{1,43\text{ g}}{M_A + 17,0\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

Az egyenletet megoldva M_A értékére 39,5 g/mol adódik. Ez közelítőleg (a kerekítésből adódó hiba határain belül) a kálium moláris tömege. Számítsuk ki ellenőrzésképpen, hogy 1,00 g káliumból és 2,00 g vízből mennyi és milyen összetételű oldat keletkezik levegő, illetve argonatmoszféra esetén: 1,00 g kálium anyagmennyisége 25,6 mmol. Ebből a $\text{K} + \text{H}_2\text{O} = \text{KOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2$ egyenlet alapján 25,6 mmol KOH keletkezik, melynek tömege 1,43 g. A reakcióban elfogy 25,6 mmol, azaz 0,461 g víz, tehát a kiindulási vízből 1,54 g marad vissza. Levegő esetén a keletkező 12,8 mmol hidrogéngáz meggyullad és 12,8 mmol, azaz 0,230 g víz keletkezik belőle ($\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$). (Feltételezzük azt, hogy a tartályunkban volt elegendő mennyiségű oxigén.) Ebben az esetben tehát az oldat összetétele: 1,77 g víz és 1,43 g KOH. Argonatmoszféra esetén a keletkező 12,8 mmol hidrogén nem tud meggyulladni, nem ég el vízzé, így itt az oldat összetétele: 1,54 g víz és 1,43 g KOH. A kapott tömegértékek teljesen egyeznek a feladat adataiból számíthatóakkal, ez alapján tehát **A** anyag a kálium (K), **B** anyag a víz (H_2O), míg **C** anyag a kálium-hidroxid (KOH) voltak.

A pontszámok átlaga 5,3 pont. Hibátlan, szép megoldást küldött be Baglyas Márton, Csenki János Tivadar, Heilmann Tímea, Várda Ernák Ferenc. A javítás során a fentihez hasonló, logikailag helyes, teljes értékű levezetéseket is maximális pontszámmal fogadtunk el. Több megoldó esetén hiányzott a gondolatmenet leírása, amely elvezette őket a feladat megoldásához, továbbá sokszor csak az egyik esetből számoltak és nem ellenőrizték, hogy ez megfelelő-e a másik kísérlet adataira.

(Vörös Tamás)

K210. a) A tömegszázalékos összetétel alapján 100 g anyagra számítva a Hg:Cu:O molaránya 0,1145:0,3433:0,9156, egész számokkal kifejezve

1:3:8, tehát az általános összegképlet: $(\text{HgCu}_3\text{O}_8)_a\text{M}'_b\text{M}''_b$, ahol a és b egész számot, M' és M'' egy-egy alkáliföldfémeket jelöl. Ha $a=1$, b mol M' és b mol M'' tömege 354,62 g. Racionális megoldást akkor kapunk, ha $b=2$, és a keresett fémek a Ca és a Ba. A vegyület összegképlet: $\text{HgCa}_2\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$.

b) A megadott adatok alapján 100 g vegyületben a Bi:Ca:Cu:O anyagmennyiség-arány 0,1985:0,1984:0,2976:0,7936, tehát az összegképletben az egyes elemek aránya 2:2:3:8, és a vegyület 18,97 m/m%-ban tartalmaz egy ismeretlen elemet is. Az általános összegképlet: $(\text{Bi}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8)_a\text{X}_b$. Ha $a=1$, akkor b mol X fém tömege 191,2 g. Precízen számítva akkor kapunk értelmes megoldást, ha $b=2$, ekkor az ismeretlen fém a molibdén ($M=95,9$ g/mol). Az összegképlet: $\text{Bi}_2\text{Mo}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$. A feladatban sajnos tévesen szerepelt a tömegszázalékos összetétel, a megadott tulajdonságok ugyanis az ún. BSCCO kerámiákra jellemzőek, melyek stronciumot tartalmaznak molibdén helyett, egyik jellemző képviselőjük képlete: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$. A javítás során kellő indoklással mindkét választ elfogadtuk.

c) A szupravezető 100 g-jára számítva Ba:Cu:O anyagmennyiség-aránya 0,3003:0,4504:1,051, egész számokkal kifejezve 2:3:7, a szupravezető általános összegképlete: $(\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7)_a\text{X}_b$. Ha $a=1$, b mol X elem tömege 88,82 g. Értelmes megoldást akkor kapunk, ha $b=1$, a keresett elem az ittrium. A kapott vegyület az ún. YBCO, képlete: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

A feladatra kevesen kaptak maximális pontszámot, a legtöbb probléma a b) és c) feladatrészzel adódott. A b) esetben sokan hiányzó elemnek a báriumot feltételezték, vagy egyáltalán nem számoltak vele. Főleg a c) esetben jelentett gondot a töltésmérleg segítségével történő számolás, mivel az YBCO oxigénhiányos perovszkitrácsra épül, benne az ittrium +3-as és nem +4-es oxidációs állapotban van (az ittriumra egyáltalán nem jellemző a stabil +4-es oxidációs állapot).

