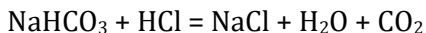


GONDOLKODÓ



Megoldások

A71. A szódadikarbóna sósavban való oldódásakor lejátszódó reakció egyenlete:



Tekintsünk 1 dm³ telített NaCl-oldatot! Ennyi oldatban 0,011 mol CO₂ oldódik fel. A függvénytáblázat szerint a 25 °C-on telített NaCl-oldat 26,45 m/m%-os, így 1 dm³ telített oldatában, melynek tömege 1190 g, 1190 g · 0,2645 = 314,8 g NaCl van. Ennek anyagszáma 314,8 g / (58,44 g · mol⁻¹) = 5,387 mol. 5,387 mol NaCl ugyanakkora anyagszáma NaHCO₃-ból és HCl-ből keletkezett és a keletkező H₂O és CO₂ anyagszáma is ugyanakkora.

a) Ahhoz, hogy megkapjuk az eredeti sósav össztömegét, az oldat tömegéből ki kell vonni a NaHCO₃ tömegét és hozzá kell adni az eltávozott CO₂ tömegét:

$$1190 \text{ g} - 5,387 \text{ mol} \cdot 84,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + (5,387 - 0,011) \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 974,0 \text{ g}$$

Az oldott HCl tömege 5,387 mol · 36,46 g · mol⁻¹ = 196,4 g. A sósav töménysége ez alapján 196,4 g / (974,0 g) · 100 m/m% = 20,16 m/m%. Tehát a kísérletben 20,2 tömegszázalékos sósavat kell használni.

b) 1 dm³ telített sóoldat képződésekor 5,387 mol CO₂ keletkezik és ebből 0,011 mol marad oldott állapotban. Azaz a reakció végén a képződő CO₂ 0,011 mol / (5,387 mol) · 100% = 0,204%-a marad oldott állapotban.

A pontszámok átlaga 5,6 pont, hibátlan megoldást küldött be Balogh Marcell, Berezvai Anna, Ficsór István Dávid és Répási Marcell. A legtöbb hiba és pontlevonás figyelmetlenségekből adódott.

(Palya Dóra)

A72. Az $n = N/N_A$ összefüggés alapján kiszámíthatjuk, hogy az első vegyület 1 moljában 2 mol atom és 177 mol proton található. A második vegyület esetén 1 mol-ban 3 mol atom és 260 proton van. Világos, hogy kétkomponensű vegyületek lévén az első vegyület 1:1 arányban, míg a második 2:1 arányban tartalmazza ugyanazt a két összetevőt. A protonszám-különbségből következtethetünk először az egyik elem rendszámára: $260 - 177 = 83$. Ez a bizmut (Bi). A másik elem innen igen könnyen következik: $177 - 83 = 94$, a plutónium (Pu). A két vegyület tehát a plutónium-monobizmutid és a plutónium-dibizmutid: PuBi és PuBi₂.

A pontátlag 8,5 volt.

(Varga Bence)

A73. a) Számoljuk ki, hogy hány $m/m\%$ az adott anyagok ródiumentartalma:

$$m/m\%(\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 102,9/263,3 \cdot 100\% = 39,1\%$$

$$m/m\%(\text{Rh}(\text{NO}_3)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 102,9/324,9 \cdot 100\% = 31,7\%$$

Ezek alapján a $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ -t éri meg megrendelni, hiszen annak nagyobb a ródiumentartalma.

b) Először számoljuk ki mennyi ródiumot tartalmaz 1 kg $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

$$m(\text{Rh}) = 0,391 \cdot 1000 \text{ g} = 391 \text{ g}$$

Ennek értéke a jelenlegi ára alapján:

$$p(\text{Rh}) = 25,7 \text{ \$/g} \cdot 391 \text{ g} = 10048,7 \text{ \$}$$

Vendel elkölt az 1 kg $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ megvásárlására

$$p(\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ \$/g} \cdot 1000 \text{ g} = 10000 \text{ \$-t.}$$

Ezek alapján a szállítási díj maximális összege:

$$p(\text{szállítás, max}) = p(\text{Rh}) - p(\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 48,7 \text{ \$}$$

Tehát 48,7 \$-nál kisebb szállítási költség esetén húzhat Vendel hasznot az üzletből (de ekkor még nem számoltunk a fém sójából történő előállításának költségével).

A beküldött megoldások szinte mindegyike hibátlan volt, mindössze kisebb elnézések okoztak pontvesztést. Az átlagpontszám 9,1 lett.

(Broda Balázs)

A74. Vendel feltételezését a következőképpen ellenőrizhetjük: kiszámítjuk, hogy egy térfogategységben (1 m^3) hány darab delokalizált elektron van az adott fém esetében, majd megvizsgáljuk, hogy az elektronok számának és a vezetőképességnek (κ) a hányadosa megegyezik-e közelítőleg a fémekre (az egyenes arányosság feltétele, hogy a két mennyiség hányadosa állandó).

$$N(e^-)/\text{m}^3 = yN_A V\rho/M$$

ahol y a delokalizált elektronok száma atomonként, N_A az Avogadro-állandó ($6,022 \cdot 10^{23}$), $V = 1 \text{ m}^3$, ρ a fém sűrűsége (kg/m^3), M a fém moláris tömege (kg/mol).

A következő táblázat tartalmazza a kapott adatokat:

Fém	Y	ρ (kg/m^3)	M (kg/mol)	$N(e^-)/\text{m}^3$	κ (S/m)	hányados
Li	1	534	0,0069	$4,63 \cdot 10^{28}$	$1,08 \cdot 10^7$	$4,29 \cdot 10^{21}$
K	1	890	0,0391	$1,37 \cdot 10^{28}$	$1,4 \cdot 10^7$	$9,79 \cdot 10^{20}$
Mg	2	1738	0,0243	$8,61 \cdot 10^{28}$	$2,3 \cdot 10^7$	$3,74 \cdot 10^{21}$
Ba	2	3510	0,1373	$3,08 \cdot 10^{28}$	$2,9 \cdot 10^6$	$1,06 \cdot 10^{22}$
Al	3	2700	0,0270	$1,81 \cdot 10^{28}$	$3,8 \cdot 10^7$	$4,76 \cdot 10^{21}$
Ag	1	10490	0,1079	$5,85 \cdot 10^{28}$	$6,2 \cdot 10^7$	$9,44 \cdot 10^{20}$
Au	1	19300	0,1970	$5,90 \cdot 10^{28}$	$4,5 \cdot 10^7$	$1,31 \cdot 10^{21}$

A táblázatból jól látszik, hogy a hányadosoknak igen jelentős a szórása, vagyis a korreláció a vezetőképesség és a delokalizált elektronok szá-

ma között nem tekinthető jelentősnek – vagyis Vendel feltételezése nem megalapozott.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége helyesen oldotta meg. Az összefüggés létének hiányát természetesen más módon is lehetett bizonyítani, például többen az elektronok száma alapján és a vezetőképeség alapján sorba rendezték a fémeket, és abból is egyértelműen kiderült, hogy nem egyezik a sorrend több ponton sem. Elvárás volt, hogy minden atomot vizsgáljanak meg a versenyzők, tehát azért nem járt teljes pontszám, hogyha csak két atom összehasonlítását végezték el, és ez alapján vonták le a következtetést, hiszen lehetséges volna ekkor elméletileg az is, hogy csak éppen az adott párosra nem működik a megközelítés, de a többire esetleg mégis.

(Pálffy Gyula)

A75. a) Mivel a vegyület gőzének oxigénre vonatkoztatott relatív sűrűség 2,51, ezért a moláris tömege 80,32 g/mol. Tehát az 52,6 g elégetett anyag anyagmennyisége 0,655 mol.

A 23,9 dm³ standard állapotú nitrogéngáz 0,976 mol-nak, míg kétszer ennyi víz 1,951 mol-nak felel meg. Mivel 0,655 mol vegyületet égettünk el, ezért 1 mol anyagból ezek alapján 1,5 mol N₂ és 3,0 mol H₂ keletkezik, tehát 1 molekulában 3 nitrogén- és 6 hidrogénatom található.

1 mol anyagból a nitrogén és hidrogén atomok tömegének levonásával 32,23 g marad, ami pontosan 3 mol bórnak felel meg. Ezek alapján az összegképlet: B₃N₃H₆.

b) Az égés egyenlete ezek alapján:



c)

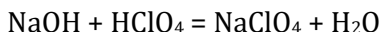


d) A vegyület a benzolra hasonlít. A fenti ábrán jelölt delokalizáció (aromás szerkezet) miatt ez is stabilabb, mint a hasonló BNH vegyületek.

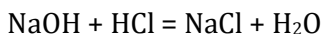
A feladat esetén, aki helyesen értelmezte a feladatléírást, az eljutott a közel hibátlan megoldásig. Egyedüli problémát annak a felismerése jelentette, hogy nemcsak a hatszög alak miatt hasonlít a benzolra, hanem az aromás szerkezet miatt is. A pontátlag 5,8 pont volt.

(Bacsó András)

A76. a) A NaOH-oldat és a HClO₄-oldat összeöntésekor lejátszódó reakció egyenlete:



Mivel a NaOH és a HClO₄ a két összeöntött oldatban azonos tömegszázalékban van jelen és a NaOH moláris tömege kisebb, ezért az összeöntéskor az lesz feleslegben. A kapott keverékből készített törzsoldat titrálásakor tehát a HCl a NaOH-dal reagál:



15,2 cm³ 0,00986 mol · dm⁻³ koncentrációjú sósavban 1,499 · 10⁻⁴ mol HCl van, ami 1,499 · 10⁻⁴ mol NaOH-dal reagál. Ennyi volt a törzsoldat 10,0 cm³-ében, az eredeti összeöntött oldatban tehát 1,499 · 10⁻³ mol NaOH volt.

