

GONDOLKODÓ



A 2018/2019. tanév pontversenyeinek végeredménye

Az alábbiakban közöljük az egyes kategóriákban kiemelkedő eredményt elért diákok névsorát. (Elektronikus úton minden résztvevő megkapja a pontszámait.)

Május 25-én minden kategória legjobb helyezettjei (kiegészülve a Keresd a kémiát! és a fordítási versenyek győzteseivel) ünnepélyes keretek között vették át jutalmaikat a Magyar Kémikusok Egyesülete elnökétől.

Gratulálunk az eredményekhez, és bízunk benne, hogy a jövő tanévben is sokan belevágna a feladatmegoldásba!

K pontverseny (9. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Horváth Emese Dorka Városmajori Gimnázium, Budapest	Nagyné Hodula Andrea	158,5

K pontverseny (10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Soós Anita Zolna ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebő Péter	152,5
2	Karvaly Krisztián Márk Veszprémi SZC Ipari Szakgimnáziuma	Pulai Gáborné	109,5
3	Kósa Zoltán ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebő Péter	106

K pontverseny (9. osztály csapatverseny)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Uff Mezei Anna, Miklós Bence Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekne Becz Beatrix	130

K pontverseny (10. osztály csapatverseny)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Agents of Albi Bartha Lilla, Babcsányi István, Benkő Dávid Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn.	Albert Attila	180,5

K pontverseny (11-12. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Ficsór István Dávid Kecskeméti Református Gimnázium	Tóth Imre	188,5
2	Huszka Szabolcs Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Dr. Miklós Endréné	138,5

H pontverseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Kozák András ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebő Péter Sebőné Bagdi Ágnes	164
2	Simon Vivien Klaudia ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebő Péter	145
3	Benkő Dávid Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn.	Albert Attila	142,75

Keresd a kémiát!

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Csécsi Marcell Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Fóris Tímea	102
2	Gabnai Márta Szt. Orsolya Római Katolikus Gimnázium, Sopron	Sántha Erzsébet	83
3	Pap Richárd Szt. Orsolya Római Katolikus Gimnázium, Sopron	Sántha Erzsébet	81,5

Angol fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Horváth Emese Dorka Városmajori Gimnázium, Budapest	Nagyné Hodula Andrea	379,3
2	Szebellédi Gergő Kecskeméti Református Gimnázium	Vargáné Hajdú Mária, Tóth Imre, Áipli Erika	372,1
3	Tabajdi Tege Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Husztá Pálma, Dr. Halmainé Cserhádi Eszter	349,3

Német fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Molnár Dóra Eötvös József Gimnázium, Budapest	Sándor István, Fészki Viktória	186
2	Waldberg Viktória Bolyai János Gimnázium, Salgótarján	Soósné Axmann Zsuzsanna, Horváthné Scholcz Erika	172
3	Tóth Zsanett Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Husztá Pálma, Mikóné Szántó Réka	155,5

Megoldások

K315. 100 g Z rendszámú, M moláris tömegű anyagban $100/M \cdot Z$ mol, azaz $100/M \cdot Z \cdot N_A$ darab proton van. Tehát különböző Avogadro-állandókkal számolva igaznak kell lennie a

$$\frac{100}{M} \cdot Z \cdot N_A = \frac{100}{M'} \cdot Z' \cdot N_A'$$

egyenlőségnek, ahol vesszővel Vendel számait jelöljük.

Ebből következik, hogy

$$\frac{N_A}{N_A'} = \frac{M/Z}{M'/Z'}$$

Vagyis olyan elempárokat keresünk, melyek M/Z arányai úgy arányulnak egymáshoz, mint 6:6,02214076. Ehhez az összes párosítást végig kell nézni (praktikusan elektronikusan, például egy Excel táblázattal). Az atomtömegek pontosságának megfelelően csak egy ilyen elempár van, mégpedig a neon-magnézium páros.

A pontozott helyen az eredeti feladatban $2,9733 \cdot 10^{25}$ db proton szerepelt tehát, így a tanár a magnéziumot várta válaszként.

Az egyenlet felírásáig a versenyzők többsége eljutott, azonban ezt inkább kézíleg, mintsem elektronikusan próbálták megoldani. Azonban az igazán jól illeszkedő elempárosra egyikük sem talált. Ez azért sem sikerülhetett, mert többen a négy jegyre (6,022) kerekített Avogadro-állandóval keresték a nem létező megoldást.

(Forman Ferenc)

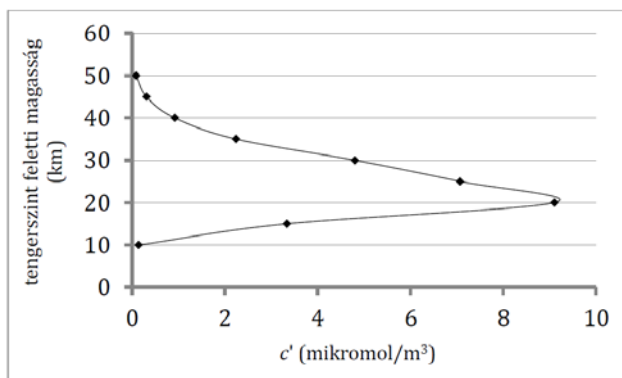
K316. Az ideális gázok univerzális egyenletébe ($pV = nRT$) a koncentrációt $c = n/V$ -ként behelyettesítve kapjuk, hogy

$$c = \frac{p}{RT}$$

Az ózon koncentrációjára pedig (ahol φ a térfogatszázalékot jelöli):

$$c' = \varphi \cdot \frac{p}{RT}$$

Az adatokat behelyettesítve és ábrázolva az alábbi diagram adódik:



Tehát 20 km magasságban legnagyobb az ózonkoncentráció.

Az ideális gázok egyenletét a versenyzők jól tudták használni, azonban sokan kihagyták számításaikból az ózon térfogatszázalékát, így nem kapták meg a megfelelő diagramot sem.

(Forman Ferenc)

K317. A telített nitrogéntartalmú vegyületeket a nitrogénatomok rendűsége alapján csoportosítjuk, azaz hogy hány szénatom kapcsolódik a nitrogénatomhoz. Ezek alapján beszélhetünk primer, szekunder és tercier aminokról. Ezekben az esetekben a nitrogénhez rendre egy, kettő, valamint három szénatom kapcsolódik.

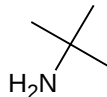
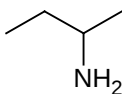
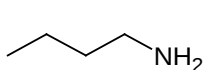
A telített oxigéntartalmú vegyületeket csoportosíthatjuk az oxigénatomhoz kapcsolódó szénatomok száma alapján. (Egy szénatom esetén alkoholról, kettő esetén éterről beszélünk.) Ezen felül az alkoholok csoportosíthatók az oxigénatom melletti szénatomhoz kapcsolódó további szénatomok száma alapján is. Egy, két, illetve három szénatom esetén primer, szekunder vagy tercier alkoholokról beszélhetünk.

Az eltérő csoportosítás alapja az, hogy a nitrogéntartalmú vegyületek a nitrogénen tudnak csak reagálni, így az határozza meg a reaktivitást. (Pl. a primer és szekunder aminok tudnak amidokat képezni, míg a tercier aminok nem.)

Ugyanakkor az aminok legjellemzőbbnek tekinthető kémiai tulajdonsága, a bázisként való viselkedés lényegileg független a nitrogénatomhoz kapcsolódó hidrogénatomok számától, ezért nem

tűnik logikusnak különböző vegyületcsoportba sorolni ezeket. Az oxigéntartalmú vegyületek esetén viszont igen lényeges kémiai tulajdonság a savként való viselkedés, amely az oxigénatomhoz kapcsolódó hidrogénatom jelenlététől függ. Ezért logikus döntés eltérő vegyületcsoportba sorolni azokat, amelyeknek van ilyen hidrogénatomja és azokat, amelyeknek nincs (alkoholok és éterek).

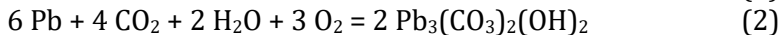
Ugyanakkor az alkoholok kémiai reakcióiban gyakran érintett az oxigénatomhoz kapcsolódó szénatom is. Oxidációjukat tekintve pl. a terciér alkoholok nem reagálnak réz(II)-oxiddal, míg a primer és szekunder alkoholok igen. Ezért indokolt olyan csoportosítást is használni, amelyben a hidroxilcsoport szénatomjának rendűsége a besorolás alapja. Ilyet pl. az $-NH_2$ csoportot tartalmazó primer aminoknál nem használnak, ezért az alábbi vegyületeket nem sorolják különböző csoportba:



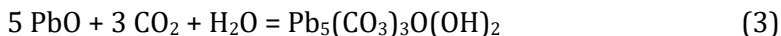
A versenyzők jól oldották meg a feladatot, bár páran túlságosan belementek a részletekbe, és az indoklás elmaradt.

(Forman Ferenc)

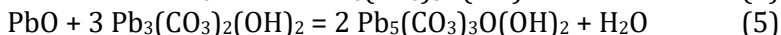
K318. A cerusszit és hidrocerusszit ólomból való képződése során az oxidáció, valamint a karbonát- és hidroxidcsoportok beépülése nem feltétlenül egyszerre játszódik le. A folyamatokat külön-külön, de egy bruttó reakcióban is fel lehet írni. A bruttó reakciókban a reagensek arányai egyértelműek:



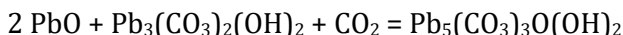
A litargitból történő plumbonakrit-képződés bruttó reakciója hasonlóan egyértelmű:



A litargit és az ólomfehér összetevőinek plumbonakritot adó reakciói nem egyértelműek viszont. Ugyan fel tudunk egyszerű egyenleteket írni a levegő összetevői nélkül is:



A feladat viszont úgy fogalmazott, hogy a reakció levegőn játszódik le, így nem tudjuk, hogy a kísérletben megfigyelhető folyamatokban milyen arányban szerepel a (3) és a (4-5) reakció. Például, ha a (3) és az (5) reakció pontosan 1:1 arányban játszódna le, akkor lenne a bruttó egyenlet:



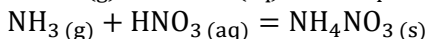
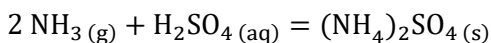
A független folyamatok arányairól viszont csak a kísérletek adhatnak információt, de ilyen jellegű adatokat nem tartalmazott a feladat.