(Kiss Dóra Judit)

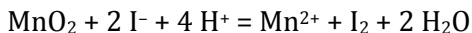
H201. a) A feladat megoldásában a fő elvi hiba, hogy nem a permanganátion van feleslegben, hanem az oxálsav. Az oxálsav lúgos közegben történt oxidációja után is marad még tehát oxálsav, mely a reakcióelegy megsavanyítása után tovább reagál, pl: a következő reakcióegyenlet szerint:



A megoldókulcs továbbá azt is elfelejtette megemlíteni, hogy a mangánát savas közegben nem stabil, a következő egyenlet szerint diszproporcionálódik:



Ekkor a mangán-dioxid is reagálhat a jodidionokkal:



A számszerű végeredmény változatlan marad, hiszen a reakció végtermékei nem változtak meg. A mért minta tehát 0,755 mmol oxálsavat tartalmazott.

b) Lúgos közegben az oxálsav karbonátionná oxidálódik. Megsavanyítva a reakcióelegyet szén-dioxid szabadul fel, ez okozza a pezsgést.

A feladatra hibátlan megoldást küldött be Borsik Gábor, Egyed Bálint és Repkényi Dorottya. A leggyakoribb hiba az volt, hogy nem vették észre a beküldők, hogy az oxálsav van feleslegben az első, lúgos közegben lejátszó reakció során.

(Najbauer Eszter Éva)

H202. Egy lehetséges megoldási menet:

Vizsgáljuk meg külön-külön az állításokat, hogy mely ionokra teljesülnének!

Az 1. állítás alig néhány iont zár ki, elsőre nem látszik nagy segítségnek.

A 2. állítás se visz sokkal közelebb a célhoz, itt az egyértelműen erős bázisokból származó kationokat zárhatjuk ki.

A 3–6. állítások már sokkal konkrétabbak, mindössze néhány kationra igazak.

3. állítást kielégíti: Pb^{2+} , Sb(III) , Sb(V) , Sn(II) , Sn(IV) , Zn^{2+} , Al^{3+}

4. állítás: Zn^{2+} , Al^{3+}

5. állítás: Ca^{2+}

6. állítás: Cd^{2+} , Sb(III) , Sb(V) , Zn^{2+} .

Már ezen a ponton kizárható a Ca^{2+} , mert erre az ionra a 3., 4. és 6. állításon kívül a 2. sem lehet igaz.

A 7-10. állítások a lehetséges anionok mennyiségét csökkentik.

7. állítás: $[B(OH)_4]^-$, PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , $S_2O_8^{2-}$, ClO_4^-

8. állítás: SO_4^{2-}

9. állítás: Br^- , I^- , PO_4^{3-}

10. állítás: S^{2-}

Miután a kationokra és anionokra is 4-4 állítás vonatkozik, azon ionokat, amelyek nem szerepelnek a 3-10. állítás egyikében sem, egyértelműen kizárhatjuk.

Összesítsük, hogy mely ionok „vannak még játékban” és hogy ezekre mely állítások *nem* teljesülnek! Ezt foglalja össze az alábbi táblázat:

Kation	Hamis állítások	Anion	Hamis állítások
Pb^{2+}	4., 5., 6.	$[B(OH)_4]^-$	8., 9., 10.
$Sb(III)$	4., 5.	PO_4^{3-}	8., 10.
$Sb(V)$	4., 5.	SO_4^{2-}	9., 10.
$Sn(II)$	4., 5., 6.	NO_3^-	8., 9., 10.
$Sn(IV)$	4., 5., 6.	$S_2O_8^{2-}$	8., 9., 10.
Zn^{2+}	5.	ClO_4^-	8., 9., 10.
Al^{3+}	5., 6.	Br^-	7., 8., 10.
Cd^{2+}	3., 4., 5.	I^-	7., 8., 10.
		S^{2-}	7., 8., 9.

A táblázatból látható, hogy minden ion esetén van legalább egy hamis állítás, tehát nem lehetséges megoldás egy olyan ion, amelyre kettőnél több hamis állítás adódik, mivel akkor az ellenionja miatt háromnál több feltétel nem teljesülne. Így összesen 4 kation ($Sb(III)$, $Sb(V)$, Zn^{2+} , Al^{3+}) és 2 anion (PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) maradt.

Ezen ionok kombinációjából vízoldható vegyület a $ZnSO_4$ és az $Al_2(SO_4)_3$. Előbbi vegyület esetében pontosan három állítás hamis (5., 9., 10.), utóbbinál viszont négy (5., 6., 9., 10.), tehát az egyetlen helyes megoldás a $ZnSO_4$.

A másik jellemző gondolatmenet az volt, ha a versenyző először a három hamis állítást próbálta megtalálni az egymást kizáró állítások értelmezésével és ezután kereste meg az igaz állításoknak eleget tevő ionpárt.

Magyarázatok:

1. állítás: mindkét ion elektronszerkezete szabályos, szimmetrikus, ezért a fényt nem gerjeszti, vizes oldatuk így színtelen.

2. állítás: a kation savasan hidrolizál.

3. állítás: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$ fehér

$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2 \text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$

4. állítás: $\text{Zn}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{ZnS}$ fehér

5. állítás: hamis. A Zn^{2+} ionra nem jellemző a lángfestés.

6. állítás: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$ fehér

$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2 \text{OH}^-$

7. állítás: tömény salétromsavval sem a kation, sem az anion nem oxidálható.

8. állítás: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4$ fehér, a legoldhatatlanabb bárium-csapadék.

9. állítás: hamis. Tömény oldatból leválhat az ezüst-szulfát csapadék, de ennek színe fehér.

10. állítás: hamis. Az ólom-szulfát csapadék szintén fehér.

A tévedések oka lehet az eszközök vagy az anyagok szennyezettsége, vagy például a kísérletet végző személy tapasztalatlansága (például a lángfestés felismerésében).