Legyen az összeöntés előtti oldatok tömegszázalékos összetétele x m/m%. 10,0 g oldatban tehát 0,1x g oldott anyag van. 0,1x g NaOH 0,1x/40,0 mol, 0,1x g HClO₄ 0,1x/100,5 mol, ami 0,1x/100,5 mol NaOH-dal reagál. Ezek alapján az alábbi egyenletet írhatjuk fel a NaOH anyagmennyiségére:

$$0,1x/40,0 - 0,1x/100,5 = 1,499 \cdot 10^{-3}$$

Ebből $x = 0,9958$ m/m% adódik. Tehát 0,996 m/m%-os oldatokat öntöttünk össze.

b) Az eddigiek alapján a képződött só (NaClO₄) anyagmennyisége $0,1 \cdot 0,9958/100,5 = 9,908 \cdot 10^{-4}$ mol, ami 0,1214 g. Tehát a 100 cm³ törzsoldatban a NaClO₄ tömegkoncentrációja 1,21 g · dm⁻³, anyagmennyiség-koncentrációja $9,91 \cdot 10^{-3}$ mol · dm⁻³.

A pontátlag 7,4 pont. Hibátlan megoldást küldött be Ármós Csaba Endre.

(Palya Dóra)

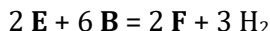
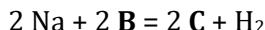
A77. Nézzük először az **A** fém kloridját. Jelöljük a só képletét ACl_z -vel, ekkor, ha $M(\text{A})$ -val jelöljük **A** moláris tömegét akkor a következő egyenlet írható fel:

$$\frac{35,5 \cdot z}{M(\text{A}) + 35,5 \cdot z} = 0,6067$$

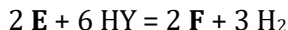
$$35,5 \cdot z = 0,6067 \cdot M(\text{A}) + 21,538 \cdot z$$

$$13,91 \cdot z = 0,6067 \cdot M(\text{A}) \text{ azaz } 22,93 \cdot z = M(\text{A})$$

Mivel z egész szám, ezért **A**-ra kémiailag értelmes megoldásként csak a Na adódik. A feladat szerint **D** egy nagy diffúziósebességű gáz, ebből sejteni lehet, hogy a **D** a hidrogén lesz. Most a megadott egyenletek közül az első kettő így néz ki:



Látható, hogy **B** anyaggal a Na és az **E** elem is hidrogént fejleszt, így **E** is fém lesz. **B**-ben pedig van hidrogén, így felírhatjuk HY -ként is. Ekkor a második egyenlet így alakul:



Tehát **F**-et **E** és 3 **Y** alkotja, tehát képlete EY_3 . Így **E** és **F** 1:1 arányú keverékének átlagos moláris tömegéből a következő írható fel:

$$M(\text{E}) + M(\text{EY}_3) = 2 M(\text{E}) + 3 M(\text{Y}) = 52,5 \cdot 2 = 105 \text{ g/mol}$$

Háromértékű fémek közül elsőként az alumíniumot érdemes megvizsgálni. Ha **E** az alumínium, akkor a fenti egyenletből következik, hogy $M(\text{Y}) = 17 \text{ g/mol}$, ami megfelel a hidroxidionnak, tehát **B** vegyület a víz. Erre valóban igaz, hogy folyadék. Tehát a feladat megoldása:

A: Na – nátrium

B: H_2O – víz

C: NaOH – nátrium-hidroxid

D: H_2 – hidrogén

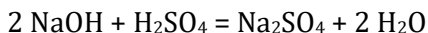
E: Al – alumínium

F: $\text{Al}(\text{OH})_3$ –alumínium-hidroxid

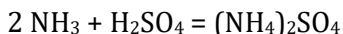
G: $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ – nátrium-tetrahidroxo-aluminát

(Bacsó András)

A78. Az ammónia elnyeletésére használt oldat 1,25 mmol kénsavat tartalmaz. Az elnyeletés után feleslegben maradt kénsav titrálásakor 1,5291 mmol NaOH fogyott. A kénsav titrálása NaOH-dal:



Ekkor az egyenlet alapján a feleslegben maradt kénsav $1,5291/2 \text{ mmol} = 0,76455 \text{ mmol}$ volt, és az ammóniával $1,25 \text{ mmol} - 0,76455 \text{ mmol} = 0,48545 \text{ mmol}$ kénsav reagált el. Az ammónia és a kénsav reakciója:



Az egyenlet alapján $2 \cdot 0,48545 \text{ mmol} = 0,9709 \text{ mmol}$ ammónia képződött a levélben levő nitrogénből, tehát a minta $0,9709 \text{ mmol}$ nitrogént tartalmazott, aminek a tömege $0,013593 \text{ g}$. A levélminta nitrogéntartalma tömegszázalékban kifejezve $3,10 \%$.

A feladat könnyűnek bizonyult, minden beküldő maximális pontot ért el.

(Simkó Irén)

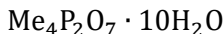
A79. Az adatok alapján felírható, hogy a keresett kristályos sóban:

$$m_{\text{P}} : m_{\text{O}} : m_{\text{H}} = 13,89 : 61,00 : 4,485$$

Ezt anyagmennyiség-arányokra átszámítva:

$$n_{\text{P}} : n_{\text{O}} : n_{\text{H}} = \frac{13,89}{30,97} : \frac{61,00}{16,00} : \frac{4,485}{1,008} = 0,4485 : 3,8125 : 4,4494 \approx \\ \approx 2 : 17 : 20$$

Tegyük fel, hogy az összes hidrogén a kristályvíz része, ekkor a só képlete (felhasználva azt, hogy alkálifémsó, tehát a kationja felírható Me^+ alakban):



Ebben az esetben Me moláris tömege (M) kiszámítható például a kristályvizes sóban lévő foszfor ismert tömegarányának segítségével:

$$\frac{2 \cdot 30,97}{4M + 2 \cdot 30,97 + 17 \cdot 16,00 + 20 \cdot 1,008} \cdot 100 = 13,89 \\ M = 22,96 \text{ g/mol}$$

Ez a Na moláris tömegének felel meg, ami valóban alkálifém. A kapott vegyület ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) valóban minden megadott információnak megfelel.

Ha savanyúsóról van szó – vagyis maga a só is tartalmaz hidrogént –, akkor szóba jöhetnek a hidrogén- és a dihidrogén-foszfátok is, de az utóbbiak esetén nem lehet megoldani, hogy a kristályvízhez megmaradó hidrogének és oxigének megfelelő arányban legyenek. Viszont elképzelhető a következő só:



Ez felfogható egy 2 és egy 7 kristályvizes Na_2HPO_4 keverékeként, viszont ez nem felel meg a feladat elején található leírásnak, így ez nem fogadható el.

Tehát a keresett kristályvizes só csak a $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ lehet.

A feladat megoldása a beküldők többségének nem okozott gondot, csak néhányan voltak, akik a kapott összegképlet alapján nem rögtön valamilyen difoszfátsóra gondoltak. Az átlagpontszám 8,5 pont volt.

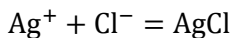
(Németh Flóra Boróka)

A80. A 0,1200 M-os AgNO_3 -oldatból (átszámítva) 0,02500 dm³ fogy, ami

$$0,1200 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,02500 \text{ dm}^3 = 0,003000 \text{ mol}$$

AgNO_3 -nak felel meg.

A következő (ion)reakció játszódik le:



Megállapítható, hogy egy adott anyagmennyiségű NaCl, KCl keverékre ugyanakkora anyagmennyiségű AgNO_3 fogy, tehát a keverék összesen 3,000 mmol NaCl-ot és KCl-ot tartalmazott.

Mivel a vizsgált keverék tömege 0,2022 g, ezért a következő egyenlet írható fel (ha x -szel jelöljük a keverékben lévő KCl anyagmennyiségét):

$$74,55x + 58,45(0,003 - x) = 0,2022$$

Ebből $x = 1,6677 \cdot 10^{-3}$ mol, ez a KCl anyagmennyisége, és így a NaCl anyagmennyisége $1,3323 \cdot 10^{-3}$ mol.

(Megjegyzés: elfogadható, ha valaki $M_{\text{Cl}} = 35,5$ g/mol-lal számolt, és ahhoz mérten kapott pontos végeredményt.)

Ebből kiszámítható, hogy 0,6065 g keverékben hány mól KCl illetve NaCl van:

$$\text{KCl: } \frac{0,6065 \text{ g}}{0,2022 \text{ g}} \cdot 1,6677 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5,0023 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{NaCl: } \frac{0,6065 \text{ g}}{0,2022 \text{ g}} \cdot 1,3323 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,9962 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Ez megegyezik a mintában lévő K^+ és Na^+ anyagmennyiségével. Tehát a mintában ezen ionok tömege:

$$\text{K}^+: 5,0023 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 39,1 \text{ g/mol} = 0,19559 \text{ g}$$

$$\text{Na}^+: 3,9962 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 23 \text{ g/mol} = 0,09191 \text{ g}$$

Ezek tömegszázalékba átszámítva:

$$\text{K}^+: \frac{0,19559 \text{ g}}{0,9250 \text{ g}} \cdot 100 = 21,14\%$$

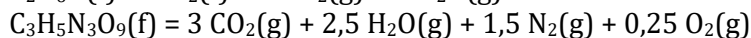
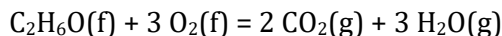
$$\text{Na}^+: \frac{0,09191 \text{ g}}{0,9250 \text{ g}} \cdot 100 = 9,936\%$$

Tehát a minta káliumtartalma 21,14 m/m% volt, és a nátriumtartalma 9,936 m/m%.