Az egyszerű egyenletek felírása nem jelentett nehézséget a megoldóknak, de senki nem gondolt arra a szokatlan esetre, hogy a plumbonakrit keletkezéséhez nem egyetlen reakcióegyenlet társul.

(Magyarfalvi Gábor)

K319. a) Aminosavak, fehérjék bomlása; műtrágya (karbamid, ammónium-nitrát) hidrolízise.

b)



A két keletkező szilárd anyag csapadékképződési gócként szolgál, így indukálva az aeroszolképződést.

c) Az átlagos kibocsátás (Kína területét 10 millió km²-nek véve):

$$\frac{N}{A \cdot t} = \frac{m/M \cdot N_A}{A \cdot t} = \frac{12 \cdot 10^{12} / 17 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{10^7 \cdot 10^{10} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 365} = 8,2 \cdot 10^{10} \frac{\text{mol}}{\text{min} \cdot \text{cm}^2}$$

Tehát a keresett arány

$$\frac{7^{13}}{8,2 \cdot 10^{10}} = 854$$

Tehát e területek ammóniakibocsátása 854-szerese az országos átlagnak.

Kevesen ismerték fel az ammóniumsók csapadékképző szerepét, illetve többen elhibázták a mértékegység-átváltásokat.

(Forman Ferenc)

K320. Aktív játéktervezőként az értékelés során az alábbiakat vettem figyelembe:

- Világos szabályzat, ezen belül egyértelmű a játék célja, menete és a kezdőállapot;
- Eredeti ötlet, vagyis nem más játék koppintása, vagy kémiásított változata;
- A játék kellő egyensúllyal rendelkezik, vagyis minden résztvevőnek hasonló esélye van nyerni, attól függetlenül például, hogy az első körben mennyit dob;
- Élvezetes játékmenet (ezt mindenkinek megítéltem).

Öröm volt olvasni a kreatív megoldásokat, bár sajnos sokan leragadtak a kvízzjátékoknál.

(Forman Ferenc)

K321. A végbemenő (sav-bázis) reakció egyenlete (Asc^- jelölést használva az aszkorbátionra):



A kezdetben az oldatban lévő aszkorbinsav anyagmennyiségét annak tömegéből számíthatjuk, melyhez az oldat tömegszázalékos összetételéből jutunk.

$$n(\text{HAsc}) = \frac{m_{\text{HAsc}}}{M_{\text{HAsc}}} = \frac{m_{\text{oldat}} \cdot w}{M_{\text{HAsc}}} = \frac{m_{\text{oldat}} \cdot \left(\frac{69,5}{169,5}\right)}{M_{\text{HAsc}}} = 0,4659 \text{ mol}$$

Vagyis a reakció lejátszódása után jelen lévő víz (beleszámolva a menet közben keletkező víz mennyiségét):

$$m_{\text{víz}} = 200 - 82 + 0,4659 \cdot 18 = 126,4 \text{ g}$$

A keletkező LiAsc tömege:

$$m_{\text{LiAsc}} = n_{\text{LiAsc}} \cdot M_{\text{LiAsc}} = 84,8 \text{ g}$$

Vagyis 100 g vízre $100 \cdot 84,8 / 126,4 = 67,1 \text{ g}$ LiAsc jut. Ez 36-38 °C-os hőmérsékletnek felel meg.

A feladat nem volt könnyű, többen megfeledeztek a reakció során keletkező vízről.

(Forman Ferenc)

K322. a) Mivel a feladat egyszerű ionokat kér, ezért a lutécium-gallium-gránátot olyan ionvegyületnek fogjuk tekinteni, melynek rácspontjain Lu^{2+} , Ga^{3+} és O^{2-} ionok vannak.

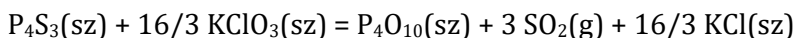
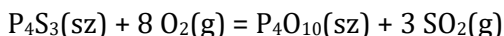
b) A töltésneutralitás jegyében a kalcium:króm arány 1:1 kell legyen, hogy a rácspontok se maradjanak üresen, és a kationok össztöltése is állandó maradjon. Tehát a keletkező vegyes oxid összegképlete $\text{Ca}_n\text{Cr}_n\text{Lu}_{3-2n}\text{Ga}_5\text{O}_{12}$, egy mól tömege $(1067 - 258n)$ gramm. Egy mól anyagban $40n$ gramm Ca található. Mivel a két tömeg aránya a feladat szerint $0,3799\% = 0,003799$, $n = 0,09891$ adódik, vagyis a lutéciumatomok $n/3 = 3,297\%$ -át helyettesítették Ca-atomok.

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

(Forman Ferenc)

K323. a) Az adatok alapján 56,3 gramm foszforra jut 43,7 gramm kén, azaz 1,816 mol foszforra 1,366 mol kén, ami egyszerűsítve 4 : 3 mólarányt jelent. Így a képlet P_4S_3 .

b) Az égések egyenletei:



Az égéshő (egy mólnyi P_4S_3 -ra vonatkoztatva) Hess-tétele alapján számolva:

$$3(-296,9 \text{ kJ/mol}) + (-2940 \text{ kJ/mol}) - \Delta_{\text{k}}H(\text{P}_4\text{S}_3(\text{sz})) = \Delta_{\text{r}}H_1$$

az első egyenletre, és

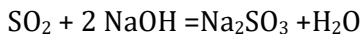
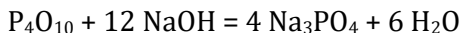
$$3(-296,9 \text{ kJ/mol}) + (-2940 \text{ kJ/mol}) + \frac{16}{3}(-436,7 \text{ kJ/mol}) - (\Delta_{\text{k}}H(\text{P}_4\text{S}_3(\text{sz})) + \frac{16}{3}(-397,7 \text{ kJ/mol})) = \Delta_{\text{r}}H_2$$

a második egyenletre.

Mivel a feladat szövege szerint $2,363 \Delta_{\text{r}}H_2 = \Delta_{\text{r}}H_1$, így adódik, hogy $\Delta_{\text{k}}H(\text{P}_4\text{S}_3(\text{sz})) = -2483 \text{ kJ/mol}$.

Megjegyzés: A feladat szövegében hibásan szerepelt a szorzótényező, helyesen a feladat úgy hangzott volna: „... 0,9465-szer akkora energia szabadul fel, mintha a kálium-kloráttal reagáltatnák...”, és így kapható meg helyesen a -154 kJ/mol képződéshő érték.

c) Tegyük fel, hogy a 2,00 grammnyi mintában a foszfor és kén anyagmennyisége x mol és y mol. Így az égetés során $x/4$ mol P_4O_{10} és y mol SO_2 keletkezik. Az égéstermékek nátrium-hidroxid-oldatban való elnyeletése során bekövetkező reakciók:



A fentiek alapján következik, hogy így $3x + 2y$ mol NaOH fogy, amely megfelel

$$0,100 \text{ dm}^3 \cdot 2 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,635 = 0,127 \text{ mol}$$

nátrium-hidroxidnak. Az adatok alapján tehát az alábbi egyenletrendszert kapjuk:

$$\begin{cases} 3x + 2y = 0,127 \\ 31x + 32y = 2 \end{cases}$$

melynek megoldása $x = 0,001882$ és $y = 0,06068$, ahonnan

$$x : y = 1 : 32,2.$$

Ez az adat azért irreális, mert a feladat szövegében a 63,5 % is hibásan szerepelt, helyesen 79,0 %, ami alapján a PS tapasztalati képletet kapjuk.

A beküldött megoldások közül minden elvileg helyes megoldást értékeltünk. Hiba volt, hogy az égéshők arányát a megoldók által felírt egyenletre vonatkoztatták, nem pedig 1 mol anyag elégetése során felszabaduló hőket hasonlították össze.

(Borbás Réka)

K324. a) Mivel a köztterméket szulfát hígításával állítják elő, ezért feltételezhető, hogy az az ismeretlen fém, a hidrogén és a kén mellett oxigént is tartalmaz. A három nemfém elem anyagmennyiség-aránya:

$$\begin{aligned} n(H):n(S):n(O) &= \frac{1,12 \text{ g}}{1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{18,0 \text{ g}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{53,98 \text{ g}}{16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \\ &= 1,12:0,56:3,37 = 2:1:6 \end{aligned}$$

100 g közttermékben 26,9 g fémion van, melynek anyagmennyisége $0,56 \cdot x$ mol, ha a vegyület összegképlete $Me_xH_2SO_6$. A fém moláris tömege:

$$M(\text{Me}) = \frac{26,9}{0,56 \cdot x} = \frac{48}{x} \text{ g/mol}$$

Kémiailag jó megoldást csak $x = 1$ esetén kapunk, vagyis a keresett fém a titán, a vegyület képlete pedig $\text{Ti}(\text{OH})_2\text{SO}_4$.

b) A köztitermék moláris tömege 178 g/mol. Ennek 10,1%-a 18 g/mol, tehát a 310 °C-on kinyerhető anyag az előbbi köztitermékéből vízkilépéssel származtatható, képlete TiOSO_4 .

A TiOSO_4 moláris tömege 160 g/mol. Ezt az anyagot 525 °C-ra hevítve a 80 g/mol moláris tömegű SO_3 kilépése mellett bomlik és TiO_2 marad vissza, amit fehér színű festékként használnak.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége hibátlan vagy közel hibátlan megoldást küldött be.

(Balbisi Mirjam)

K325. Az alumíniumlapra:

$$V = 0,6 \text{ cm}^3$$

$$m = 1,62 \text{ g}$$

$$n = 0,06 \text{ mol}$$

Mivel 1 mol alumínium az oldódás során 1,5 mol hidrogént fejleszt, ezért összesen 0,09 mol H_2 termelődik.