A pontozás elve a következő volt: Ha valaki nem találja el a cink-szulfátot, akkor is kap annyi pontot, ahány helyes magyarázata van, mert például a cink-jodid sokkal közelebb van a helyes megoldáshoz, mint a kalcium-foszfát. Például, ha alumínium-szulfátra gondol a versenyző, ha az Al^{3+} iont amminkomplekképzőnek véli, akkor a 6. állítást igaznak tekinti, de minden más állítást meg tud magyarázni helyesen, felírhatja a reakcióegyenleteket alumíniumionra. Ebben az esetben, ha más hibát nem követ el, 9 pontot érdemel.

Az átlagpontszám 8,3. Kisebb-nagyobb pontatlanságot sajnos mindenki követett el, így 10 pontos dolgozat nem született. Közel tökéletes megold-

dást nyújtott be Angyal Péter, Baglyas Márton, Csenki János Tivadar és Schneiker Anita. A versenyzők többsége helyesen megfejtette, hogy a feladat főszereplője a cink-szulfát, a problémát inkább a pontos magyarázatok megadása jelentette, kiváltképpen az 1. és a 7. tapasztalat esetében. A cink-szulfát-oldat szintelen, de ezt nem magyarázhatjuk azzal, hogy a cink-szulfát-oldat szintelen! A tömény salétromsav viselkedését többen azzal magyarázták, hogy nem képes felszabadítani sójából a nálánál erősebb savat. Ez azért nem kielégítő magyarázat, mert még ha a salétromsav erősebb sav is lenne, mint a kénsav, akkor sem észlelhetnénk semmilyen változást. A versenyzők véleménye megoszlott arról, hogy a 9. pontban keletkezik-e csapadék – ugyanis kellően tömény oldatok esetén leválhat fehér csapadék, reagens oldatok esetében viszont nem. Mindkét választ elfogadtuk. Néhányan a feladat megoldása során a reakciókat kipróbálták laboratóriumban, ennek külön örültünk.

(Kiss Andrea)

H203. a) A feladat első részében a keresett Hyperol nevű vegyületre a szöveg alapján a következő általános képletet írhatjuk fel, révéen hogy a karbamid nem tartalmaz aktív oxigént: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}_2$.

Így a következő egyenlethez jutunk:

$$\frac{32x}{60 + 34x} = 0,3401$$

Melynek megoldásával $x = 1$ eredményt kapunk, azaz a keresett vegyület képlete $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$.

b) A feladat szövege alapján azt mondhatjuk, hogy a két ismeretlen elem közül az egyik a hidrogén, mivel hidrogén-peroxid-komplexekről van szó. Így 100 g vegyületben 30,57 g -1 -es oxidációs állapotú oxigén, 30,57 g -2 -es oxidációs állapotú oxigén, $30,57 \cdot 2/34 = 1,798$ g „hidrogénion”, 29,28 g nátriumion, és 7,782 g ismeretlen elem van. ezekből az adatokból felírhatjuk a töltésmérleget a vegyületre.

$$\frac{30,57}{32} \cdot (-2) + 1,798 + \frac{30,57}{16} \cdot (-2) + \frac{29,28}{23} + \frac{7,782}{x} \cdot n = 0$$

Ahol az n az ismeretlen elem oxidációs állapotát, x pedig a tömegét jelenti. Így $n = +4$ választással x -re 12-t kaphatunk, ami a szén atomtömege. Ezek után felírva az egyes komponensek arányait megkaphatjuk,

hogy $\text{Na}:\text{C}:\text{O}:\text{H} = 4:2:6:12$, amely a $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ vegyületnek felel meg.

c) Ebben a feladatrészben a vegyület csak aktív oxigént tartalmazott. A

b) feladatrészhez hasonló gondolatmentettel a következő egyenletet írhatjuk fel:

$$\frac{65,74}{32} \cdot (-2) + 2,77 + \frac{31,49}{x} \cdot n = 0$$

Így $n = +1$ választással x értékére 23 adódik, ami a nátrium atomtömege.

Újfént kiszámolva az egyes komponensek arányát a $\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_2$ képlethez juthatunk.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el. A pontátlag 9,5 pont volt, a legtöbb hiba figyelmetlenségből adódott.

(Érsek Gábor)

H204. A vizes oldatban mért abszorbanciákra felírható az alábbi egyenletrendszer:

$$\lambda = 430 \text{ nm}: 0,766 = 23,0 \cdot [\mathbf{M}]_v + 1,02 \cdot [\mathbf{MA}_2]_v$$

$$\lambda = 600 \text{ nm}: 0,900 = 0,110 \cdot [\mathbf{M}]_v + 55000 \cdot [\mathbf{MA}_2]_v.$$

Az egyenletrendszert megoldva $[\mathbf{M}]_v = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$, $[\mathbf{MA}_2]_v = 1,63 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$. Felírhatjuk az \mathbf{MA}_2 komplex stabilitási állandóját:

$$K_{\text{st}}(\mathbf{MA}_2) = [\mathbf{MA}_2]_v / ([\mathbf{M}]_v \cdot [\mathbf{A}_2]_v^2)$$

melyből $[\mathbf{A}]_v = 7,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$. A szerves és vizes fázis közötti megoszlási egyensúlyokat felírva:

$$K_D(\mathbf{A}) = [\mathbf{A}]_{\text{sz}} / [\mathbf{A}]_v,$$

$$K_D(\mathbf{MA}_2) = [\mathbf{MA}_2]_{\text{sz}} / [\mathbf{MA}_2]_v.$$

Ez alapján $[\mathbf{A}]_{\text{sz}} = 2,80 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ és $[\mathbf{MA}_2]_{\text{sz}} = 1,63 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ ($[\mathbf{M}]_{\text{sz}} = 0 \text{ mol/dm}^3$).