A feladatot beküldők szinte kivétel nélkül eljutottak a végeredményig. A hibák többségében pontatlan számolásból adódtak, illetve abból, hogy a megoldás során megfeledkeztek arról, hogy a titrálás során a klorid-keveréknek csak egy részét vizsgáljuk. Az átlagos pontszám 9,3.

(Németh Flóra Boróka)

K261. a) A folyamatok égéshőjének megállapításához fel kell írunk a rendezett reakcióegyenleteket (természetesen az egyenletek bármilyen többszöröse megfelel):

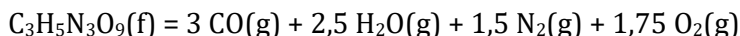


A vonatkozó termokémiai adatok kJ/mol-ban:

$\Delta_f H(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{f})) = -277,0$; $\Delta_f H(\text{CO}_2(\text{g})) = -393,5$; $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -241,8$;
 $\Delta_f H(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\text{f})) = -370,0$. A stabil elemi formáké zérus.

Az égéshőket a rendezett egyenletekhez úgy számoljuk, hogy a termékek standard képződési entalpiáinak összegéből kivonjuk a kiindulási anyagokét, a sztöchiometriai számokkal súlyozva. Így az etanol égésére $-1235,4 \text{ kJ/mol}$, míg a nitroglicerinére $-1415,0 \text{ kJ/mol}$ adódik.

b) Ismét felírjuk a rendezett reakcióegyenletet:



Ismerve a CO standard képződési entalpiáját ($\Delta_f H(\text{CO}(\text{g})) = -110,5 \text{ kJ/mol}$), az égéshő hasonlóan számítható.

Az eredmény $-566,0 \text{ kJ/mol}$.

c) Felfedezhetünk egy látszólagos ellentmondást, miszerint a nitroglicerín égése kisebb energiafelszabadulással jár, mégis pusztítóbb hatással bír. A feloldást több irányból is meg lehet közelíteni, az értékelés során a következő szempontok voltak hangsúlyosak:

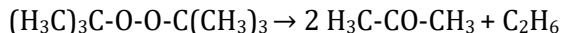
- Az égéshő egy termodinamikai adat, így a kiindulási és végállapotok energiatartalma közötti különbséget jellemezi. A robbanás ereje a végbemenő folyamat *gyorsaságában* rejlik, amiről a megadott információ nem mond semmit.
- Az égés gyorsaságában szerepet játszik az, hogy mekkora mennyiségű oxigénre van hozzá szükség. A nitroglicerín égése nem igényel légköri oxigént.
- Robbanás során gázok keletkeznek, majd ezek kitágulnak, lökéshullámot előidézve. Könnyen belátható, hogy a nitroglicerín robbanása során sokkal nagyobb anyagmennyiségű (térfogatú) égéstermék keletkezik.

A pontok átlaga 6,7 volt. A legnagyobb fejtörést az utolsó kérdés okozta, amit sokat csak a keletkező gázok mennyiségével magyaráztak.

(Berta Dénes)

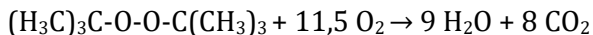
K262. a) Nagy valószínűséggel (a leírtak alapján) a láncfűrész azért nem működött, mert az üzemanyag elégetéséhez (ezáltal a motor működtetéséhez) nem állt rendelkezésre elegendő mennyiségű oxigén.

b) A di-terc-butyl-peroxid hőbomlásának egyenlete:



c) Azért lehet alkalmas üzemanyag a DTBP ilyen esetben is, mert oxigénhiányos környezetben is képes hőbomlás útján energiát termelni, mellyel meghajtható a láncfűrész motorja.

d) A DTBP tökéletes égésének egyenlete:



A felszabaduló energia kiszámításához a Hess-tételt alkalmazzuk. A reakcióban képződő termékek sztöchiometriai együtthatókkal súlyozott képződéshőinek összegéből kivonjuk a kiindulási anyagok hasonlóan súlyozott képződéshőit.

A hőbomlás során felszabaduló energia:

$$E(\text{hb}) = 2\Delta_{\text{k}}H(\text{aceton, g}) + \Delta_{\text{k}}H(\text{C}_2\text{H}_6, \text{g}) - \Delta_{\text{k}}H(\text{DTBP})$$

$$E(\text{hb}) = -141 \text{ kJ/mol}$$

A tökéletes égés során felszabaduló energia (megjegyezve, hogy az elemek képződéshője zérus):

$$E(\text{é}) = 8\Delta_{\text{k}}H(\text{CO}_2, \text{g}) + 9\Delta_{\text{k}}H(\text{H}_2\text{O, g}) - \Delta_{\text{k}}H(\text{DTBP}) - 11,5\Delta_{\text{k}}H(\text{O}_2, \text{g})$$

$$E(\text{é}) = -4949 \text{ kJ/mol}$$

Ezek alapján kiszámítható, hogy hány-szoros mennyiségű energia szabadul fel a DTBP tökéletes égésekor a hőbomláshoz viszonyítva:

$$\eta = E(\text{té})/E(\text{hb}) = (-4949 \text{ kJ/mol})/(-141 \text{ kJ/mol}) = 35,1$$

Tehát kb. 35-szörös energia szabadul fel.

A beküldött megoldások között nagyon sok hibátlan megoldás volt. A megoldóknak általában az a) és a c) rész okozott nehézséget. Az átlag-pontszám 9,0 lett.

(Broda Balázs)

K263. a) Tegyük fel, hogy a nyomás a rendszerben p . Ekkor az 50°C -os részben lévő nitrogén anyagmennyisége $1,86 \cdot 10^{-5} p$, míg a 70°C -os részben lévőé $2,8 \cdot 10^{-6} p$. Ezek összege $6,5 \text{ mol}$, tehát $6,5 = 2,14 \cdot 10^{-5} p$. Ebből adódik, hogy a nyomás $3,04 \text{ bar}$.

b) A kisebbik edényben így $0,5909 \text{ mol}$ nitrogén lesz, 70°C -on, tehát a rendszerben a nyomás $2,11 \text{ bar}$ lesz. Ezek alapján kiszámolható, hogy a nagyobbik edényben lévő $5,9091 \text{ mol}$ nitrogén hőmérséklete $-58,7^\circ\text{C}$.

c) Ezek alapján kis sűrűségkülönbség elérésére használható a módszer, viszont nagy sűrűségkülönbséghez nagyon nagymértékű hűtés szüksé-

ges, egyszerűbb egy pumpát alkalmazni e célra. Azonban, lehetnek olyan esetek mikor megfontolandó ez az eljárás (reaktív gázok). Megfelelő indoklás esetén mindkét válasz maximális pontot ért.

A feladat során alapvető fontosságú volt rájönni arra, hogy a két tartályban azonos lesz a nyomás minden körülmény között, hiszen együtt alkotnak egy zárt rendszert. A pontátlag 8,1 pont volt, 11 hibátlan megoldás érkezett.

(Bacsó András)

K264. a) Vegyünk mindkét oxidból 1-1 grammot. X_2O (1) moláris tömege legyen $M_1 = 2x+16$ g/mol, XO_2 (2) moláris tömege pedig $M_2 = x+32$ g/mol. Ekkor $n_1 = (1/(2x+16))$ mol, ami $(2/(2x+16))$ mol X atomot és $(1/(2x+16))$ mol O atomot tartalmaz; $n_2 = (1/(x+32))$ mol, ami $(1/(x+32))$ mol X atomot és $(2/(x+32))$ mol O atomot tartalmaz. Mivel az anyagmennyiség arányos a darabszámmal, az alábbi egyenletet írhatjuk fel:

$$(2/(2x+16)) + (1/(x+32)) = 1,015 \cdot [(1/(2x+16)) + (2/(x+32))]$$

Megoldva $x = 14$ g/mol értéket kapunk, ami a nitrogén moláris tömege. Tehát a keresett elem a nitrogén, a vegyületek pedig a N_2O és a NO_2 .

b) Legyen N_nY (3) moláris tömege $M_3 = (14n + y)$ g/mol és NY_n (4) moláris tömege $M_4 = (14 + n \cdot y)$ g/mol. Ekkor az alábbi egyenletet írhatjuk fel:

$$14n + y = 2,53 \cdot (14 + n \cdot y)$$

n pozitív egész szám, $n = 3$ esetén kapunk értelmes megoldást, ekkor $y = 1$ g/mol adódik, ami a hidrogén moláris tömegének felel meg. A nitrogénre jellemző a 3 vegyérték, illetve a N_3H és az NH_3 létező vegyületek, így $n = 3$ és $Y = H$ a helyes megoldás.

(Rutkai Zsófia)

K265. a) $C_{10}H_{16}$

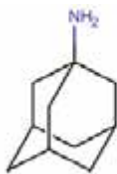
b) Az adamantánmolekulák térbeli eltolásával, egymáshoz illesztésével felépíthető a teljes gyémántrács.

c) Az adamantánban összesen kettő különböző helyzetű szénatom van (a szekunder és a terciér), így összesen kettő monobróm-adamantán létezik.