Az üvegben 150 ml folyadék van (ami bőven elég savat tartalmaz az alumínium feloldásához, és a térfogatkontrakciót is elhanyagolhatjuk), a fennmaradó gáztérben 850 ml levegő volt eredetileg. Tehát az össznyomás a következőképpen alakul:

$$p = \frac{\left(\frac{850 \text{ cm}^3}{24,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} + 0,09 \text{ mol}\right) \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 298 \text{ K}}{850 \text{ cm}^3} = 364,3 \text{ kPa}$$

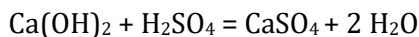
(Berta Máté)

K326. a) 10,0 cm³ **A** oldat tömege 10,5 g, amely 10,5·0,0500 = 0,525 g, azaz 4,95 mmol Na_2CO_3 -ot tartalmaz. 10,0 cm³ **B** oldat tömege 10,7 g, amely 1,07 g, azaz 10,9 mmol H_2SO_4 -at tartalmaz. Az oldott anyagok közötti reakció összeöntés után:



A fejlődő szén-dioxid-gáz csökkenti a keverék tömegét, így a végén a keverék tömege 20,98 g, amelyben 4,95 mmol, azaz 0,703 g Na_2SO_4 van és feleslegben 5,95 mol, azaz 0,585 g kénsav. Feltételezve, hogy a kénsav nem befolyásolja a nátrium-szulfát oldhatóságát számottevően, így a keverék egy homogén oldat, amely Na_2SO_4 -ra nézve $0,703/20,98 = 3,35 \text{ m/m}\%$ -os, és kénsavra nézve $2,79 \text{ m/m}\%$ -os.

b) $1,00 \text{ cm}^3$ **B** oldat tömege 1,07 g, amely 0,107 g, azaz 1,09 mmol H_2SO_4 -at tartalmaz. $44,0 \text{ cm}^3$ **C** oldat tömege 44,0 g, amely $44 \cdot \frac{0,185}{100,185} = 81,3 \text{ mg}$, azaz 1,10 mmol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot tartalmaz. Az oldott anyagok közötti reakció összeöntés után:



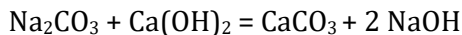
A keverék tömege 45,07 g, ebben 1,09 mmol, azaz 0,150 g CaSO_4 található és 44,92 g víz (illetve elhanyagolható mennyiségű, 1 mmol kalcium-hidroxid). Ekkora tömegű víz nem képes a teljes kalcium-szulfát mennyiséget oldatban tartani. Ha x mol kalcium-szulfát-dihidrát válik ki, akkor az oldat töménységére felírható, hogy

$$\frac{0,150 - 136x}{44,92 - 36x} = \frac{0,20}{100}$$

ahonnan $x = 4,42 \cdot 10^{-4}$ mol, tehát 0,076 g kristályvizes só válik ki, és 89,8 mg kalcium-szulfát marad a telített oldatban, tehát az oldat kalcium-szulfátra nézve telített, azaz összetétele

$$0,20/100,2 = 0,20 \text{ m/m}\%$$

c) $2,00 \text{ cm}^3$ **A** oldat tömege 2,10 g, amely 0,105 g, azaz 0,991 mmol Na_2CO_3 -ot tartalmaz. $40,0 \text{ cm}^3$ **C** oldat tömege 40,0 g, amely 73,9 mg, azaz 0,998 mmol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot tartalmaz. Az oldott anyagok közötti reakció összeöntés után:

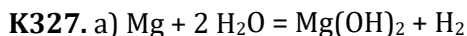


A reakció során keletkezik 0,991 mmol CaCO_3 , 1,98 mmol (azaz 79,3 mg) NaOH és feleslegben marad $7 \mu\text{mol}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, amely elhanyagolható a többi anyaghoz képest. Az összeöntés után 41,9 gramm víz van a keverékben, amely csak $41,9 \text{ g} \cdot \frac{1,4 \text{ mg}}{100 \text{ g}} = 0,587 \text{ mg}$ CaCO_3 -ot képes oldani, tehát 0,0985 g kiválik, viszont az oldat kalcium-

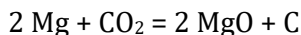
karbonátra nézve telített, tehát $1,40 \cdot 10^{-3} \text{ m/m\%-os}$. A nátrium-hidroxidra nézve pedig $0,0793/42,0 = 0,189 \text{ m/m\%-os}$.

A megoldások során két típushiba került elő: a távozó szén-dioxid tömegével nem csökkentették a megoldók az oldat tömegét, illetve megfeledeztek a jelentős mennyiségben oldatban maradt nátrium-hidroxidról.

(Borbás Réka)



A magnéziumot nem lehet szén-dioxiddal oltani, mivel a magnézium szén-dioxidban tovább ég, erősen exoterm reakcióban.



b) A keverék komponensei közül mindegyik reagál sósavval, és 1 mólnyi fém 1 mólnyi H_2 gázt fejleszt, kivéve az alumínium, amely 1,5 mólnyi. A hidrogén teljes mennyisége $5,092 \text{ dm}^3$ térfogathól számolva $0,2078 \text{ mol}$.

Kénsavval reagáltatva csak a CaSO_4 csapadék válik le, így meghatározhatjuk, hogy a $0,3400 \text{ g CaSO}_4$ megfelel $0,2500$ mólnak, azaz az $5,000$ gramm keverékben $0,002500 \text{ mol Ca}$ van, ami $0,100 \text{ g}$, ez pedig az ötvözet $2,000 \text{ m/m\%-a}$.

Vízzel a cink nem reagál, tehát az ötvözetben $5,000 \text{ mg Zn}$, azaz $0,100 \text{ m/m\%}$ cink van. Ez megfelel $7,657 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ cinknek.

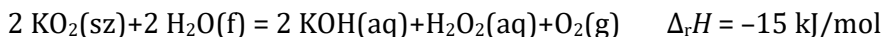
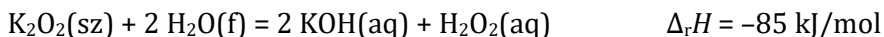
Az égetés során MgO , Al_2O_3 , ZnO , Mn_3O_4 és CaO képződik. Az $5,000$ gramm keverékből $8,327$ gramm oxid képződött, tehát $3,327 \text{ g}$, azaz $0,2079 \text{ mol}$ oxigén kötődött meg.

A fentiek alapján felírható a következő háromismeretlenes egyenletrendszer.

$$\begin{cases} 24,31n_{\text{Mg}} + 26,98n_{\text{Al}} + 0,005 + 54,94n_{\text{Mn}} + 0,1 = 5,000 \\ n_{\text{Mg}} + 1,5n_{\text{Al}} + 7,657 \cdot 10^{-5} + n_{\text{Mn}} + 0,0025 = 0,2078 \\ n_{\text{Mg}} + 1,5n_{\text{Al}} + 7,657 \cdot 10^{-5} + \frac{4}{3}n_{\text{Mn}} + 0,0025 = 0,2079 \end{cases}$$

adódhat még hozzá. Tehát ha az összes fejlődő hidrogén is elég, akkor 1,42 kJ hő fejlődik összesen.)

b) A kálium-oxid, -peroxid és -szuperoxid vízben való kémiai oldódásának termokémiai egyenletei a vonatkozó (Hess-tétel alapján számítható) reakcióhőekkel:



Kiszámítva az egyes reakciókra jutó fajlagos hőváltozást, azt kapjuk, hogy a K reakciója során $-5,03 \text{ kJ/g}$; K_2O esetén $-3,06 \text{ kJ/g}$; K_2O_2 esetén $-0,770 \text{ kJ/g}$; KO_2 esetén pedig $-0,105 \text{ kJ/g}$ a tömegegységenkénti energiaváltozás. Így látható, hogy a legnagyobb hőváltozás akkor következik be, ha a lehető legtöbb a fémkálium a mintában, és az oxidok közül a kálium-oxid mennyisége maximális, és a legkevesebb a hőváltozás, ha a legtöbb benne a kálium-szuperoxid. Ennek alapján legnagyobb hőváltozás esetén

$$0,170 \text{ g} \cdot (-5,03 \text{ kJ/g}) + 0,030 \text{ g} \cdot (-3,06 \text{ kJ/g}) = -0,947 \text{ kJ},$$

azaz 947 J hő szabadul fel,

$$\text{legkisebb hőváltozás esetén } 0,200 \text{ g} \cdot (-0,105 \text{ kJ/g}) = -0,0211 \text{ kJ},$$

azaz $21,1 \text{ J}$ hő szabadul fel.

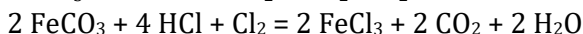
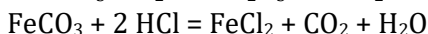
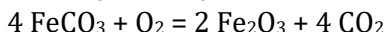
A feladatmegoldások során a beküldők egy része azzal vesztett pontot, hogy hibás egyenlet alapján számolt, illetve nem vette figyelembe, hogy a -15 kJ/mol reakcióhő 2 mólnyi kálium-szuperoxidra vonatkozik, nem pedig 1 móltra.

(Borbás Réka)

K330. Hevítés hatására gázfejlődést nem sok anyag mutat. Karbonátot feltételezve nitrogénben hevítve oxid, HCl áramban klorid keletkezése várható. A tömegváltozásokat megvizsgálva mindkét eset adatai megfelelnek a vas(II)-karbonátnak. Ammónia áramában redukció is történhet, klór jelenlétében oxidáció, de utóbbi esetben a keletkező vas(III)-klorid maga is illékony.

X : FeCO_3 , **Y**: CO_2 , **Z**: FeCl_3

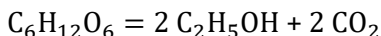




A nem túl könnyű feladat nem vonzott sok megoldót. Ficsór István és Ármós Csaba ismerték fel a vegyületeket, bár nekik sem volt minden egyenlet tökéletes.

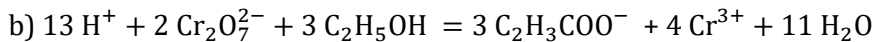
(Magyarfalvi Gábor)

H301. a) Az erjedés egyenlete:



A reakcióhő a képződéshőkülönbsége:

$$\begin{aligned} \Delta_r H &= 2 \cdot \Delta_k H(\text{CO}_2) + 2 \cdot \Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) - \Delta_k H(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \\ &= 2 \cdot (-393 \text{ kJ/mol}) + 2 \cdot (-278 \text{ kJ/mol}) - (-1274 \text{ kJ/mol}) = \\ &= -68 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,0005 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,00075 \text{ mol}$$

$$c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{n}{V} = 2,5 \text{ M}$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \cdot \frac{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = 14,6\%$$



$$\text{pH} = 1,0$$

$$\Delta n(\text{H}^+) = 8 \cdot n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,004 \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = 0,05217 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = 1,28$$

Bár a pH-változás valóban kicsi, és a pH ilyen precizitású mérése nehéz lenne, a kénsav mennyiségét és a pH-növekedését akár lehetne olyan pontosan mérni, hogy ezzel követni lehessen a reakciót. A feladat francia szerzői ebben nem hittek. Valóban például a krómvegyületek színét/fényelnyelését követve sokkal célszerűbb lenne a mérés.

d) Kétértékű savnak tekintve a kénsavat a pH-k: 0,70 és 0,86.