Az összeöntés után mind a szerves, mind a vizes fázis térfogata 20 cm^3 lett, míg az \mathbf{M} és az \mathbf{A} anyagok összes anyagmennyisége 1 mmol és

2 mmol. Az eddigi adatok ismeretében kiszámítható **ML** és **L** anyagmennyisége:

$$\begin{aligned}n(\mathbf{ML}) &= n(\mathbf{M}_0) - ([\mathbf{M}]_v + [\mathbf{MA}_2]_v + [\mathbf{MA}_2]_{sz}) \cdot V, \\n(\mathbf{ML}) &= 1.000 - (3,33 \cdot 10^{-2} + 1,63 \cdot 10^{-5} + 1,63 \cdot 10^{-2}) \cdot 20 = \\&= 7,674 \cdot 10^{-3} \text{ mmol} \\n(\mathbf{L}) &= (n(\mathbf{A}_0) - ([\mathbf{A}]_{sz} + [\mathbf{A}]_v + 2 \cdot ([\mathbf{MA}_2]_{sz} + [\mathbf{MA}_2]_v)) \cdot V - \\&= 2 \cdot n(\mathbf{ML})) / 2 \\n(\mathbf{L}) &= (2.000 - (2,80 \cdot 10^{-2} + 7,00 \cdot 10^{-5} + 1,63 \cdot 10^{-2} + 1,63 \cdot 10^{-5}) \cdot 20 \\&= 2 \cdot 7,674 \cdot 10^{-3}) / 2 = 3,853 \cdot 10^{-1} \text{ mmol}.\end{aligned}$$

Ezekből $[\mathbf{ML}]_{sz} = 3,837 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ és $[\mathbf{L}]_{sz} = 1,926 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$.

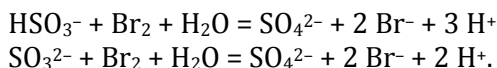
A kért folyamatok egyensúlyi állandója tehát:

$$\begin{aligned}K_a &= [\mathbf{L}]_{sz} / [\mathbf{A}]_{sz}^2 = 24,57 \text{ (mol/dm}^3\text{)}^{-1} \\K_a &= [\mathbf{ML}]_{sz} / [\mathbf{MA}]_{sz} = 2,354 \cdot 10^{-2}\end{aligned}$$

A megoldások fele hibátlan volt, a pontátlag 7,1 pont. A feladat megoldása során a legtöbb gondot a megoszlási állandók helytelen (inverz) használata jelentette.

(Sarka János)

H205. a) A brómozás során lejátszódó reakciók egyenlete:



A reakciók lejátszódása után $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ hatására BaSO_4 csapadék válik le, melynek anyagmennyisége $2,995 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Ez megegyezik a szulfit- és a hidrogén-szulfit-ionok mennyiségének összegével. A titrálás során $7,003 \cdot 10^{-4} \text{ mol NaOH}$ fogy:

$$7,003 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 3n(\text{HSO}_3^-) + 2n(\text{SO}_3^{2-})$$

Ezek alapján a **C** oldatban $1,013 \cdot 10^{-4} \text{ mol NaHSO}_3$ és $1,982 \cdot 10^{-4} \text{ mol Na}_2\text{SO}_3$ található. A pormintában tehát $0,01013 \text{ mol}$ ($1,0541 \text{ g}$) NaHSO_3 és $0,01982 \text{ mol}$ ($2,4981 \text{ g}$) Na_2SO_3 volt, a maradék NaCl , melynek tömege $1,4698 \text{ g}$. A porminta tömegszázalékos összetétele:

21,00 % NaHSO_3 , 49,73 % Na_2SO_3 és 29,27 % NaCl .

b) $K_{s2} = [\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}] / [\text{HSO}_3^-]$, ami átrendezve: $[\text{H}^+] = K_{s2} \cdot [\text{HSO}_3^-] / [\text{SO}_3^{2-}]$. Mivel a sav és a só koncentrációja is viszonylag nagy és egymással ösz-

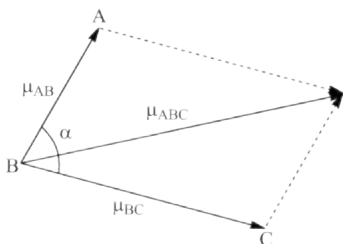
szemérhető, ezért a disszociáció elhanyagolható. Az oldat puffernek tekinthető és a pufferképlet alkalmazható: $[H^+] = K_b \cdot c_{sav} / c_{só}$.

Ebből $[H^+] = 2,555 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$, $\text{pH} = 5,60$.

A feladatra érkezett megoldások többsége hibátlan volt. A pontátlag 8,4 pont.