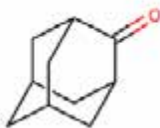
A dibróm-származékokat esetekre bontjuk:

- mindkét bróm tercier szénatomon van: minden tercier szén „ugyanannyira” van egymástól, így bármely kettőt választjuk ki, ugyanazt a molekulát kapjuk: 1 db
- mindkét bróm szekunder szénatomon van:
 - lehetnek úgy, hogy a két szénatom között csupán egy másik (egy tercier) van, ekkor a kialakuló két kiralitáscentrum miatt összesen 4 db izomer lesz
 - és lehetnek úgy is, hogy közöttük három másik szénatom van (két tercier és egy szekunder), ekkor nincs kiralitáscentrum, így csak 1 db izomer lesz
 - mindkét brómatom ugyanazon a szekunder szénatomon van: 1 db
- az egyik bróm szekunder, a másik tercier szénatomon van:
 - ha egymás melletti szénatomokon vannak, akkor ott a szekunder szénatomon kialakuló kiralitáscentrum miatt 2 db izomer lesz
 - ha közöttük két másik szénatom (egy szekunder és egy tercier) van, akkor nem alakul ki kiralitáscentrum, és így 1 db izomer létezik

d) A tömegszázalékos adatokból a moláris tömegekkel való leosztással azt kapjuk, hogy 100 g vegyületben 6,612 mol C és 11,24 mol H van, ami 10 szénatomot feltételezve (hisz adamantánszármazékot keresünk) 17 hidrogénatomot jelent. Valamint, a 10 szénatomos feltételezés azt is jelenti, hogy a 100 g anyag 6,612/10 mol anyagot jelent, tehát a vegyület moláris tömege $100/0,6612 = 151,2$ g/mol, amiből kivonva tízszer a szén, és tizenhétszer a hidrogén moláris tömegét, 14-et kapunk, ami éppen a nitrogén moláris tömege. Ez alapján a kérdéses vegyület egy aminoadamantán. Az interneten utánanézzve azt találjuk, hogy a Parkinson-kór ellen az 1-aminoadamantánt használják (I. képlet).



I.



II.



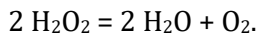
III.

e) Az előző megoldáshoz hasonlóan számolva 10:14-es C:H arány jön ki, illetve az ismeretlen elem moláris tömegére 16, így egy $C_{10}H_{14}O$ összegképletű vegyület a megoldás. Mivel a feladat nem adott részletesebb specifikációt, ezért ennek az összegképletnek két adamantán-származék is megfelel (II. és III. képletek)

A feladat nehéznek bizonyult, sokan elfeledkeztek a kialakuló kiralitás-centrumokról, nem született hibátlan megoldás. A legszebb megoldást Al-Hag Johanna Iman küldte be.

(Kis Zoltán Sándor)

K266. a) A 75 cm^3 hidrogén-peroxid-oldat tömege a sűrűségének segítségével számolható: $75\text{ cm}^3 \cdot 1,14\text{ g/cm}^3 = 85,5\text{ g}$, amiből a tömegszázalékos összetétel alapján adódik, hogy az oldatunk $85,5\text{ g} \cdot 0,35 = 29,925\text{ g}$ oldott anyagot tartalmaz, ami $29,925\text{ g}/(34\text{ g/mol}) = 0,880\text{ mol}$ hidrogén-peroxidnak felel meg. A hidrogén-peroxid bomlását a mangán-dioxid katalizálja, víz és oxigéngáz keletkezik:



Látható, hogy a hidrogén-peroxid anyagmennyiségének fele a fejlődő oxigéngáz anyagmennyisége, így $0,880\text{ mol}$ hidrogén-peroxid $0,440\text{ mol}$ oxigéngázt fejleszt.

Azonban az összerázás előtt Vendel nyilvánvalóan nem vákuumban dolgozott, hanem az oldat feletti $2\text{ dm}^3 - 0,075\text{ dm}^3 = 1,925\text{ dm}^3$ térfogatot levegő töltötte ki, amit ideális gáznak tekintünk. Standardnyomáson és 25°C hőmérsékleten az ideális gázok moláris térfogata $24,5\text{ dm}^3/\text{mol}$, így $1,925\text{ dm}^3/(24,5\text{ dm}^3/\text{mol}) = 0,07857\text{ mol}$ levegő volt a flakonban. A levegő 21 mólszázaléknyi oxigént tartalmaz, így a levegőből is származik összesen $0,07857\text{ mol} \cdot 0,21 = 0,0165\text{ mol}$ oxigéngáz. Tehát a teljes oxigénmennyiség a palack használatának kezdetén $0,0165\text{ mol} + 0,440\text{ mol} = 0,4565\text{ mol}$, a teljes gázmennyiség pedig $0,07857\text{ mol} + 0,440\text{ mol} = 0,5186\text{ mol}$.

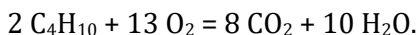
Azaz a gázelegy $0,4565/0,5186 = 0,880$ móltörtnyi oxigént tartalmaz, ami Avogadro törvénye alapján megegyezik a térfogattörttel is. Tehát a használat során ilyen oxigéntartalmú gáz távozik majd a palackból, és ilyen is marad vissza benne.

A légköri gáz nyomását közelítsük 10^5 Pa nyomással (a javításkor elfogadtuk a 101 kPa és a 101325 Pa közelítést is), ekkor a $0,1\text{ bar} =$

10000 Pa túlnyomás alapján látható, hogy a palackban lévő gáz nyomása 100000 Pa+10000 Pa=110000 Pa. A reakció során a hidrogén-peroxid-oldat térfogatváltozását elhanyagoljuk, tehát a gáztérfogat továbbra is $1,925 \text{ dm}^3 = 1,925 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, a hőmérséklet 298 K, így az ideális állapotegyenlet alapján számolható a palackban maradó gáz anyagmennyisége:

$$n' = \frac{p'V'}{RT} = \frac{110000 \text{ Pa} \cdot 1,925 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 0,08547 \text{ mol}$$

A palackban maradó gáz a móltörtje alapján $0,08547 \text{ mol} \cdot 0,880 = 0,0752 \text{ mol}$ oxigént tartalmaz, azaz $0,4565 \text{ mol} - 0,0752 \text{ mol} = 0,3813 \text{ mol}$ oxigén távozott el. A bután égésének egyenlete:



Ez alapján 1 mól oxigén 2/13 mól bután tökéletes elégetéséhez elegendő (feltételeztük, hogy az égés tökéletesen végbement), azaz a 0,3813 mól távozott oxigénben $0,3813 \text{ mól} \cdot 2/13 = 0,05866 \text{ mol}$ bután égett el, ami $0,05866 \text{ mol} \cdot 58 \text{ g/mol} = 3,40 \text{ g}$ -nak felel meg. Tehát a gáz-égőnk $3,40 \text{ g} / (0,16 \text{ g/perc}) = 21,25$ percig tudott működni. (Figyelembe véve, hogy bizonyos adatok csak 1 értékes jegyre voltak megadva, mondhatjuk, hogy 20 percre elegendő oxigént fejleszt a rendszerünk.)

b) A számolásunk az előzőhöz hasonló elvek mentén alakul, az indoklásokat nem írjuk ki újra. Kiszámoljuk, hogy mennyi töltet kell a 30 perces üzemidőhöz, majd ellenőrizzük, hogy eközben a túlnyomás nem lépi-e át a megadott határértéket. Legyen a hidrogén-peroxid-oldat térfogata dm^3 -ben számolva V . Az előző feladatrészen kiszámoltuk, hogy ha $V = 0,075 \text{ dm}^3$, akkor $0,440 \text{ mol}$ oxigéngáz fejlődik, az pedig nyilvánvaló, hogy a hidrogén-peroxid-oldat térfogata és az abból fejlődő oxigéngáz mennyisége közt egyenes arányosság van, így $0,44V/0,075 = 5,867V \text{ mól}$ oxigéngáz fejlődik. A levegő térfogata kezdetben $2 - V \text{ dm}^3$ volt, így az anyagmennyisége $24,5 \text{ mol/dm}^3$ -es moláris térfogattal számolva $(2 - V)/24,5 \text{ mol}$, azaz $0,08163 - 0,04082V \text{ mol}$. Ennek 21 %-a oxigén, ami $0,01714 - 0,008571V \text{ mol}$. Így a gáz oxigénjének móltörtje:

$$\frac{5,867V + 0,01714 - 0,008571V}{5,867V + 0,08163 - 0,04082V} = \frac{5,858V + 0,01714}{5,826V + 0,08163}$$

Korábban már kiszámoltuk, hogy 21,25 perces működés során 0,3813 mól oxigénnek kell távozni a rendszerből, így a 30 perces működéshez 30/21,25-ször ennyi, azaz 0,5383 mól oxigén kell.

A működés végén a palackban maradó gáz anyagmennyisége az a) részhez hasonlóan számolható:

$$n = \frac{p'(2 - V) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{RT} = \frac{110000 \text{ Pa} \cdot (2 - V) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 0,08880 - 0,04440V \text{ mol}$$

Így tehát $5,826V + 0,08163 - 0,0888 + 0,0444V = 5,870V - 0,007170$ mol gáz távozik a rendszerből, így az oxigén móltörtjének segítségével a szükséges oxigénre felírható:

$$0,5383 = \frac{5,858V + 0,01714}{5,826V + 0,08163} (5,870V - 0,00717)$$

A nevezővel szorozva és a számlálóban a zárójeleket felbontva adódik:

$$3,136V + 0,04394 = 34,39V^2 + 0,05861V + 0,0001229 \\ 34,39V^2 - 3,077V - 0,04384 = 0$$

Az egyenlet egyetlen nemnegatív megoldása 0,1020, tehát 0,102 dm³, azaz 102 cm³ oldatot kell bemérnünk a félórás üzemidőhöz.