A valódi pH-k:

$$K_s = \frac{[\text{SO}_4^{2-}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{HSO}_4^-]}$$

Kiindulás:

$$0,0105 = \frac{x \cdot (0,1 + x)}{0,1 - x}$$

$$\text{pH} = 0,96$$

→ 4,2% hiba a pH értékében (a koncentrációban közel 9%)

Végpont:

$$0,0105 = \frac{x \cdot (0,05217 + x)}{0,05217 - x}$$

$$\text{pH} = 1,216 \rightarrow 5,47\% \text{ hiba}$$

e) Így eltávolítják a bor egyéb komponenseit, melyek zavarhatják a dikromátos oxidációt, és módosíthatják a mérést. A dikromátfelesleg biztosít arról, hogy az összes etanol oxidálódik. Kis dikromát-koncentráció esetén az oxidáció lassan játszódik le.

A feladat könnyűnek bizonyult, meglepő módon az a) részben hibáztak a legtöbben, vélhetően rossz adatok felhasználásával. A közölt megoldás Mészáros Bence beküldése alapján készült, maximális pontot ért még el Kapdos Ádám, Kozák András, Nagymihály Bence és Simon Vivien.

(Forman Ferenc)

H302. a) Az élénksárga jodidcsapadékból ólom-jodid leválására gyanakodhatunk. A moláris tömegek alapján kiszámolható, hogy 1,224 g KI 7,37 mmol-nak felel meg, míg a levált 1,700 g csapadék PbI_2 feltételezése mellett 3,69 mmol-nak, ami éppen a fele a szükséges KI anyagmennyiségének, így feltételezésünk megerősítést nyert.

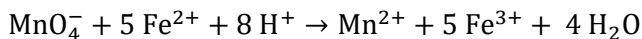
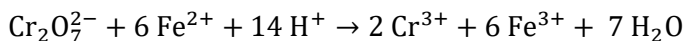
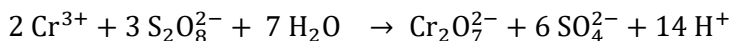
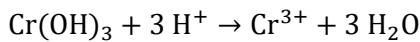
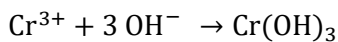
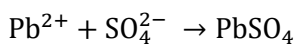
Ha feltételezzük, hogy az A elem az ólom, akkor az 1 g-nyi minta anyagmennyisége ötöde a levált csapadékénak, azaz 0,737 mmol, így 1356,5 g/mol adódik a kérdéses anyag moláris tömegére. Ebből levonva az ólom moláris tömegének (207,2 g/mol) ötszörösét, valamint a foszfátonok moláris tömegének (95 g/mol) háromszorosát,

35,5 g/mol adódik, ami éppen klórnak felel meg, így a B elem a klór. (Ha azt feltételezzük, hogy a B elem volt az ólom, akkor az előzőhöz hasonló úton negatív moláris tömeg adódik az A elemre, így ez az eset nem ad megoldást.) Így a kérdéses anyag képlete: $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, neve piromorfit.

Amennyiben a KI-ot feleslegben adagolták volna, tetrajodo-plumbát ($[\text{PbI}_4]^{2-}$) komplex keletkezése révén nem vált volna le a csapadék (illetve fokozatosan adagolva a KI-ot, visszaoldódott volna).

b) Az ólom atomtömegének 3,98-ad része 52 g/mol, ami alapján a C szennyező a króm lehet.

Az analitikai eljárás során elsőként nátrium-szulfáttal csapadékként leválasztjuk az ólom-szulfátot, majd a szűrletet ammóniaoldattal kezelve a króm hidroxidcsapadékját választjuk le, melyet kénsavban visszaoldunk. Ezt követően a kálium-peroxo-diszulfát dikromáttá (a savas közeg miatt ez keletkezik számottevő mértékben, nem pedig kromát) oxidálja a krómionokat. A hozzáadott Mohr-sóból származó Fe^{2+} -ionok egy részét a keletkezett dikromát oxidálja Fe^{3+} -ionokká, míg a maradékot a kálium-permanganát. Az ezen reakciókhoz tartozó reakcióegyenletek a következők:



15 cm³, azaz 0,015 dm³ 0,0944 M koncentrációjú kálium-permanganát-mérőoldat az előző két érték szorzataként 1,416 mmol kálium-permanganátot tartalmaz, ami a megfelelő reakcióegyenlet szerint ötször ennyi, azaz 7,08 mmol Fe^{2+} -ionnal reagál. 10 cm³, azaz 0,01 dm³ 1 M koncentrációjú Mohr-só-oldatban 10 mmol Fe^{2+} ion van, aminek egy része a titrálás során reagált a permanganátionokkal (7,08 mmol), a maradék 2,92 mmol pedig azt megelőzően a dikromátionokkal, melyek mennyisége a megfelelő reakcióegyenlet szerint ennek hatoda,

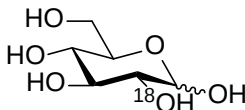
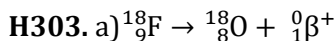
azaz 0,4867 mmol. Mivel a törzsoldat tizedével végeztük a reakciókat, abban tízszer ennyi, azaz 4,867 mmol dikromátion volt, ami kétszer ennyi, azaz 9,733 mmol krómnak felel meg. Ez a króm 52 g/mol moláris tömege alapján 0,5061 g, azaz az 1 g-os minta 50,6 %-nyi szennyezést tartalmazott.

c) Erre a feladatra több jó megoldás is elképzelhető. Többek közt az ólom-jodid kismértékű oldhatósága zavarja a mérést (a B anyag moláris tömegének meghatározásakor már 0,1 %-os hiba is a teljes vegyület moláris tömegében több mint 1 g/mol-os eltérést ad). Jó válasz még például a króm(III)-foszfát csapadék leválásának zavarása, az ezüst-klorid csapadék leválásának zavarása, a króm-hidroxid nem tökéletes leválasztásának zavarása amminkomplex keletkezése miatt.

A feladat viszonylag könnyűnek bizonyult, az átlagpontszám 8,06 volt. Hibátlan, illetve közel hibátlan (minimum 9,5 pontos) megoldást adott be Fajsi Bulcsú, Fraknói Ádám, Juhász Benedek, Kozák András, Mészáros Bence és Simon Vivien Klaudia.

Sajnos a francia feladat maga hibásan lett kitűzve, és a mi közzétett javításunkat nem mindenki vette észre a honlapon. Aki kiszámolta a hibás adatok alapján, hogy több mint 100 % szennyeződés van a b) részben a mintában, és jelezte, hogy valami probléma lehet, azoknak is maximális pontszámmal értékeltem a feladat e részét. A mi rögtönzött javításunk sem volt igazán hihető, hisz az 50% szennyező több, mint a legtöbb krómvegyület krómtartalma. A b)-beli részben feleslegesen lett megkérdézve ismét a képlet, azt csak az a) feladatrészben vártuk el, így ez a rész nem lett értékelve. A hibákért elnézést kérünk.

(Csorba Benjámin)



b) A bomlási állandó és a felezési idő definíciójuk segítségével egymásba átszámíthatóak:

$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t} = N(0) 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} = 6,32 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{perc}}$$

$$A(\text{beadás}) = 370 \text{ MBq} \cdot e^{\frac{\ln(2) \cdot 60 \text{ perc}}{109,74 \text{ perc}}} = 254 \text{ MBq}$$

$$A(4 \text{ óra}) = 370 \text{ MBq} \cdot e^{\frac{\ln(2) \cdot 240 \text{ perc}}{109,74 \text{ perc}}} = 81,5 \text{ MBq}$$

c) A kriptand a káliumionnal kelátot képez, így növeli a fluorid nukleofilitását.

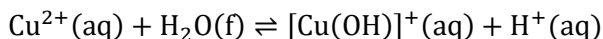
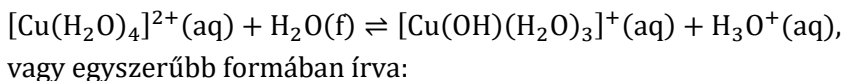
$$A(\text{kiindulási}) = \frac{370 \text{ MBq}}{0,75} \cdot e^{\frac{\ln(2) \cdot -30 \text{ perc}}{109,74 \text{ perc}}} = 596 \text{ MBq}$$

$$n = \frac{A}{\lambda N_A} = \frac{596 \text{ MBq}}{6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \cdot 6,32 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{perc}}} = 9,41 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$$

$$m = 5,38 \cdot 10^{-10} \text{ g}$$

(Berta Máté)

H304. a) A hidratált réz(II)-ionok savas disszociációjának egyenlete a következőképpen adható meg:



– a továbbiakban ez utóbbi jelölést használjuk.

Felírva az anyag-, illetve a töltésmérleget a réz(II)-nitrát vizes oldatára (eközben az akvakomplex disszociációjának többi lépcsőjétől eltekintve):

$$c_0 = [\text{Cu}^{2+}] + [[\text{Cu}(\text{OH})]^+] = \frac{[\text{NO}_3^-]}{2} = 0,0100 \text{ M},$$

$$2 [\text{Cu}^{2+}] + [[\text{Cu}(\text{OH})]^+] + [\text{H}^+] = [\text{NO}_3^-] + [\text{OH}^-].$$

A tömegmérlegből (első egyenletből) a töltésmérleg (második egyenlet) az alábbiak szerint alakítható át:

$$[\text{Cu}^{2+}] + [\text{H}^+] = c_0 + [\text{OH}^-],$$

amelyből a vízionszorzat ($K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$), illetve ismételt az anyagmérleg felhasználásával a hidratált réz(II)-ionokra vonatkozó

savi disszociációs állandó értéke az oldat anyagmennyiség-koncentrációjának (c_0), valamint pH-jának ismeretében már könnyedén kiszámítható:

$$\begin{aligned}\underline{\underline{K_s}} &= \frac{[H^+][Cu(OH)]^+}{[Cu^{2+}]} = \frac{[H^+]([H^+] - [OH^-])}{c_0 + [OH^-] - [H^+]} = \\ &= \frac{[H^+] \left([H^+] - \frac{K_v}{[H^+]} \right)}{c_0 + \frac{K_v}{[H^+]} - [H^+]} = \frac{10^{-2 \cdot pH} - K_v}{c_0 + \frac{K_v}{10^{-pH}} - 10^{-pH}} = \\ &= \frac{10^{-2 \cdot 4,65} - 1,00 \cdot 10^{-14}}{0,0100 + \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{10^{-4,65}} - 10^{-4,65}} = \underline{\underline{5,02 \cdot 10^{-8} (M)}}.\end{aligned}$$