(Sarka János)

H206. a) A nemlineáris ABC molekula dipólusmomentumának meghatározása a kötéspmomentumok alapján a koszinusztétel alkalmazásával:



$$\mu_{ABC}^2 = \mu_{AB}^2 + \mu_{BC}^2 - 2\mu_{AB}\mu_{BC} \cos(180 - \alpha)$$

$$\mu_{ABC}^2 = \mu_{AB}^2 + \mu_{BC}^2 + 2\mu_{AB}\mu_{BC} \cos \alpha$$

$$\mu_{ABC} = \sqrt{\mu_{AB}^2 + \mu_{BC}^2 + 2\mu_{AB}\mu_{BC} \cos \alpha}$$

b) A kén-hidrogén-molekula dipólusmomentumának meghatározása:

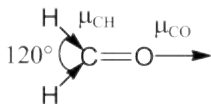
$$\mu_{H_2S}^2 = \mu_{HS}^2 + \mu_{HS}^2 + 2\mu_{HS}\mu_{HS} \cos \alpha = 2\mu_{HS}^2 (1 + \cos \alpha)$$

$$\cos \alpha = \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1$$

$$\mu_{H_2S} = 2\mu_{HS} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2 \cdot \frac{2,61 \cdot 10^{-30}}{3,33 \cdot 10^{-30}} \cdot \cos \frac{92}{2} = 1,09 \text{ D}$$

c) Az egyes atomok elektronegativitásának figyelembevételével meghatározható a kötéspmomentum-vektorok iránya.

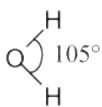
$$EN_O > EN_C > EN_H$$



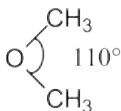
$$\mu_{H-C-H} = 2\mu_{C-H} \cos \frac{120^\circ}{2} = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ D}$$

$$\mu_{HCHO} = \mu_{HCH} + \mu_{C=O} = 0,4 + 2,3 = 2,7 \text{ D}$$

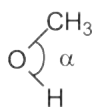
d) A feladatban szereplő molekulák geometriája:



H_2O



$\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$



$\text{CH}_3\text{-O-H}$

Az OH-kötésmomentum meghatározása a víz dipólusmomentuma alapján:

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}}^2 = \mu_{\text{OH}}^2 + \mu_{\text{OH}}^2 + 2\mu_{\text{OH}}\mu_{\text{OH}} \cos \alpha = 2\mu_{\text{OH}} \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

$$1,84 = 2\mu_{\text{OH}} \cos \frac{105^\circ}{2}$$

$$\mu_{\text{OH}} = 1,51 \text{ D}$$

Az OCH_3 kötésmomentum meghatározása az éter dipólusmomentuma alapján:

$$1,29 = 2\mu_{\text{OCH}_3} \cos \frac{110^\circ}{2}$$

$$\mu_{\text{OCH}_3} = 1,12 \text{ D}$$

A metanol kötőszögének meghatározása a dipólusmomentum és a kötésmomentum ismeretében:

$$\cos(\alpha) = \frac{(\mu_{\text{CH}_3\text{OH}}^2 - \mu_{\text{OH}}^2 - \mu_{\text{OCH}_3}^2)}{2\mu_{\text{OH}}\mu_{\text{OCH}_3}} = \frac{(1,69^2 - 1,51^2 - 1,12^2)}{2 \cdot 1,51 \cdot 1,12}$$

$$\alpha = 101,7^\circ$$

A feladatra sok jó megoldás érkezett, szinte mindenki maximális pontszámot kapott.

(Dénes Nóra)

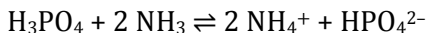
H207. a) Mivel $K_3 \ll K_2 \ll K_1$, ezért számottevően csak az első disszociációs lépés megy végbe: $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$

$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}$$

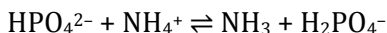
Ebből a bemérési koncentráció: $c = 0,195 \text{ mol/dm}^3$. A foszforsav specieszeinek koncentrációi ezután a savi disszociációs állandókból számolhatók:

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{PO}_4] &= 0,160 \text{ mol/dm}^3 & [\text{PO}_4^{3-}] &= 8,58 \cdot 10^{-19} \text{ mol/dm}^3 \\ [\text{H}_2\text{PO}_4^-] &= 3,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 & [\text{H}^+] &= 3,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \\ [\text{HPO}_4^{2-}] &= 6,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3 & [\text{OH}^-] &= 2,88 \cdot 10^{-13} \text{ mol/dm}^3 \end{aligned}$$

b) A két oldat összeöntése után ammóniára $0,4/2 = 0,2 \text{ M}$, foszforsavra nézve pedig $0,2/2 = 0,1 \text{ M}$ koncentrációjú oldatot kapunk, amit egy $0,1 \text{ M}$ koncentrációjú $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ -oldatnak is tekinthetünk:



Ez az oldat várhatóan gyengén lúgos ($K_3 \ll K_s(\text{NH}_4^+) < K_{h,2} = 10^{-14}/K_2$), így $[\text{HPO}_4^{2-}]$ és $[\text{NH}_4^+]$ mellett elég a $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ és $[\text{NH}_3]$ koncentrációkat figyelembe venni. Ezért a hidrolizáló ionok gyakorlatilag csak egymást protonálják át:



Az egyensúlyi koncentrációk:

$$\begin{aligned} [\text{H}_2\text{PO}_4^-] &\approx [\text{NH}_3] \\ [\text{HPO}_4^{2-}] &= 0,1 - [\text{H}_2\text{PO}_4^-] \approx 0,1 - [\text{NH}_3] \\ [\text{NH}_4^+] &= 2 \cdot 0,1 - [\text{NH}_3] \\ [\text{H}^+] &= K_2 \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = K_{s(\text{NH}_4^+)} \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \end{aligned}$$

Az utolsó egyenletbe behelyettesítve másodfokú egyenletet kapunk:

$$\begin{aligned} ([\text{H}^+] =) K_2 \frac{[\text{NH}_3]}{0,1 - [\text{NH}_3]} &= K_{s(\text{NH}_4^+)} \frac{0,2 - [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_3]} \\ [\text{NH}_3] &= 1,24 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \end{aligned}$$