Ekkor a teljes gázmennyiség (akkor maximális a nyomás a tartályban, amikor még a teljes gázmennyiség benne van, így elég ezt az esetet vizsgálni) $5,826V + 0,08163$ mol, azaz 0,6757 mol, ekkor a palackban uralkodó nyomás Pa-ban:

$$p'' = \frac{n''RT}{(2 - V)10^{-3}} = \frac{0,6757 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{(2 - 0,102) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 882000 \text{ Pa}$$

Ez 8,82 bar nyomásnak, így a légköri 1 bar-nak tekintett nyomáshoz képest 7,82 bar túlnyomásnak felel meg, ami kevesebb, mint a megengedett 8 bar, így lehet fél óráig működtetni a készüléket.

A feladatot mindössze egy versenyző, Kozák András oldotta meg a fenti elveknek megfelelően, egy kisebb számolási hibával. A többi versenyző vagy a folyadék térfogatával nem számolt, vagy a túlnyomást értette félre, vagy a levegő jelenlétét nem vette figyelembe, esetleg ezek közül több hiba is előfordult.

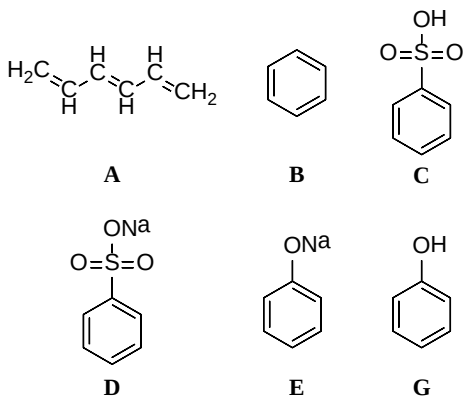
(Csorba Benjámin)

K267. a) Az **A** molekulában minden kötőhossz az egyszeres és kétszeres kötés hosszértéke közé esik, ebből arra lehet következtetni, hogy delokalizált π kötések találhatók a molekulában. Mivel **B** vegyületben is azonos minden kötőhossz és a molekula gyűrűs, egy aromás vegyületet feltételezhetünk. **B** a homológ sorának legegyszerűbb képviselője, tehát a keresett molekula a benzol.

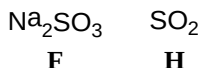
B moláris tömege 49,4 %-a **C** moláris tömegének, ez 80 g/mol különbséget jelent a két molekula moláris tömege között, ami egy „SO₃” részletnek felel meg, vagyis a **C** vegyület a benzolszulfonsav.

G moláris tömege 81,1 %-a az **E** moláris tömegének. Mivel **E** a **G** vegyület nátriumsója, 22 g/mol különbség lesz a moláris tömegükben. Így az $x/(x+22) = 0,811$ egyenletet megoldva **G** moláris tömege 94,4 g/mol-nak adódik, tehát a keresett vegyület a fenol.

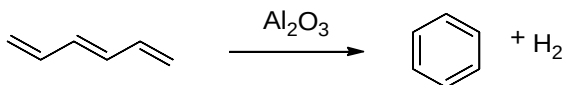
A vegyületek szerkezeti képletei:

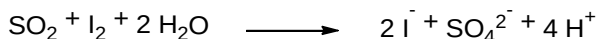
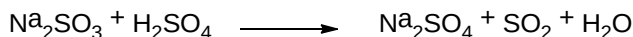
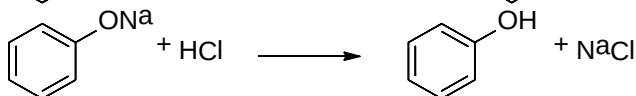
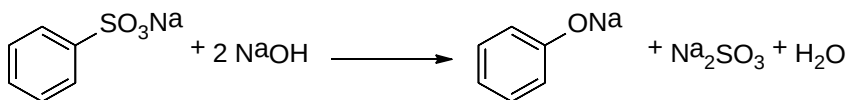
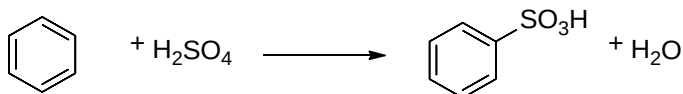


b) A keresett összegképletek:



c) A lejátszódó reakciók egyenletei:





(Rutkai Zsófia)

K268. a) Mivel a minta két összetevőt tartalmaz, volfrámot és egy fémvegyületet, mely 2,01%-ban fordul elő, ezért a volfrám így 97,99%, ami így 0,34982 g tömegű, azaz 1,9028 mmol anyagmennyiségű. Az adalék anyagmennyisége ennek 70-ed része, azaz 0,02718 mmol. Tömege viszont a minta 2,01%-a, azaz 7,176 mg, így moláris tömege 264,0 g/mol. Már ebből lehet sejteni, hogy mi a vegyület, de haladjunk tovább.

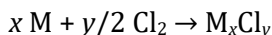
A titrálás során a NaF anyagmennyisége 0,1591 mmol, ami 6,68 mg, ez pedig 9,229 mg fémnek felel meg. Ennyi fém van 10 cm³ törzsoldatban így a teljes minta ennek tízszeresét, azaz 92,29 mg fémet tartalmaz, ami 105 mg vegyületben van, így a tömegszázalékos fémtartalom 87,89%, ez a már kiszámolt moláris tömeg esetén azt jelenti, hogy a fém atomtömege 232 g/mol, mely bizony a tóriumé. A fennmaradó 32 g/mol lehetne kén vagy 2 oxigén, de ezek közül csak az utóbbi lehetséges, tehát az adalék nem más, mint tórium-dioxid, ThO₂.

b) Az alizarinszulfonsavas-Na egy két hidroxilcsoporttal rendelkező szerves vegyület (antrakinon származék), ez miatt sok fémionnal ad színes komplexet, kelátot (alumíniummal alkotott „lakkját” az analitikai meghatározások során alkalmazzák is, továbbá a textiliparban vas- és krómkomplexét is használják). A tóriummal is ad kelátot, mégpedig ibolyásvörös színűt. Ennek a komplexnek a komplexstabilitási együtt-

hatója egy kicsivel kisebb, mint a fluoridionnal alkototté. Így az ekvivalenciapontig van szabad tórium, ami képes a jellemző színreakciót adni, de elérve azt, a fluoridionok kiszorítják az indikátort, így eltűnik a színes kelát, ezzel együtt a szín is.

(Várda Ernák)

K269. a) A fém és a klórgáz reakciójára az alábbi egyenlet írható fel:



A különböző körülményeket vizsgálva azt figyelhetjük meg, hogy a táblázat első három sorában a fém anyagmennyisége rendre 0,2 mol, 0,3 mol és 0,4 mol; valamint a termék tömege rendre 26,7 g, 40,0 g, 53,3 g. A termék tömege nyilvánvalóan arányos a termék anyagmennyiségével. Ez alapján a termék anyagmennyiségeinek arányai közel megegyeznek a fém anyagmennyiségeinek arányaival.

$$0,2 : 0,3 : 0,4 \approx 26,7 : 40,0 : 53,3$$

Ez alapján arra a következtetésre jutunk, hogy ilyen körülmények között a klórgáz van a reakció során vagy feleslegben vagy sztöchiometrikus mennyiségben alkalmazva (a fém anyagmennyisége határozza meg a képződő termék anyagmennyiségét).

Ugyanígy elmondható, hogy a 3-7. esetekben a klórgáz anyagmennyiségeinek arányai egyeznek meg a termék anyagmennyiségeinek (tömegeinek) arányaival.

$$0,6 : 0,5 : 0,4 : 0,3 : 0,2 \approx 53,3 : 44,4 : 35,6 : 26,7 : 17,8$$

Tehát a 3-7. körülmények közötti reakciókban a fém van vagy feleslegben vagy sztöchiometrikus mennyiségben alkalmazva.

A két esetet összevetve azt találjuk, hogy a táblázat 3. sorában megtalálható körülmények között mindkét kiindulási anyag vagy feleslegben vagy sztöchiometrikus mennyiségben van alkalmazva. Ezek alapján csak utóbbi teljesülhet, azaz a fém és a klórgáz anyagmennyiségének aránya a vegyületben $0,40 : 0,60 = 2 : 3$.

Ezek alapján az $x : y = 2 : 6 = 1 : 3$. (Mivel a klórmolekulában két klór-atom található.)

Ha $x = 1$, akkor $y = 3$, a vegyület összegképlete: MCl_3 .

Kiszámolható a moláris tömege is:

$$M(\text{MCl}_3) = 53,3 \text{ g} / 0,40 \text{ mol} = 133,25 \text{ g/mol}$$

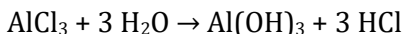
Ebből levonva a klór moláris tömegének háromszorosát adódik a fém moláris tömege.

$$M(\text{MCl}_3) - 3M(\text{Cl}) = M(\text{M}) = 26,9 \text{ g/mol}$$

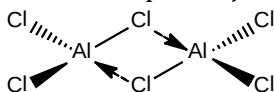
Ez a moláris tömeg megegyezik az alumíniuméval, valamint a háromszorosan pozitív töltésű ion is igaz rá. (Ha nagyobb x -re helyettesítettünk volna be, akkor a $3x$ -et kapnánk y -ra eredményül, a fém ugyanúgy az alumínium lenne.)