Megjegyzés: A K_s értéke megfelelő megfontolások alapján tett elhanyagolásokkal ($c_0 \gg [H^+] \gg [OH^-]$) is helyesen, hibahatáron belül megadható:

$$\begin{aligned}\underline{\underline{K_s}} &= \frac{[H^+]([H^+] - [OH^-])}{c_0 + [OH^-] - [H^+]} \approx \frac{[H^+]^2}{c_0} = \frac{10^{-2 \cdot 4,65}}{0,0100} = \\ &= \underline{\underline{5,01 \cdot 10^{-8} (M)}}.\end{aligned}$$

b) A réz(II)-ionok egyensúlyi koncentrációja az anyagmérlegből az előbb meghatározott savi disszociációs állandó segítségével kifejezhető (az oldat térfogatának változása elhanyagolható mértékű):

$$\begin{aligned}c_0 &= [Cu^{2+}] + [Cu(OH)]^+ = [Cu^{2+}] \left(1 + \frac{K_s}{[H^+]} \right), \text{ ahonnan} \\ [Cu^{2+}] &= \frac{c_0}{1 + \frac{K_s}{[H^+]}}.\end{aligned}$$

A réz(II)-hidroxid oldhatósági szorzatába (lévén azt tekintjük, hogy mikor kezdene el leválni a csapadék) behelyettesítve ezt, majd az akkor kapott másodfokú egyenletet megoldva megállapítható a kérdéselt pH.

$$L = [Cu^{2+}][OH^-]^2 = \frac{c_0 \cdot \left(\frac{K_v}{[H^+]} \right)^2}{1 + \frac{K_s}{[H^+]}} = \frac{c_0 \cdot (K_v)^2}{[H^+]^2 + K_s[H^+]} =$$

$$= \frac{0,0100 \cdot 10^{-28}}{[\text{H}^+]^2 + 5,02 \cdot 10^{-8}[\text{H}^+]} = \frac{1,00 \cdot 10^{-30}}{[\text{H}^+]^2 + 5,02 \cdot 10^{-8}[\text{H}^+]} = 1 \cdot 10^{-20},$$

innen $[\text{H}^+] = 9,97 \cdot 10^{-6} \text{ M}$, vagyis

$$\underline{\underline{\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(9,97 \cdot 10^{-6}) = 5,00.}}$$

A hidratált réz(II)-ionok, valamint azok deprotonálódásakor keletkezett speciesz, a $[\text{Cu}(\text{OH})]^+$ aránya az alábbiak alapján számítható ki:

$$\begin{aligned} \frac{[[\text{Cu}(\text{OH})]^+]}{c_0} &= \frac{c_0 - [\text{Cu}^{2+}]}{c_0} = 1 - \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{c_0} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{K_s}{[\text{H}^+]}} = \\ &= 1 - \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+] + K_s} = 1 - \frac{9,97 \cdot 10^{-6}}{9,97 \cdot 10^{-6} + 5,02 \cdot 10^{-8}} = 0,00501, \end{aligned}$$

tehát a réz(II)-ionok 0,50%-a található deprotonálódott formában ekkor az oldatban.

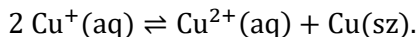
Megjegyzés: A feladatot úgy is meg lehetett volna oldani, hogy az elején azzal a feltételezéssel élünk, hogy elhanyagolható az oldatban a deprotonálódott specieszek mennyisége a protonálódottakhoz képest (ami a $[\text{H}^+] \gg K_s$ -ból következik), majd így megoldva a példát és annak végén ellenőrizve az elhanyagolás jogosságát megmutatjuk, hogy valójában helyes feltételezésből indultunk ki. Ekkor a kérdéses pH sokkal egyszerűbben számolható:

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= \sqrt{\frac{L}{[\text{Cu}^{2+}]}} \approx \sqrt{\frac{L}{c_0}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-20}}{0,0100}} = 1,00 \cdot 10^{-9} \text{ M, így} \\ [\text{H}^+] &= \frac{K_v}{[\text{OH}^-]} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{1,00 \cdot 10^{-9}} = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ M, amelyből} \\ \underline{\underline{\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(1,00 \cdot 10^{-5}) = 5,00.}} \end{aligned}$$

Ezzel az értékkel kiszámítva a deprotonálódott speciesz hányadát, ugyanarra az eredményre jutunk hibahatáron belül:

$$\frac{[\text{Cu}(\text{OH})^+]}{c_0} = 1 - \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+] + K_s} = \frac{1,00 \cdot 10^{-5}}{1,00 \cdot 10^{-5} + 5,02 \cdot 10^{-8}} = 0,00499.$$

c) A réz(I)-ion vizes oldatban történő diszproporciójának egyenlete:



A folyamat egyensúlyi állandójának meghatározása során kihasználjuk, hogy az egyensúly beállta esetén a két redoxirendszer ($\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ és Cu^+/Cu) elektródpotenciálja megegyezik. Az egyes elektródreakciókra felírható Nernst-egyenletek segítségével a következőképpen fejezhető ki a diszproporció egyensúlyi állandója a logaritmus azonosságainak felhasználásával:

$$E_1 = E_2 \Leftrightarrow E_1^\circ + \frac{RT}{F} \ln[\text{Cu}^+] = E_2^\circ + \frac{RT}{F} \ln \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Cu}^+]}, \text{ ahonnan}$$

$$K = \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Cu}^+]^2} = \exp\left(\frac{(E_1^\circ - E_2^\circ)F}{RT}\right),$$

azaz 25 °C-on az egyensúlyi állandó értéke:

$$\underline{\underline{K}} = \exp\left(\frac{(0,52 - 0,16) \cdot 96485}{8,314 \cdot 298,15}\right) = \underline{\underline{1,22 \cdot 10^6}}.$$

A réz(I)-oldatban előforduló rézspeciesszek egyensúlyi koncentrációjának kiszámításához először felírjuk az anyagmérleget, figyelembe véve a diszproporció sztöchiometriáját (a hidratált réz(II)-ionok deprotonálódásától ez esetben eltekinthetünk):

$$c_0 = [\text{Cu}^+] + 2 [\text{Cu}^{2+}] = 0,0100 \text{ M}.$$

Ezt követően az egyensúlyi állandóba ennek az átrendezett formáját behelyettesítve, azután pedig az ekkor kapott másodfokú egyenletet megoldva eljutunk a Cu^+ -, valamint a Cu^{2+} -ionok egyensúlyi koncentrációjához:

$$K = \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Cu}^+]^2} = \frac{0,0100 - [\text{Cu}^+]}{2 [\text{Cu}^+]^2} = 1,22 \cdot 10^6,$$

amelyből $[\text{Cu}^+] = 6,39 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ adódik megoldásként, amelyet visszahelyettesítve az anyagmérlegbe:

$$\underline{\underline{[\text{Cu}^{2+}]}} = \frac{0,0100 - 6,39 \cdot 10^{-5}}{2} = \underline{\underline{4,97 \cdot 10^{-3} \text{ M}}}$$

A feladat a beküldők többségének alapvetően nem okozott nagyobb gondot, viszont több ponton is visszatérő hibák fordultak elő. Gyakori volt a diszproporció sztöchiometriájának figyelmen kívül hagyása és a $[\text{Cu}(\text{OH})]^+$ speciesz arányának helytelen felírása. Néhányaknak ezenkívül problémát jelentett az algebrai átalakítások helyes elvégzése is. Egy hibátlan, teljes értékű megoldás sem született, kiemelkedő volt azonban Fajsi Bulcsú, Kozák András, illetve Mészáros Bence dolgozata. Átlagpontoszám: 8,15 pont.

(Baglyas Márton)

H305. a) (i) Az amin-sav reakciók egyensúlyi állandóit a reaktánsok savállandóiból számolhatjuk:

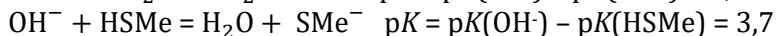
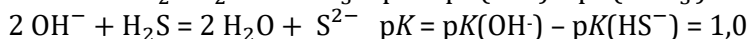
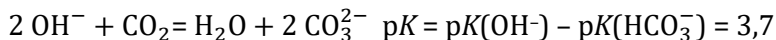


Mivel mindkét reakció egyensúlyi állandója 100 felett van, ezért reaktánsfelesleg esetén mindkét reakció kvantitatívan lejártszódik, hacsak a MDEA esetén kinetikai okokból meg nem hiúsul. Azonban:



Így a metiltiol nem kötődik meg aminos oldatban, kinetikai okoktól függetlenül.

(ii) Az sav-bázis reakciók egyensúlyi állandóit a reaktánsok savállandóiból számolhatjuk. (Mivel a hidroxidionok vannak feleslegben, az első lépés teljes lejátszódását feltételezhetjük.):



Tehát mindhárom savas gáz megkötődik. (Az első két reakció csak akkor játszódik le, ha a két gáz valamelyike nem reagált el a MDEA-val.)

b)

$$n(\text{MEAH}^+) = n_1 + n_2$$

$$n(\text{MEA}) = c_0 \cdot V - n(\text{MEAH}^+) = 50 - n_1 - n_2$$

$$n(\text{HCO}_3^-) = n_1$$

$$n(\text{HS}^-) = n_2$$

A metiltiol és a nitrogén eltávozott az F1 edényből. A A1F1 titrálás eredményéből tudjuk továbbá, hogy a maradék amin mennyisége:

$$n(\text{MEA}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 24 \text{ mmol} = 50 - n_1 - n_2$$

$$26 \text{ mmol} = n_1 + n_2$$

Míg az A2F2 titrálás a metiltiol mennyiségét adja meg hasonlóképp:

$$c(\text{HCl}) \cdot V'(\text{HCl}) + n_3 = c(\text{HCl}) \cdot V''(\text{HCl})$$

$$46 \text{ mmol} + n_3 = 50 \text{ mmol}$$

$$n_3 = 4 \text{ mmol}$$

c) Az A2F1 titrálási görbéjének egy inflexiós pontja van pH=7,0 körül az ekvivalenciapont előtt, míg az A2F2 titrálási görbe inflexiós pontjai pH=6,4 és 10,3 körül találhatók. Tehát megállapíthatjuk, hogy az F2 edényben CO_2 -t, míg az F1 edényben H_2S -t titráltunk. (Ami kémiai intuíció szerint is logikus, hisz míg utóbbi egy egyszerű sav-bázis folyamatban reagál, előbbinél előbb a szénsavnak kell képződnie, ami nem pillanatszerű.)