Az eredményt visszahelyettesítve a $[H^+]$ -ra $8,7 \cdot 10^{-9}$ mol/dm³-t kapunk, amiből a $pH = 8,06 \approx 8,1$.

c) Az oldatok összeöntésével gyakorlatilag felére csökkenek a kiindulási oldatok koncentrációi. Mivel a Mg^{2+} -ionok hidrolízisétől eltekinünk, az ammóniás foszforsavoldat ionarányai nem nagyon változnak, s ezzel együtt a pH sem. Így a csapadékképzésben részt vevő NH_4^+ és PO_4^{3-} ionok koncentrációit a b) részből átvehetjük:



$$[NH_4^+]' = (0,2 - [NH_3]) / 2 = 9,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

$$[PO_4^{3-}]' = (K_3 \cdot [HPO_4^{2-}] / [H^+]) / 2 = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$[Mg^{2+}]' = 0,2 / 2 = 0,1 \text{ mol/dm}^3$$

Az ionkoncentrációk szorzata $[NH_4^+]'[Mg^{2+}]'[PO_4^{3-}]' = 2,3 \cdot 10^{-8}$ mol/dm³ több nagyságrenddel nagyobb, mint a $2,5 \cdot 10^{-13}$ oldhatósági szorzat, ezért a csapadék leválik.

A feladatra érkezett megoldások fele kapott teljes pontszámot. Az átlag 7,68 pont. Többen a feladat könnyebb végét fogták meg, hogy a b) részt egy egyenletrendszer-megoldó szoftverrel oldották meg, amivel a pontos eredmény $pH = 8,15$. Eszerint a fenti elhanyagolások jogosan megtehetőek.

(Babinszki Bence)

H208. a) A természetben megtalálható három bomlási sor:

1) Ra- vagy U-sor:

²³⁸U, **²³⁴Th**, **²³⁴Pa**, **²³⁴U**, **²³⁰Th**, **²²⁶Ra**, **²²²Rn**, **²¹⁸Po**, **²¹⁴Pb** és **²¹⁸At**, **²¹⁴Bi** és **²¹⁸Rn**, **²¹⁴Po** és **²¹⁰Tl**, **²¹⁰Pb**, **²¹⁰Bi**, **²¹⁰Po** és **²⁰⁶Tl**, **²⁰⁶Pb**.

A tömegváltozás a kiindulási és a végtermék között 32, ami $32/4 = 8$ alfa-bomlásnak felel meg. A rendszámkülönbség 10, az alfa bomlások hatása -16 , tehát még összesen 6 béta-bomlás van a sorban. A teljes bomlási sorban egynél több útvonal is található, összesen 12 alfa és 10 béta-bomlás figyelhető meg.

2) Ac-sor:

²³⁵U, **²³¹Th**, **²³¹Pa**, **²²⁷Ac**, **²²⁷Th** és **²²³Fr**, **²²³Ra** és **²¹⁹At**, **²¹⁹Rn** és **²¹⁵Bi**, **²¹⁵Po**, **²¹¹Pb** és **²¹⁵At**, **²¹¹Bi**, **²⁰⁷Tl** és **²¹¹Po**, **²⁰⁷Pb**.

A sorban $28/4 = 7$ alfa-bomlás, és $14-10 = 4$ béta-bomlás található (12 alfa, 9 béta a teljes sorban).

3) Th-sor:

^{232}Th , ^{228}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po és ^{208}Tl , ^{208}Pb .

A sorban $24/4 = 6$ alfa-bomlás, és $12-8 = 4$ béta-bomlás található (7 alfa, 5 béta a teljes sorban).

Ezenkívül van még egy negyedik bomlási sor is, a Np-sor, amelynek a föld életkorához viszonyított kis felezési idői miatt már csak a legutolsó két tagja található meg a természetben:

^{237}Np , ^{233}U , ^{229}Th , ^{225}Ra , ^{225}Ac , ^{221}Fr , ^{217}At , ^{213}Bi , ^{209}Tl és ^{213}Po , ^{209}Pb , ^{209}Bi , ^{205}Tl .

A sorban $22/4 = 8$ alfa-bomlás, és $16-12 = 4$ béta-bomlás található (9 alfa, 5 béta a teljes sorban).

b) A csapadékok leválásához szükséges feltételek:

$$\text{PbSO}_4: 10^{-7,66}/0,02 = 1,094 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{Pb}(\text{IO}_3)_2: 10^{-16,61}/0,001^2 = 2,455 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

$$(\text{Pb}(\text{IO}_3)_2: 10^{-12,61}/0,001^2 = 2,455 \cdot 10^{-7} \text{ M})$$

$$\text{PbI}_2: 10^{-7,86}/(9,7 \cdot 10^{-3})^2 = 1,467 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{PbC}_2\text{O}_4: 10^{-10,05}/5,0 \cdot 10^{-3} = 1,783 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$\text{PbCl}_2: 10^{-4,77}/0,05^2 = 6,793 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Ez alapján a csapadékok leválásának a sorrendje: $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$, PbC_2O_4 , PbSO_4 , PbI_2 és PbCl_2 . A feladatban a $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ oldhatósági szorzata helytelenül szerepelt, a helyes állandóval számolva (félkövéren) a sorrend PbC_2O_4 , $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$, PbSO_4 , PbI_2 és PbCl_2 .