Ezek alapján a keresett vegyület összegképlete: AlCl_3 .

A teljes hidrolízisének egyenlete:



b) A dimerek az alábbi szerkezeti képlettel jellemezhetőek:



A beküldött megoldások jelentős része hibátlan volt, szinte csak a reakcióegyenletek felírásakor elkövetett egy-két elnézés okozott pontvesztést. Az átlagpontszám 9,2 lett.

(Broda Balázs)

K270. a) Az ötvözet réz- és cinktartalma a királyvízben való oldás után Cu^{2+} -ionok és Zn^{2+} -ionok formájában lesz jelen az oldatban (legnagyobb stabil oxidációs állapot).

A titrálások során mindkét esetben 25,00 ml-es részlettel dolgozunk, így az abban meghatározott anyagmennyiség 10-szerese van jelen kezdetben a törzsoldatban (s ezáltal a kezdeti mintában).

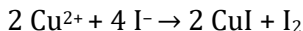
Az első esetben EDTA oldattal titrálták a kivett részletet adott körülmények között. Az EDTA mindkét fémionnal 1:1 arányú stabil komplexet képez. Ez alapján a megtitrált fémionmennyiség:

$$n(\text{részlet}) = c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) = 0,100 \text{ M} \cdot 33,40 \text{ ml} = 3,340 \text{ mmol}$$

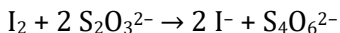
Tehát az összes fémion (kiindulási fém) anyagmennyisége:

$$n(\text{össz}) = n(\text{részlet}) \cdot 10 = 33,40 \text{ mmol}$$

A második esetben az kivett részlethez szilárd KI-t adtunk feleslegben. A KI a Cu^{2+} -ionokkal az alábbi módon reagál:



A jód tioszulfát-ionokkal az alábbi reakcióegyenlet alapján reagál:



Ezek alapján 1 mól Cu^{2+} -ionra 1 mól $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ion fogy. Tehát a Cu^{2+} -ion anyagmennyisége:

$$n(\text{Cu}^{2+}, r) = c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,100 \text{ M} \cdot 29,35 \text{ ml} = 2,935 \text{ mmol}$$

Tehát az összes Cu az eredeti mintában: $n(\text{Cu}) = n(\text{Cu}^{2+}, r) \cdot 10 = 29,35 \text{ mmol}$. Ezek alapján kiszámolható a Zn anyagmennyisége is: $n(\text{Zn}) = n(\text{össz}) - n(\text{Cu}) = 4,05 \text{ mmol}$.

A fémek tömege a kezdeti mintában: $m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 1,865 \text{ g}$; $m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn}) = 0,265 \text{ g}$

A réz és a cink tömegszázaléka az ötvözetben:

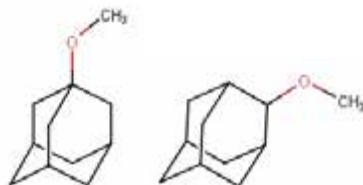
$$m/m\%(\text{Cu}) = 81,09 \text{ m/m}\%; \quad m/m\%(\text{Zn}) = 11,52 \text{ m/m}\%$$

Fontos megjegyezni, hogy ezen gondolatmenet csak olyan esetben működik, ha a királyvizes oldás során nem keletkezett egyéb olyan ion, mely reagál valamely mérés során a reaktánsokkal (pl. olyan fémion, amely ilyen körülmények között reagál EDTA-val).

A beküldött megoldások között sok hibátlan megoldás volt. Az átlagpontszám 8,3 lett.

(Broda Balázs)

H261. a) Az adamantánban csak 2 féle szénatomot különböztethetünk meg, a szekunder és a terciér C atomok külön-külön mind ekvivalensek. Ebből fakadóan a monobróm származékából is kettőféle van, amikből a nekik megfeleltethető metil-éterek képződnek:



Mindkét éter S_N1 (a nukleofil egyértelmű) reakciómechanizmus szerint képződik egyrészt a szénatomok zsúfoltsága, másrészt pedig az S_N2 mechanizmushoz szükséges inverzió gátoltsága miatt.

b) Az eliminációs reakciók nem mennek végbe, hiszen mindkét eliminációnál hídfő típusú szénatomon is kellett volna eliminációnak történnie, ami a Bredt-szabály értelmében nem valósul meg ilyen kis méretű gyűrűk esetében, és ez a szabály is a keletkező vegyület instabilitására vezethető vissza. Az adamantén instabilitását az adja, hogy a kettős kötés és az amiatt ráerőltetett 6 atom egy síkba kerülése tönkreteszi az adamantén stabilitását adó tökéletes tetraéderes szögeket és ezzel nagy molekulán belüli feszültséget kelt.

c) A kettős kötés mindenképpen egy szekunder és egy terciér szénatomot fog összekapcsolni (hiszen minden terciérnek csak szekunder szomszédja van és fordítva), viszont az adamantén szénvázából adódó axiális kiralitás megjelenése miatt 2 db különböző adamantén létezhet.

d) Ezt a feladatot a lehetőségek (legalábbis látszólagos) sokasága miatt szisztematikusan kezelve kapjuk a legmegbízhatóbb megoldást. Először is tisztázzuk, hogy a feladat leírta, hogy hipotetikus molekulákról beszélgetünk, ezért nem kell azzal foglalkoznunk, hogy mennyire lenne stabil, ha lenne, és még azt is feltételezhetjük, hogy mivel nem tudjuk megmondani, hogy a kettős kötések miatti torzulások milyenek, ezért elég csak a kötések egymáshoz viszonyított elhelyezésével foglalkozni és nem figyelembe venni az előző feladatrészben megtárgyalt „hidrogén-kettős kötés-egyszeres” kötés forgásirányából adódó axiális kiralitást. A legegyszerűbb úgy nekiállni, hogy az adamanténvázon kijelölünk egy kötést, és ahhoz viszonyítva nézzük a második kettő kötés helyzetét (mert minden adamantén szerkezetet azonosnak tekintünk). Kiindulásnak a szimmetriák könnyebb felfedezése érdekében az alábbi szerkezetből induljunk ki:



Vizsgáljuk meg, hogy adott távolságra (minimum hány egyszeres kötés választja el őket) levő kettős kötések hogyan helyezkedhetnek el, és vizsgáljuk azon terciér szénatomok CIP konvencióját a molekula belső irányát tekintve a 4-es számú ligandumnak (axiális kiralitás).

- 0 távolságra csak egyféleképpen helyezkedhet el kettős kötés, hiszen a tercier szénatomra nem tehetünk még egy kötést;
- 1 távolságra 4 kötéshez is eljuthatunk de ezek közül 2-2 azonos (és ezek egymásnak enantiomerjei, R,R és S,S) úgyhogy ilyenből csak 2 különböző van;
- 2 távolságra is 4 kötéshez juthatunk el, amelyből 2 (amelyekkel van közös gyűrűje az eredeti kettős kötésnek) azonos, és bár egymás tükörképi párjai, forgatással fedésbe hozhatók (mezo izomer), viszont az a két kötés, amelyikkel nincsen közös gyűrűje, az királis, így az enantiomerek különbözőek (R,R és S,S) tehát ez 3-at ad a különböző adamantadiének számához;
- 3 és annál nagyobb távolságra nincsen kötés, mivel minden kötés elérhető 2 vagy annál kevesebb egyszeres kötésen keresztül.

Tehát összesen 6 különböző adamantadién létezhetne.

A feladat „kémiai” részével nem voltak nagyobb problémák, viszont a geometriai részére senkinek nem tudtunk maximális pontot adni. Az axiális kiralitás koncepciója az utolsó két feladatrészben nem hagyható figyelmen kívül. Az átlagpontszám 4,7 lett, a legmagasabb pontszám pedig 7 (Balbisi Mirjam).

(Pusztai Árpád)

H262. A négy különböző foszforsavforma koncentrációjának kiszámításához először írjuk fel a foszforsav három egymást követő disszociációjához tartozó egyensúlyi állandót (az oxóniumiont H^+ -szal jelölve):

$$K_1 = \frac{[H_2PO_4^-][H^+]}{[H_3PO_4]} = 7,11 \cdot 10^{-3}$$

$$K_2 = \frac{[HPO_4^{2-}][H^+]}{[H_2PO_4^-]} = 6,32 \cdot 10^{-8}$$

$$K_3 = \frac{[PO_4^{3-}][H^+]}{[HPO_4^{2-}]} = 4,5 \cdot 10^{-13}$$

A foszforsav négy formájára felírhatjuk az anyagmérleget is:

$$c_{\text{foszforsav}} = [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [PO_4^{3-}]$$

Ebből a négy egyenletből pedig az alábbi egyenlet vezethető le:

$$c_{\text{foszforsav}} = [\text{PO}_4^{3-}] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_3} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_2 K_3} + \frac{[\text{H}^+]^3}{K_1 K_2 K_3} \right)$$

Ez utóbbi egyenlet zárójelben szereplő részét α_{H} -nak nevezzük és benne az egyes tagok megadják rendre a foszfátion, hidrogén-foszfátion, dihidrogén-foszfátion és a foszforsav koncentrációjának az arányát egy adott pH-jú oldatban.