Az első titrálás fogyásának módosulásából következik, hogy

$$n_1 = c(\text{HCl}) \cdot V'''(\text{HCl}) - c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 36 \text{ mmol} - 24 \text{ mmol}$$

$$n_1 = 12 \text{ mmol}$$

$$n_2 = 26 \text{ mmol} - n_1 = 14 \text{ mmol}$$

Vagyis a kiindulási gáz összetétele:

4 mmol HSMé, 12 mmol CO_2 , 14 mmol H_2S

A feladat kémiája nem volt nehéz, azonban a kérdések stílusa jelentősen eltért a magyarországi versenyeken megszokottaktól. Talán ezért is fordulhatott elő, hogy az eddig kevesebb versenyeredményt halmozó beküldők több pontot szereztek tapasztaltabb ellenfeleiknél. Maximális pontszám nem volt.

(Forman Ferenc)

H306. A feladat megoldását célszerű az ismeretlen **F** elem meghatározásával kezdeni, amit a **D** terner só példában közölt összetételére vonatkozó adatokból tehetünk meg. Mivel a vegyület 27,05 m/m% **C**-t és 56,47 m/m% oxigént tartalmaz, ezért a harmadik alkotóelem $(100,0 - 27,05 - 56,47) \text{ m/m\%} = 16,48 \text{ m/m\%}$ -át teszi ki **D**-nek, amiből a következőképpen számítható ki **F** moláris tömege. Egyrészt a megadottak szerint $n(\text{O}):n(\text{F}) = 3:1$, másfelől 100 g **D**-t tekintve

$$n(\text{O}):n(\text{F}) = \frac{56,47 \text{ g}}{16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{16,48 \text{ g}}{M(\text{F})},$$

amelyeket összevetve **F** moláris tömege

$$M(\text{F}) = \frac{3 \cdot 16,00 \cdot 16,48}{56,47} \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 14,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}},$$

vagyis a nitrogénről van szó ez esetben.

Az a tény, hogy **D** háromszor akkora anyagmennyiségben tartalmazza az oxigént, mint az előbb meghatározott nitrogént, erős gyanakvásra adhat okot, hogy a terner só egy alkálifém-nitrát. Ekkor $n(\text{C}):n(\text{N}):n(\text{O}) = 1:1:3$ (CNO_3), amelynek megfelelően **C** moláris tömege – ismételten 100 g **D**-t véve – az alábbiak alapján adható meg (természetesen a N-tartalomról is lehetne számolni):

$$n(\text{C}):n(\text{O}) = \frac{27,05 \text{ g}}{M(\text{C})} : \frac{56,47 \text{ g}}{16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1:3,$$

amelyből

$$M(\text{C}) = \frac{16,00 \cdot 27,05 \cdot 3}{56,47} \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 22,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}},$$

tehát **C** a nátriumot takarja, ebből adódóan **D** anyag pedig a nátrium-nitrát (NaNO_3). A teljes értékű megoldáshoz mindenképpen szükséges megvizsgálni a további, kémiaiilag releváns $n(\text{C}):n(\text{O})$ anyagmennyiség-arányokat is, amelynek során azonban nem találunk egyéb lehetséges esetet.

Innen többféleképpen is lehetne továbbhaladni, viszont a legegyszerűsebb talán a **K** vegyület összegképletének

megállapításával folytatni a megoldást. Újfent 100 g anyagot véve az alkotóelemek mólaránya a következőnek adódik:

$$n(\text{Na}):n(\text{N}):n(\text{O}) = \frac{46,93 \text{ g}}{22,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{9,53 \text{ g}}{14,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{43,54 \text{ g}}{16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} =$$

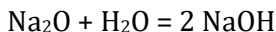
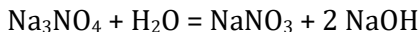
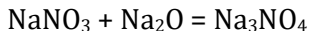
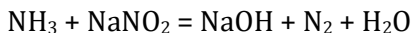
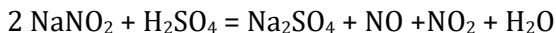
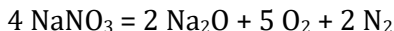
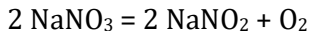
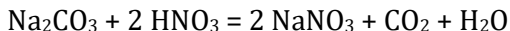
$$= 2,041:0,6802:2,7213 = 3,00:1,00:4,00,$$

azaz **K** a nátrium-ortonitrátot (Na_3NO_4) jelöli, ami egyértelműen megerősíti a **D**-ről tett korábbi megállapítást, miszerint az NaNO_3 .

Figyelembe véve, hogy a NaNO_3 **A** lúgos, illetve **B** savas kémhatású vizes oldatából keletkezett **E** széntartalmú gáz felszabadulása közben, feltételezhetően egy sav-bázis reakció játszódhatott le közöttük, amelynek eredményeként szén-dioxid (**E**) képződött, ennek megfelelően pedig a kiindulási anyag nátrium-karbonát (**A**), valamint salétromsav (**B**) volt. A nátrium-nitrát (**D**) termikus bomlása 500°C -on nátrium-nitritet (**G**) és oxigéngázt (**H**) eredményez, míg 800°C -os hőmérsékleten az oxigénen kívül nitrogéngáz (**J**) távozása is megfigyelhető, miközben nátrium-oxid (**I**) marad vissza. NaNO_2 -et levegő kizárásával hevítve NaNO_3 -hoz, Na_2O -hoz és N_2 -hez jutunk, amelyeket már az előbbieken mind azonosítottuk. Szintén NaNO_2 vizes oldatát tömény kénsavoldattal reagáltatva az ilyenkor szabaddá váló bomlékony salétromossavból diszproporció révén nitrogén-monoxid, illetve nitrogén-dioxid mellett víz, míg ammóniaoldat esetén szinproporciós folyamatban nitrogén, nátrium-hidroxid és víz képződik (az ekkor tapasztalható gázfejlődésért rendre a nitrogén-oxidok, illetve a nitrogén a felelős). Na_2O és NaNO_3 együttes hevítésével, ömlesztésével állítható elő a feljebb már meghatározott Na_3NO_4 (**K**), amely már a levegő nedvességtartalmának hatására is visszaalakul egyrészt NaNO_3 -tá, másrészt NaOH -dá (**L**) alakul át, amely Na_2O vízzel történő reakciójakor keletkezik.

A jobb átláthatóság érdekében alább összegyűjtöttük az **A-L** betűkkel jelölt anyagok képletét, valamint feltüntettük a feladatban előforduló összes reakció rendezett egyenletét is.

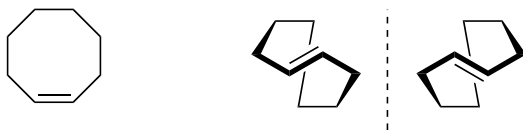
A: Na_2CO_3	B: HNO_3	C: Na	D: NaNO_3
E: CO_2	F: N	G: NaNO_2	H: O_2
I: Na_2O	J: N_2	K: Na_3NO_4	L: NaOH



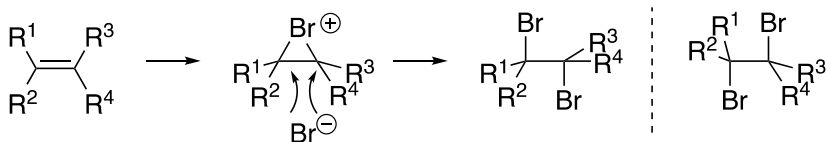
Ugyan a feladat meglehetősen könnyűnek bizonyult, azonban ennek ellenére nem született egy hibátlan, teljes értékű megoldás sem; a legkiemelkedőbb munkát Kozák András küldte be. Apróbb, figyelmetlenségi hibákon kívül több versenyzőnél is problémát okozott a NaNO_3 levegő kizárása melletti hevítése során keletkező gázok helyes megadása. Ezenkívül – meglepő módon – az egyenletek rendezése sem sikerült tökéletesen minden esetben. Átlagpontszám: 9,38 pont.

(Baglyas Márton)

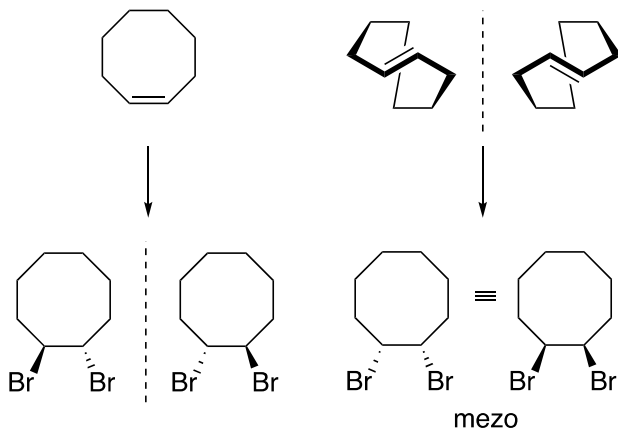
H307. a) Az **A** gyűrűs vegyület a ciklooktén. Ez a legkisebb gyűrűtagszámú cikloalkén, ahol már lehetséges a kettős kötés transz konfigurációja. A transz-ciklooktén a gátolt rotáció miatt két stabil, izolálható enantiomerpárt alkot. Az **A** vegyület lehetséges szerkezetei a következők:



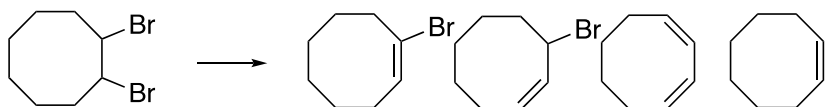
b) A bróm addíciója olefinre egy elektrofil addíciós folyamat, amely egy „transz addíciós” folyamat. Az átalakulás során a két beépülő brómatom ellentétes térfélen lép be a molekulába. A folyamat egy enantiomerpárt eredményez. Általánosan a folyamat a következő mechanizmus szerint játszódik le:



Esetünkben az a cisz-ciklookténre történő addíció során egy transz-dibróm vegyülethez jutunk, melyek tükörképi párok. Míg a transz-ciklookténből cisz-dibróm vegyület keletkezik, amely a belső tükörsíkja miatt mezo forma.



c) Az eliminációs reakció során számos termék keletkezhet. Ezek közül külön érdekes a C-C hármas kötést tartalmazó ciklooktin, amely a legkisebb gyűrűtagszámú cikloalkin, de még ebben az esetben sem lehetséges a 180°-os szög, hanem a kötőszög ennél kisebb.