Amikor a PbI_2 elkezd leválni, akkor a $[\text{I}^-] = 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot 20,0/41,6 = 4,663 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, amiből $[\text{Pb}^{2+}] = 6,347 \cdot 10^{-4} \text{ M}$. Ekkor a $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ és a IO_3^- leválása gyakorlatilag teljes, míg a $[\text{SO}_4^{2-}] = 3,447 \cdot 10^{-5} \text{ M}$.

A kiindulási oldatban lévő ólomionok anyagmennyisége:

$$n_0 = 20,0 \cdot (5,0 \cdot 10^{-3} + 0,001/2) + (20,0 \cdot 0,02 - 41,6 \cdot 3,447 \cdot 10^{-5}) + 41,6 \cdot 6,347 \cdot 10^{-4} = 0,5350 \text{ mmol.}$$

A kiindulási oldat koncentrációja:

$$c_0 = 0,5350/21,6 = 0,0248 \text{ M}$$

8 hibátlan megoldás érkezett, a pontátlaga 7,7. A feladat megoldói közül sokan a kiindulási oldat helyett a keletkezett oldat koncentrációját adták meg.

(Sarka János)

H209. a) A Fe^{3+} ionok 99%-át csapadékként leválasztva az oldatban maradó ionok koncentrációja $[\text{Fe}^{3+}] = 2 \cdot 0,05/100 = 10^{-3}$ M. Ekkor a $[\text{OH}^-] = (3,8 \cdot 10^{-38}/10^{-3})^{1/3} = 3,362 \cdot 10^{-12}$ M, a pH pedig 2,53. Ezen a pH-n: $[\text{UO}_2^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 0,01 \cdot (3,362 \cdot 10^{-12})^2 = 1,13 \cdot 10^{-25} < 10^{-22}$ M, tehát a $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ nem válik le.

b) A kiindulási urán mennyisége 0,01 mol. Legyen az extrakció után a vizes fázisban maradó urán mennyisége x mol, koncentrációja x M, míg a szerves fázisba átmenő urán anyagmennyisége $(0,01 - x)$ mol, koncentrációja $2 \cdot (0,01 - x)$ M. A megoszlási hányados tehát

$$D = c_{\text{org}}/c_{\text{víz}} = 2 \cdot (0,01 - x)/x = 10$$

Ebből $x = 1,667 \cdot 10^{-3}$ M. A vizes fázisban maradó anyag mennyisége tehát 16,67 %.

A 96 %-os extrakció eléréséhez osszuk n részre a szerves oldószert. Egy lépés után a szerves fázis koncentrációja:

$$(0,01 - x_1)/(0,5/n) = 2n \cdot (0,01 - x_1) \text{ M}$$

a megoszlási hányados

$$D = 2n \cdot (0,01 - x_1)/x_1 = 10$$

Ebből

$$x_1 = 2n/(10 + 2n) \cdot 0,01$$

A következő lépésben ezt használjuk kiindulási koncentrációnak, így az n . lépés után:

$$x_n = (2n/(10 + 2n))^n \cdot 0,01$$

A vizes fázisban maradó anyag tehát

$$x_n/0,01 \cdot 100 = (2n/(10 + 2n))^n \cdot 100 \% < 4\%.$$

Ez $n = 4$ esetén már teljesül, a megmaradó mennyiség

$$x_n/0,01 \cdot 100 = 3,9 \%$$

Tehát négy részre kell osztani az a szerves oldószert.

Hibátlan megoldást küldött be Baglyas Márton, Sulyok-Eiler Máté és Vörös Zoltán János. A feladat pontátlagosa 6,3 pont.

(Sarka János)

H210. a) Két Al-atom közötti távolság egyszerűen számítható a koszinusztétel segítségével:

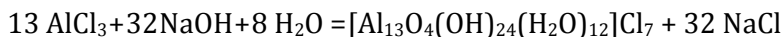
$$d_{\text{Al-Al}}^2 = (221 \text{ pm})^2 + (221 \text{ pm})^2 - 2 \cdot 221 \text{ pm} \cdot 221 \text{ pm} \cdot \cos 101^\circ$$

$$d_{\text{Al-Al}} \approx 341 \text{ pm}$$

b) Az ion töltésének számítása:

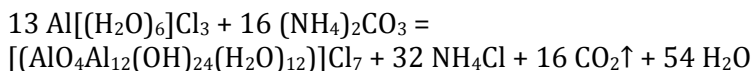
$$n = 13 \cdot (+3) + 2 \cdot (-4) + 24 \cdot (-1) + 12 \cdot 0 = 7$$

Keletkezésének egyenlete:



c) Az ion 1 db tetraédes AlO_4 és 12 db oktaédes AlO_6 egységből áll. A szomszédos oktaédereket 28 db O-atom kapcsolja össze az ionban.

d) A reakció egyenlete:



A kapszula tényleges térfogata:

$$17 \text{ cm}^3 - 3 \cdot \frac{4 \cdot (0,542 \text{ cm})^3 \cdot \pi}{3} = 15 \text{ cm}^3$$

A reakció során CO_2 gáz fejlődik, ez adja az 1,5 atm nyomásnövekedést. A fejlődött CO_2 anyagmennyisége: $9,197 \cdot 10^{-4}$ mol, a termékből ennek alapján $5,75 \cdot 10^{-5}$ mol keletkezett.