a) Egy 2,46-os pH-jú oldatban $[\text{H}^+] = 3,467 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ezt behelyettesítve az α_{H} tagjaiba megkapjuk az egyes foszforsavformák koncentrációjának arányát:

$$\begin{aligned} [\text{PO}_4^{3-}] : [\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] : [\text{H}_3\text{PO}_4] = \\ = 1,000 : 7,704 \cdot 10^9 : 4,226 \cdot 10^{14} : 2,061 \cdot 10^{14} \end{aligned}$$

Ebből rögtön látható, hogy ezen a kémhatáson a foszforsavnak és a dihidrogén-foszfátionnak lesz számottevő a koncentrációja, a másik két formáé elhanyagolható. Ha a kiszámolt tagokat összeadjuk, akkor megkapjuk α_{H} értékét, $\alpha_{\text{H}} = 6,287 \cdot 10^{14}$. $c_{\text{foszforsav}}$ értékét is ki tudjuk számolni, hiszen tudjuk, hogy a kólaízű üdítő foszforsavtartalma 0,050 m/m%. Tekintsünk 100 g üdítőt, ennek foszforsavtartalma 0,050 g/(97,99 g · mol⁻¹) = 5,103 · 10⁻⁴ mol. 100 g 1 g · cm⁻³ sűrűségű oldat 100 cm³, azaz $c_{\text{foszforsav}} = 5,103 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ezekből kiszámolhatjuk a foszfátion koncentrációját, abból pedig a domináns foszforsavformák koncentrációját:

$$\begin{aligned} [\text{PO}_4^{3-}] &= \frac{c_{\text{foszforsav}}}{\alpha_{\text{H}}} = \frac{5,103 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}{6,284 \cdot 10^{14}} = \\ &= 8,121 \cdot 10^{-18} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ [\text{H}_3\text{PO}_4] &= 8,121 \cdot 10^{-18} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 2,061 \cdot 10^{14} \\ [\text{H}_2\text{PO}_4^-] &= 8,121 \cdot 10^{-18} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 4,226 \cdot 10^{14} \end{aligned}$$

Tehát a számottevő koncentrációban jelenlévő foszforsavformák koncentrációja:

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{PO}_4] &= 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ [\text{H}_2\text{PO}_4^-] &= 3,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

b) pH = 7,00 esetén $[H^+] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ezen a pH-n az α_H értéke $\alpha_H = 5,738 \cdot 10^5$. Az egyes formák aránya pedig:

$$\begin{aligned} [PO_4^{3-}] : [HPO_4^{2-}] : [H_2PO_4^-] : [H_3PO_4] = \\ = 1,000 : 2,222 \cdot 10^5 : 3,516 \cdot 10^5 : 4,945 \end{aligned}$$

Tehát pH = 7,00 esetén a dihidrogén-foszfátion és a hidrogén-foszfátion lesz a domináns forma. A foszfátion koncentrációja a fentiekhez hasonlóan a $c_{\text{foszforsav}}/\alpha_H$ képlettel kiszámolható. A kapott értéket az α_H megfelelő tagjaival beszorozva pedig a többi forma koncentrációját is megkaphatjuk:

$$\begin{aligned} [PO_4^{3-}] &= 8,89 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ [HPO_4^{2-}] &= 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ [H_2PO_4^-] &= 3,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ [H_3PO_4] &= 4,40 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

c) Írjuk fel a töltésmérleget a már semlegesített oldatra:

$$[Na^+] + [H^+] = [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + 3[PO_4^{3-}] + [OH^-]$$

Mivel semleges oldatban (pH = 7,00) a H^+ és a OH^- koncentrációja megegyezik, valamint a foszfátion koncentrációja elhanyagolható a dihidrogén-foszfátion és a hidrogén-foszfátion koncentrációjához képest, ezért az egyenlet az alábbi módon egyszerűsödik:

$$[Na^+] = [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}]$$

Mivel a b) részben a foszforsavformák koncentrációját éppen a pH = 7,00 esetre számoltuk ki, így ki tudjuk számolni a Na^+ koncentrációt. A b) részben kapott eredményeket behelyettesítve $[Na^+] = 7,09 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ adódik., ami 2 liter üdítő semlegesítése esetén $1,418 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$, azaz 0,567 g NaOH-t jelent.

A feladat nem bizonyult nehéznek, a pontátlag 8,6 pont, a beküldők fele hibátlan megoldást adott be. A pontlevonások többsége pedig csak apróbb figyelmetlenségekből, elírásokból adódott.

(Palya Dóra)

H263. a) Tömegcsökkenést az anód esetén tapasztalunk, ezen az elektródon a réz oxidálódik ($Cu = Cu^{2+} + 2 e^-$) és oldatba megy, míg a koncentrációs elem katódján a réz redukálódik ($Cu^{2+} + 2 e^- = Cu$) és kiválik elemi formában.

b) Tegyük fel, hogy kiinduláskor a katód vizes oldatában x , míg az anód vizes oldatában y mol réz(II)-ion van oldva! Az elektromotoros erő:

$$E_{MF} = \varepsilon_{katód} - \varepsilon_{anód}$$

$$E_{MF} = (\varepsilon^\circ + \frac{RT}{zF} \ln[Cu^{2+}]_{katód}) - (\varepsilon^\circ + \frac{RT}{zF} \ln[Cu^{2+}]_{anód})$$

$$E_{MF} = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[Cu^{2+}]_{katód}}{[Cu^{2+}]_{anód}}$$

Mivel azonos térfogatú oldatokat készítettünk a katód, illetve az anód esetén, ezért a koncentrációarány helyett a fenti kifejezés az anyagmennyiségek arányával is felírható. Behelyettesítve az ismert adatokat az alábbi egyenlethez jutunk:

$$0,0282 \text{ V} = \frac{8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{2 \cdot 96500 \text{ C mol}^{-1}} \ln \frac{x}{y}$$

Az egyenletet megoldva x/y értékére 9,00 adódik, azaz 9,00-szer akkora mennyiségű só t mérünk be a katód oldatának elkészítéséhez, mint az anódéhoz. Tehát a kiindulási 1,00 g tömegű só 0,90 és 0,10 g tömegű részekre osztottuk.

c) Az elem működése során a katódon réz válik ki, míg az anódon az elemi fém megy oldatba. Az elem akkor merül le, amikor a katód, illetve az anód vizes oldatában megegyezik a réz(II)-ionok koncentrációja. A feladat adata alapján az anódon 105 mg réz oldódott be, ezzel párhuzamosan a katódon ugyanennyi vált ki. Tehát működés közben az az anód vizes oldatába $0,105 \text{ g} / (63,5 \text{ g/mol}) = 1,654 \cdot 10^{-4} \text{ mol Cu}^{2+}$ került, míg a katód oldatából ugyanennyi kivált. Mivel azonos térfogatú oldatokból indultunk ki és a működés közben bekövetkező térfogatváltozás elhanyagolható, az elem lemerülése után a katód és az anód vizes oldatában megegyezik a réz(II)-ionok anyagmennyisége. Ebből az alábbi egyenlet írható fel:

$$x \text{ mol} - \frac{0,105 \text{ g}}{63,5 \text{ g mol}^{-1}} = y \text{ mol} + \frac{0,105 \text{ g}}{63,5 \text{ g mol}^{-1}}$$

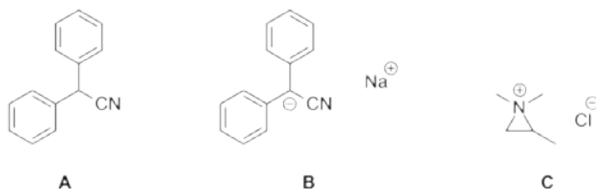
Felhasználva a b) feladatrész eredményét, mely szerint x/y értéke 9,00, azaz $x = 9,00 y$, az egyenletből az alábbi megoldásokat kapjuk: $x = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ és $y = 4,13 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. A kiindulási, 1,00 g tömegű só anyagmennyisége összesen $x + y = 4,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. Ebből a kiindulási só

moláris tömege: $1,00 \text{ g} / (4,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) = 241,9 \text{ g/mol}$. A kapott moláris tömeg értékből levonva a $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ moláris tömegét $54,4 \text{ g/mol}$ adódik, tehát $54,4 \text{ g/mol} / (18,0 \text{ g/mol}) = 3,02 \text{ mol}$ víz volt 1 mol $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ mellett, a kiindulási só képlete $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

A feladatra összesen 17 hibátlan megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 9,4 pont.

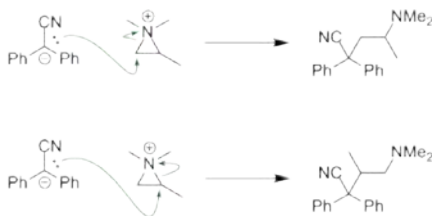
(Vörös Tamás)

H264. a) **A** előállítása egy Friedel-Crafts alkilezési reakció, majd az alifás proton eltávolításával egy aniont kapunk. A megadott két konstitúciós izomerből nukleofil szubsztitúcióval ugyanaz a kvaterner ammóniumsó keletkezik.



b) **B** stabilitásához hozzájárul az elektronszívó nitrilcsoport valamint az aromás gyűrűk konjugáló hatása, így az **A** vegyületben lévő alifás proton a megszokottnál savasabb.

c) **B** és **C** reakciója során a negatívan töltött szén alakít ki új kötést a hármas gyűrű egyik szénével. A két lehetőség közül a metilcsoportot hordozó szénhez nehezebb hozzáférni, így az csupán melléktermék.