A feladat pontátlag: 7,4 pont. Hibátlan megoldást Soós Anita Zolna küldött be.

(Varga Szilárd)

H308. a) A megoldás során az esetleges térfogatkontrakciótól eltekintünk, valamint a kénsavat kétértékű erős savnak tekintjük (ami ezen a pH-n megalapozott), míg a nátrium-hidroxid közismerten erős bázis. Így a köztük lejátszódó közömbösítési reakció során keletkező só (nátrium-szulfát) semlegesen hidrolizál, azaz nem kell figyelembe

vennünk a számoláskor ennek a jelenlétét. Mivel a kénsav kétértékű sav, a nátrium-hidroxid pedig egyértékű bázis, így 2:1 anyag-mennyiség-arányban reagálnak, ezért ahhoz, hogy éppen 7-es pH-jú oldatot kapjunk 2:1 térfogatarányban kell a törzsoldataikat összeöntenünk (hiszen azok koncentrációja azonos). Tehát 300 ml semleges oldat előállításához 100 ml kénsavoldatot és 200 ml nátrium-hidroxid-oldatot kell bemérnünk.

b) A következő két feladatrészen kihasználjuk, hogy mivel a nátrium-szulfát oldata semleges kémhatású, így a feladat ekvivalens azzal, mintha desztillált vízzel hígítanánk az adott törzsoldatokat a kívánt pH-ra (valójában nátrium-szulfát oldattal hígítunk). Mivel a pH jelentősen eltér a semlegestől, így a víz autoprotolízisének hatása elhanyagolható a következő 4 feladatrészen.

A 0,1 M koncentrációjú kénsav-törzsoldatban 0,2 M az oxóniumionok koncentrációja (mivel a kénsav kétértékű, erős savként kezelendő), míg a kívánt 4-es pH-jú oldatban ugyanez 10^{-4} M, ezért a törzsoldatot $\frac{0,2 \text{ M}}{10^{-4} \text{ M}} = 2000$ -szeres térfogatra kell hígítani, tehát az abból bemérendő térfogatra innen $\frac{300 \text{ ml}}{2000} = 0,15 \text{ ml}$ adódik. A maradék 299,85 ml térfogat 2:1 arányban oszlik meg a kénsav és a nátrium-hidroxid között (ilyen arány kell a semleges nátrium-szulfát oldathoz), azaz innen $\frac{299,85 \text{ ml}}{3} = 99,95 \text{ ml}$ adódik még a kénsav bemérendő térfogatára. Tehát összesen 100,1 ml kénsav bemérése szükséges a 4-es pH eléréséhez.

c) Az előző részhez hasonlóan eljárva látható, hogy a hidroxidionok koncentrációja 10^{-3} M (hiszen $\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 11 = 3$), ami a NaOH-törzsoldatbeli értéknek a százada, így azt százszoros térfogatra kell hígítanunk. Emiatt a 300 ml végtérfogat eléréséhez 3 ml NaOH-törzsoldat szükséges. A maradék 297 ml semleges nátrium-szulfát oldathoz ismét ennek harmada, azaz 99 ml kénsav-törzsoldat szükséges (valamint további 198 ml NaOH-törzsoldat).

d) A b) feladatrészhöz hasonlóan lehet eljárni most is. Az elkészíteni kívánt oldatban az oxóniumionok koncentrációja $10^{-\text{pH}}$ M, így a hígítási arány $\frac{0,2 \text{ M}}{10^{-\text{pH}} \text{ M}}$, azaz a savasság eléréséhez

$$\frac{300 \text{ ml}}{\frac{0,2 \text{ M}}{10^{-\text{pH}} \text{ M}}} = 1500 \cdot 10^{-\text{pH}} \text{ ml}$$

kénsav-törzsoldat szükséges. Ezen felül a hígításhoz használt maradék $(300 - 1500 \cdot 10^{-\text{pH}})$ ml semleges nátrium-szulfát oldathoz még annak térfogatának a harmadát be kell mérni a kénsav törzsoldatából, így összesen

$$V = \left(1500 \cdot 10^{-\text{pH}} + \frac{(300 - 1500 \cdot 10^{-\text{pH}})}{3} \right) \text{ ml} = \\ = (100 + 1000 \cdot 10^{-\text{pH}}) \text{ ml}$$

kénsav-törzsoldat szükséges. (A 4-es pH-t behelyettesítve visszakapjuk a b) feladat megoldását.)

e) Az előzőekhez hasonlóan eljárva és felhasználva, hogy

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH},$$

valamint, hogy a NaOH-törzsoldatban a hidroxidionok 0,1 M koncentrációban vannak jelen, a hígítási arány

$$\frac{0,1 \text{ M}}{10^{-(14-\text{pH})} \text{ M}'}$$

azaz a lúgosság eléréséhez

$$\frac{300 \text{ ml}}{\frac{0,1 \text{ M}}{10^{-(14-\text{pH})} \text{ M}}} = 3000 \cdot 10^{-(14-\text{pH})} \text{ ml}$$

NaOH-törzsoldat szükséges. Kénsavat csak a hígításhoz használt maradék $(300 - 3000 \cdot 10^{-(14-\text{pH})})$ ml semleges nátrium-szulfát oldat előállításához kell használni, annak térfogatának harmadát, így ezúttal

$$V = (100 - 1000 \cdot 10^{-(14-\text{pH})}) \text{ ml}$$

kénsav szükséges. (A 11-es pH behelyettesítésével most is visszakapjuk a c) feladat eredményét.)

f) Ezúttal figyelembe kell venni a víz autoprotolízisét is. Kihasználjuk, hogy az oldatban a negatív specieszek össztöltése megegyezik a pozitív specieszekével (töltésmérleg), azaz:

$$[\text{Na}^+] + [\text{H}^+] = 2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

A bemérendő kénsav-törzsoldat térfogata legyen most is V , ekkor a bemérendő NaOH-é $300 \text{ ml} - V$. Ekkor a kapott 300 ml oldatban a hígítási arányok alapján (a koncentrációkat M-ben értve):

$$[\text{Na}^+] = \frac{300 \text{ ml} - V}{300 \text{ ml}} \cdot 0,1$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{V}{300 \text{ ml}} \cdot 0,1$$

A kívánt pH alapján, az előzőekhez hasonlóan (a koncentrációkat M-ben értve):

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-(14-\text{pH})}$$

Ezeket a koncentrációkat a töltésmérleg egyenletébe írva:

$$\frac{300 \text{ ml} - V}{300 \text{ ml}} \cdot 0,1 + 10^{-\text{pH}} = 2 \cdot \frac{V}{300 \text{ ml}} \cdot 0,1 + 10^{-(14-\text{pH})}$$

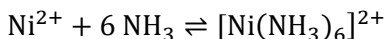
$$V = (0,1 + 10^{-\text{pH}} - 10^{-(14-\text{pH})}) \text{ dm}^3$$

Fontos megemlíteni, hogy ezzel az összefüggéssel az összes korábbi részfeladat eredménye is kiszámítható, illetve, hogy ez 0,699 és 13-as pH közt működik, hiszen a két törzsoldat összeöntésével csak a törzsoldatok pH-i közti pH-jú oldatokat lehet előállítani.

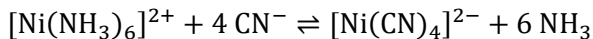
A feladat viszonylag könnyűnek bizonyult, bár teljesen hibátlan megoldás nem érkezett. Benkő Dávid, Garamvölgyi István és Kozák András küldött be közel hibátlan megoldást. Az átlagpontszám 7,30 volt.

(Csorba Benjámin)

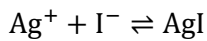
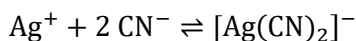
H309. a) A használt ammóniaoldat láthatóan 100-szor töményebb a nikkkel-klorid oldatánál, így annak ellenére is ammóniafelesleg van, hogy annak oldatából csak feleakkora mennyiséget adtunk hozzá, tehát nem válik le nikkkel-hidroxid csapadék. Így az *a* reakció (az egyensúly nagy mértékben a komplexképződés irányába van tolódva):



A megadott komplexstabilitási együtthatók alapján látható, hogy a nikkkel tetracianokomplexe jóval stabilabb a hexaamminkomplexénél, így a *b* reakció (ez is nagy mértékben jobbra van tolódva):



A titrálás során a cianidionok maradéka reagál az ezüstionokkal (a d) feladatban látni fogjuk, hogy nem reagált el az összes cianidion a *b* reakcióban), majd a cianidionok elfogyása után a titrálás végpontjában megindul az AgI halványsárga csapadék leválása (ez jelzi a végpontot). Mivel a nikkel tetracianokomplexe jóval stabilabb (ez látszik a komplexstabilitási állandójából) az ezüst dicianokomplexénél, így gyakorlatilag nem tolódik el a *b* reakció egyensúlya, nem bomlik el a nikkel komplexe. Tehát a *c* folyamat:



b) A forralás az ammónia eltávolítására szolgál (korábban azért kellett ammónia, hogy lúgos kémhatást biztosítson, és ne fejlődjön mérgező HCN-gáz). Az ammónia későbbi jelenléte zavarná a titrálást.

c) Igen, a titrálás megvalósítható (ezt a d) feladatban a végpontban kapott koncentrációk is vissza fogják igazolni). A titrálás során a cianidionok feleslegét határozzuk meg, tehát a titrálás visszamérési jellegű, így nem egyenes arányosság van a fogyás és a nikkelionok koncentrációja közt, azonban számszerű kapcsolat van a két mennyiség közt, így kiszámítható a nikkelionok kezdeti koncentrációja.

d) Ahhoz, hogy minden kérdezett koncentrációt megmondhassunk, szükség van a végpontban az oldat térfogatára, tehát ki kell számolnunk a mérőoldat fogyását. A titrálandó oldatba (a megadott koncentrációk és bemért térfogatok szorzataként) 0,5 mmol NiCl_2 , 3 mmol KCN és 0,2 g, azaz (a 166 g/mol moláris tömeggel osztva) 1,205 mmol KI került. A NiCl_2 -vel a *b* reakció egyenlete alapján négyszer ennyi, azaz 2 mmol cianidion reagált, azaz megmaradt 1 mmol cianidion. Ez a *c* reakcióban a reakcióegyenlet szerint feleannyi, azaz 0,5 mmol ezüstionnal reagált, így a mérőoldat koncentrációjával osztva látható, hogy annak fogyása 10 ml. Mivel a titrálás előtt 100 ml-re hígítottuk az oldatot, így a térfogatkontrakció elhanyagolása mellett 110 ml az oldat térfogata a végpontban.