A feladat nem bizonyult nehéznek, több hibátlan megoldás is érkezett. Gyakori hiba volt, hogy a beküldők a b) pontban az egyenlet bal oldalán reaktánsként NaOH-t, míg jobb oldalán HCl-t tüntettek fel. Többen nem vették figyelembe a d) pontban, hogy 1 atm = 101325 Pa, nem pedig 10^5 Pa (ami 1 bar-nak felel meg).

(Najbauer Eszter Éva)

A 2013/2014. tanév pontversenyeinek végeredménye

Az alábbiakban közöljük az egyes kategóriákban kiemelkedő eredményt elért diákok névsorát. (Elektronikus úton minden résztvevő megkapta a pontszámát és elért helyezését.)

Május 16-án minden kategória első három helyezettje (kiegészülve a Keresd a kémiát! és a fordítási versenyek három-három legjobb megoldójával) ünnepélyes keretek között vehette át jutalmát a Magyar Kémikusok Egyesülete elnökétől.

Gratulálunk az eredményekhez és bízunk benne, hogy a jövő tanévben ismét sokan belevágnak a feladatmegoldásba!

A pontverseny (9. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Bajczi Levente Török Ignác Gimnázium, Gödöllő	Karasz Gyöngyi, Kalocsai Ottó	183,5
2	Stenczel Tamás Károly Török Ignác Gimnázium, Gödöllő	Karasz Gyöngyi, Kalocsai Ottó	177,5
2	Török Zsombor Áron Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Nagy István	177,5
4	Hegyí Krisztina Janus Pannonius Gimnázium, Pécs	Vargáné Bertók Zita	171,5
5	Matus Mercédesz Garay János Gimnázium, Szekszárd	Dr. Krausz Krisztina	144
6	Semperger Zsolt Budapesti Fazekas Mihály Ált. Isk. és Gimnázium	Keglevich Kristóf	130,5
7	Takács Péter György Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Nagy István	116
8	Péli Petra Budapest V. Kerületi Eötvös József Gimnázium	Dancsó Éva	114,25

A pontverseny (10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Tihanyi Áron Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Nagy István	189
2	Luu Hoang Kim Ngan ELTE Radnóti Miklós Gyakorlógimnázium	Albert Viktor	160,5
3	Ács Júlia Berzsenyi Dániel Gimnázium	Siegler Gábor	160
4	Szigetvári Barnabás Ipari Szakközépiskola és Gimnázium, Veszprém	Pulai Gáborné	155,5
5	Tanner Martin Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Nagy István	146
6	Hotzi Judit Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Fenyősné Kircsi Amália	126

K pontverseny (9-10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Baglyas Márton Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Nagy István	187,5
2	Balbisi Mirjam Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekne Becz Beatrix	186
3	Várda Ernák Ferenc Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, Pécs	Mostbacher Éva	174,5
4	Szanthoffer András Budapest V. Kerületi Eötvös József Gimnázium	Dancsó Éva	148,5
4	Stenczel Tamás Károly Török Ignác Gimnázium, Gödöllő	Karasz Gyöngyi, Kalocsai Ottó	148,5
6	Sándor Gergely Attila Németh László Gimnázium, Budapest	Udvarhelyiné Nyárády Mariann	131
7	Bajcsi Levente Török Ignác Gimnázium, Gödöllő	Karasz Gyöngyi, Kalocsai Ottó	129,5
8	Papp Ábrahám Ciszterci Szent István Gimnázium, Székesfehérvár	Rideg Gabriella	127
9	Kiss Gábor Ádám Selye János Gimnázium, Révkomárom	Fiala Andrea	125
10	Kozma Márton Szent István Gimnázium, Budapest	Dr. Borbás Réka	124

K pontverseny (11-12. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Vörös Zoltán János Váci Mihály Gimnázium, Tiszavasvári	Bényei András	188,5
2	Csenki János Tivadar Móra Ferenc Gimnázium, Kiskunfélegyháza	Hajagos-Tóth Veronika	179,5
3	Koch Lilla Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Dr. Miklós Endréné	157
4	Olasz Vivien Zrínyi Miklós Gimnázium, Zalaegerszeg	Tölgyesné Kovács Katalin, Halmi László	153,5
5	Heilmann Tímea Városmajori Gimnázium, Budapest	Nagyné Hodula Andrea	147
6	Schneiker Anita Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Dr. Miklós Endréné	138

H pontverseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Vörös Zoltán János Váci Mihály Gimnázium, Tiszavasvári	Bényei András	185,2
2	Baglyas Márton Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Nagy István	182,2
3	Angyal Péter Ciszterci Szent István Gimnázium, Székesfehérvár	Takácsné Kovács Anikó	178
4	Csenki János Tivadar Móra Ferenc Gimnázium, Kiskunfélegyháza	Hajagos-Tóth Veronika	168,75
5	Borsik Gábor ELTE Apáczai Csere János Gyakorló gimnázium	Villányi Attila	164,7
6	Stenczel Tamás Károly Török Ignác Gimnázium, Gödöllő	Karasz Gyöngyi, Kalocsai Ottó	160,7
7	Egyed Bálint Zrínyi Miklós Gimnázium, Zalaegerszeg	Tölgyesné Kovács Katalin, Halmi László	159,95
8	Volford András Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, Szeged	Bán Sándor, Prókai Szilveszter	159,525
9	Repkényi Dorottya ELTE Apáczai Csere János Gyakorló gimnázium	Sebő Péter	158,5
10	Virágh Anna Vörösmarty Mihály Gimnázium, Érd	Versits Lívია	157,7
11	Sárvári Péter ELTE Apáczai Csere János Gyakorló gimnázium	Villányi Attila, Sebő Péter	156,575