A 0,5 mmol ezüstionnal ugyanennyi nitrácion is az oldatba került, ami nem reagált el, így a végpontban a nitrácionok koncentrációja 4,55 mM.

Az oldatba került, nem reagáló káliumionok a KCN-ből és a KI-ből együttesen származnak, így összesen 4,205 mmol káliumion került az oldatba, így azok koncentrációja a végpontban 0,0382 M.

A nikkell-kloridból kétszeres mennyiségű, azaz 1 mmol kloridion is került az oldatba, így ezek koncentrációja a végpontban 9,09 mM. (Az AgCl oldhatósági szorzata több nagyságrenddel nagyobb, mint az AgI oldhatósági szorzata, így a végpontban az oldhatatlanabb AgI csapadék válik le, tehát a KI hozzáadása pontosabbá teszi a végpontjelzést, AgCl leválásával nem kell számolni.)

A nagy komplexstabilitások miatt nem válik pontatlanná a számításunk, ha feltételezzük, hogy a nikkell és az ezüst cianokomplexe mellett a szabad fémionok koncentrációja elhanyagolható, így mindkét komplexből 0,5 mmol van jelen, így koncentrációjuk a végpontban egyaránt 4,55 mM.

Pontos titrálást (elhanyagolható mennyiségű AgI csapadék leválását, azaz a túltitrálás elkerülését) feltételezve a végpontban gyakorlatilag a jodidionok teljes mennyisége még oldatban van. Ez 1,205 mmol, így a jodidionok koncentrációja a végpontban 0,0110 M.

Az ezüst-jodid oldhatósági szorzata alapján:

$$8,5 \cdot 10^{-17} = [\text{Ag}^+][\text{I}^-]$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{8,5 \cdot 10^{-17}}{[\text{I}^-]} = \frac{8,5 \cdot 10^{-17}}{0,0110} = 7,73 \cdot 10^{-15}$$

Tehát az ezüstionok koncentrációja a végpontban $7,73 \cdot 10^{-15}$ M, ami valóban elhanyagolható az ezüst dicianokomplexének koncentrációja mellett.

A cianidionok koncentrációja az ezüst dicianokomplexének komplexstabilitási állandójának segítségével adható meg (csak a pozitív gyök a kémiaailag releváns):

$$10^{20,5} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}$$

$$[\text{CN}^-] = \sqrt{\frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-]}{[\text{Ag}^+]10^{20,5}}} = \sqrt{\frac{4,55 \cdot 10^{-3}}{7,73 \cdot 10^{-15} \cdot 10^{20,5}}} = 4,31 \cdot 10^{-5}$$

Tehát a cianidionok koncentrációja a végpontban $4,31 \cdot 10^{-5}$ M, tehát a titrálás során a reakció gyakorlatilag teljesen végbement, a titrálás eredménye kielégítő.

A nikkeltetracianokomplexének komplexstabilitási állandója segítségével a nikkellionok egyensúlyi koncentrációja is kiszámítható:

$$10^{30,2} = \frac{[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}}{[\text{Ni}^{2+}][\text{CN}^-]^4}$$

$$[\text{Ni}^{2+}] = \frac{[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}}{10^{30,2}[\text{CN}^-]^4} = \frac{4,55 \cdot 10^{-3}}{10^{30,2} \cdot (4,31 \cdot 10^{-5})^4} = 8,32 \cdot 10^{-16}$$

Tehát a nikkellionok koncentrációja a végpontban $8,32 \cdot 10^{-16}$ M, ez alapján valóban szinte a teljes nikkeltartalom komplex formájában van jelen, az nem bomlik el. Ezek az eredmények is visszaigazolják, hogy a titrálás pontos eredményt adva elvégezhető.

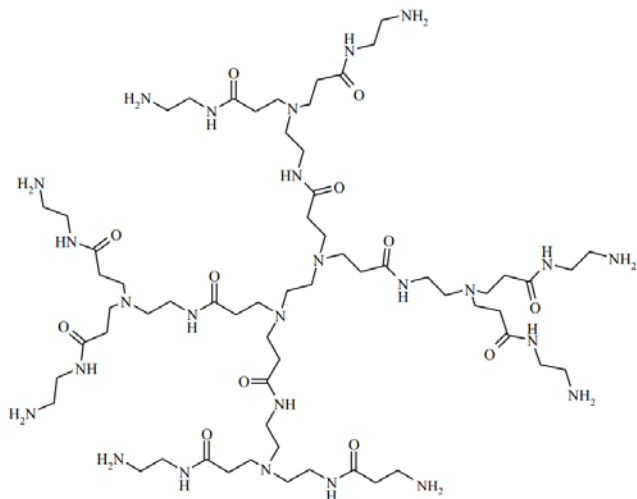
e) A komplexstabilitási állandók értékéből látható, hogy a kadmium tetracianokomplexe jóval kevésbé stabilis, így ebben az esetben az előző feladatrészen elvégzett számításokhoz hasonló módon is azt kapnánk, hogy a komplex elbomlana, azaz a visszamérési titrálás nem adhatna jó eredményt, mivel nem csak a cianidionok feleslegét mérnénk a komplex számottevő bomlása miatt.

A d) feladat kivételével a versenyzők többsége jól dolgozott, ott viszont egyedül Kozák András próbálta meg kiszámolni mindegyik ion koncentrációját. Hibátlan megoldás nem született, de közel hibátlan volt Kozák András és Simon Vivien Klaudia megoldása. Az átlagpontszám 7,50 volt.

(Csorba Benjámin)

H310. a) A 0. generáció esetén négy ág van, utána minden generációban az ágak kettéválnak, így az X. generációban $4 \cdot 2^x = 2^{x+2}$ végcsoport van. A G1 dendrimer konstitúciója az későbbi ábrán látható:

b) A 0,001 M koncentrációjú GX dendrimeroldat pH-ja az alábbi módon számítható ki. Minden molekulán 2^{x+2} végcsoport van, ami protonálódik, így $[\text{OH}^-] = 0,001 \cdot 2^{x+2}$ M, a pH pedig $14 + \lg[\text{OH}^-]$. Ebből a 0,001 M-os dendrimeroldatok pH-ja: $\text{pH}(\text{G0}) = 11,60$, $\text{pH}(\text{G2}) = 12,20$ és $\text{pH}(\text{G4}) = 12,81$.



A moláris tömeg is meghatározható általánosan. A GX dendrimer molekula tartalmaz $n(\text{mag}) = 1$ db $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ magot, melynek moláris tömege $M(\text{mag}) = 56,068 \text{ g/mol}$, $n(\text{vég}) = 2^{x+2}$ db 2 H atomból álló végcsoportot, ahol $M(\text{vég}) = 2,016 \text{ g/mol}$. A $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ágdarabok moláris tömege $M(\text{ág}) = 113,14 \text{ g/mol}$. A GX-ben levő ágdarabok száma pedig

$$n(\text{ág}) = 4 \cdot \sum_{k=0}^x 2^k = 4 \cdot (2^{x+1} - 1) = 2^{x+3} - 4.$$

Ekkor

$$M(\text{GX}) = n(\text{mag}) \cdot M(\text{mag}) + n(\text{ág}) \cdot M(\text{ág}) + n(\text{vég}) \cdot M(\text{vég})$$

Tehát

$$\begin{aligned} M(\text{G1}) &= 1430 \text{ g/mol}, \\ M(\text{G2}) &= 3256 \text{ g/mol} \\ M(\text{G7}) &= 116,5 \cdot 10^3 \text{ g/mol}. \end{aligned}$$

A 0,01 g/l koncentrációjú GX dendrimeroldat pH-ja:

$$\text{pH}(\text{GX}) = 14 + \lg \left(\frac{0,01 \text{ g/dm}^3}{M(\text{GX})} \cdot 2^{x+2} \right),$$

ez alapján a $\text{pH}(\text{G1}) = 9,75$, $\text{pH}(\text{G2}) = 9,69$ és $\text{pH}(\text{G7}) = 9,64$.

c) Ha a 0,01 g/l koncentrációjú G7 oldat pH-ja 9,42, akkor hidroxidion koncentráció

$$[\text{OH}^-] = 10^{-14+9,42} = 2,63 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Az NH_2 végcsoportok koncentrációja

$$[\text{G7}] \cdot 2^9 = (0,01 \text{ g/l}) / M(\text{G7}) \cdot 2^9 = 4,395 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Tehát a végcsoportok protonálódási foka

$$\alpha = (2,63 \cdot 10^{-5}) / (4,395 \cdot 10^{-5}) = 0,60.$$

d) A 10 ml 0,01 g/l koncentrációjú G7 oldatban a G7 anyagmennyisége $n(\text{G7}) = 8,584 \cdot 10^{-10} \text{ mol}$, a felületi NH_2 csoportok anyagmennyisége $n(\text{NH}_2) = n(\text{G7}) \cdot 2^9 = 4,395 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$. Minden NH_2 -hoz egy HAuCl_4 kapcsolódik, így

$$m(\text{HAuCl}_4) = n(\text{NH}_2) \cdot 339,785 \text{ g/mol} = 0,149 \text{ mg}$$

HAuCl_4 szükséges.

A NaBH_4 az alábbi módon redukálja a tetrakloro-aurát ionokat:



50%-os kitermeléssel számolva a szükséges NaBH_4 anyagmennyisége

$$n(\text{NaBH}_4) = 2 \cdot n(\text{HAuCl}_4) \cdot 3/8 = 3,296 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

és a tömege pedig

$$m(\text{NaBH}_4) = n(\text{NaBH}_4) \cdot 37,83 \text{ g/mol} = 0,0125 \text{ mg}$$

Az egy dendrimer molekulán képződő Au atomok aranyrögge állnak össze. Egy G7 molekulán 512 Au atom képződik, melynek tömege

$$m(\text{Au}) = 512 \cdot (196,97 \text{ g/mol}) / N_A = 1,6752 \cdot 10^{-19} \text{ g}$$

Az arany sűrűsége $\rho(\text{Au}) = 19300000 \text{ g/m}^3$. Tehát az 512 atomból álló aranygömb átmérője

$$d = 2r = 2 \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} = 2,55 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2,55 \text{ nm}.$$

A beküldők többsége az a)-c) feladatrészt szépen megoldotta, a d) részben voltak kisebb pontatlanságok, pl. úgy számoltak, hogy az oldatban levő összes Au atomból lesz egy aranyrög, nem pedig 512-ből.

(Simkó Irén)