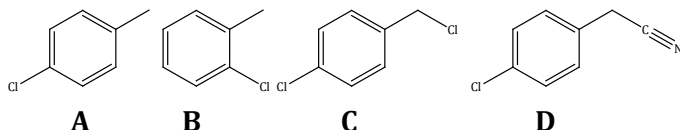


A pontok átlaga 8,0 szórása 2,3 volt. A reakciókra szinte minden beküldő rájött, azonban a b) kérdésre számos hiányos válasz érkezett, ahol vagy csak a CN illetve Ph csoportok hatását vették figyelembe, vagy a hatásuk jellegét írták le helytelenül.

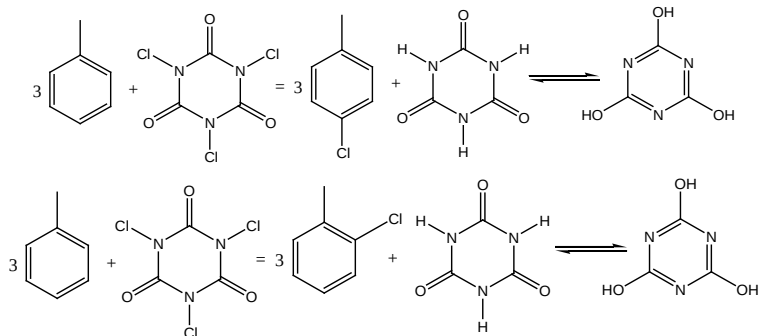
(Berta Dénes)

H265. a) A folsav-antagonista gyógyszerhatóanyag szintézisének első lépésében Lewis-sav katalizátor (FeCl_3) jelenlétében toluolt klórozunk aromás elektrofil szubsztitúcióban TCICA alkalmazásával, amely során o- és p-klórtoluol keletkezését várjuk. A megadott célvegyület és a különböző kémiai környezetben lévő szénatomok száma alapján egyértelműen eldönthető, hogy **A** a para-, **B** pedig az orto-származékot jelöli. Ezt követően az előállított és elválasztott p-klórtoluolt gyökös mechanizmusú (alifás) klórozásnak vetjük alá. Az ekkor kapható lehetséges termékek közül kizárólag a p-klórbenzil-klorid (**C**) képződése elképzelhető, látván a reakciósémában feltüntetett gyógyszermolekula szerkezetét. Ezután **C** szerves vegyület klórmetil-csoportjában található klóratomját Finkelstein-reakció közbeiktatásával cianocsoportra cseréljük NaCN felhasználásával. Az így képződött p-klórbenzil-acetonitrilből (**D**) további 3 lépésben kapható a végtermék.

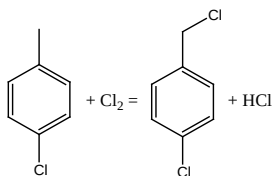
Az **A-D** betűk által jelölt szerves vegyületek szerkezete a fentieknek megfelelően:



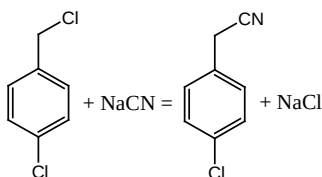
b) A toluol TCICA hatására – FeCl_3 jelenlétében – részben o-, részben p-klórtoluollá alakul, miközben a klórozószerből izocianursav keletkezik, amely laktim-laktám tautomer egyensúlyban cianursavvá alakul át.



A p-klórtoluol gyökös klórozásakor p-klórbenzil-klorid képződése mellett HCl a melléktermék.



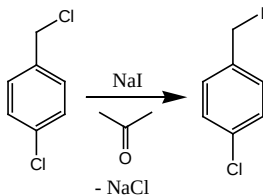
Végül a p-klórphenil-acetonitrilt az előbbi szerves vegyület és NaCN reakciójából – NaI jelenlétében – kaphatjuk meg az alábbiak szerint. Melléktermék az acetonban rendkívül rosszul oldódó nátrium-klorid.



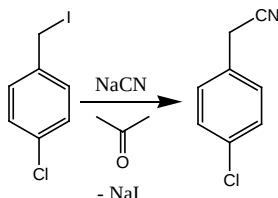
c) A toluol efféle Lewis-sav katalizált klórozásának számos előnye van a gyakran alkalmazott Fe/Cl₂ módszerhez képest. Ezek közül néhányat közlünk a teljesség igénye nélkül.

E módszer alkalmazásával elkerüljük az elemi klórgázzal történő munkát, amely több okból kifolyólag is nyugós: az elemi klór laboratóriumi körülmények között fojtó szagú, köhögésre ingerlő, veszélyes, toxikus, korrozív gáz, ezenkívül körülményesebb is adagolni, mint a szilárd reagenst; összességében nehezebben kezelhető, a reakció is nehezebben kontrollálható. Másik előnyös szempont, hogy ez esetben nem keletkezik melléktermékként a szintén korrozív és mérgező, környezetre káros HCl. Továbbá, TCICA alkalmazásakor a vegyület szerkezeti sajátosságainak köszönhetően szelektívebb a para-izomerre nézve a reakció.

d) A p-klórbenzil-klorid p-klórphenil-acetonitrillé történő átalakítását aceton oldószerben NaCN reagens és NaI katalizátor jelenlétében végezzük. Első lépésben a klórozott vegyület a NaI-dal nukleofil szubsztitúciós reakcióban reagál, p-klórbenzil-jodid képződése mellett az acetonban igen rosszul oldódó NaCl-ot kapjuk melléktermékként, aminek keletkezése és a folyadékfázisból való kicsapódása egyúttal a reakció hajtóereje is. Az egyébként egyensúlyra vezető folyamat emiatt itt egyirányúnak tekinthető.



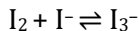
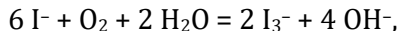
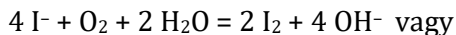
A második lépésben az így képződött klórozott, jódozott szerves vegyület NaCN-dal szintén nukleofil szubsztitúcióban reagál, amely során termékként a **D** vegyületet kapjuk.



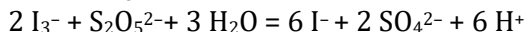
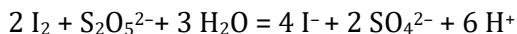
A Finkelstein-reakció közbeiktatása azért célszerű, mert a klórozott származék cianid nukleofillel történő szubsztitúciója meglehetősen lassú.

A fenti reakcióegyenletek alapján látható, hogy a NaI ténylegesen a katalizátor szerepét tölti be a reakcióban, ugyanis a folyamat egyik részlépésében elreagál, a másikban pedig visszaképződik.

e) A **D** vegyület – mintegy 1 napot igénybe vevő – szintézise során a reakcióelegy megbarnulásáért a katalizátorként jelenlevő NaI I⁻-jainak a levegő oxigéntartalmának hatására bekövetkezett oxidációja révén keletkező I₂ illetve I₃⁻ a felelős.



A reakcióelegy barnás színe szinte teljesen megszüntethető vizes Na₂S₂O₅-oldat adagolásával, ugyanis redukálószer lévén ez az elemi jódot/trijodidionokat jodidokká redukálja. (Teljesen azért nem szüntethető meg a sárgás, barnás szín, mivel azt egyéb színes szennyezőanyagok okozzák.)

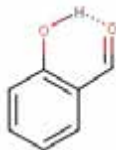


Vegyük észre, hogy a metabiszulfitos reakció következtében savanyodik a rendszer, ami azonban az órahosszat kitevő kevertetés miatt az előállítandó nitril kitermelésére negatív hatással van, hiszen ilyen körülmények között bekövetkezhet annak hidrolízise.

A feladat közepesen nehéznek bizonyult, a beküldők többsége megfelelt a laktim-laktám tautomériáról, illetve a kért ionegyenletek helyett reakcióegyenleteket tüntetett fel. További problémát okozott a gyökös klórozásnál a monoszubsztituált termék keletkezésének felismerése. Hibátlan, teljes értékű megoldás nem született, a legkiemelkedőbb megoldást Balbisi Mirjam küldte be. Átlagpontszám: 6,87 pont.

(Baglyas Márton)

H266. a) A megadott adatokból egyszerű számítással kijön hogy a keresett molekula összegképlete: $C_7H_6O_2$. Ez alapján és tudva a fenolos OH csoport valamint az intramolekuláris hidrogénkötés jelenléte alapján a molekula csak a szalicilaldehid lehet:



b) Az **A** vegyület az 1,2-diamino-etánnal reagálva a karbonil csoportokkal a következő imin csoportot tartalmazó vegyület (**X**) keletkezik:



Y: H_2O keletkezése közben. **X** réz-acetát hozzáadására **Z** réz komplexet képez.



A feladat könnyűnek bizonyult mégis csak ketten (Turi Soma és Kós Tamás) érték el maximális pontot, a többiek alapvetően kisebb figyelmetlenség miatt vesztek néhány félpontot. Az átlagpontszám így is 8,7 lett.

(Pusztai Árpád)

H267. A) Az Avogadro-állandó a gömbben lévő ^{28}Si -atomok darabszámának és a mólbeli számának a hányadosa, azaz $N_A = N/n$. A darabszámot úgy kaphatjuk meg, hogy az elemi cellák számát megszorozzuk az egy elemi cellában található ^{28}Si -atomok számával. Az elemi cellák száma az össztérfogat és egy elemi cella térfogatának hányadosa, illetve az egy elemi cellában található ^{28}Si -atomok száma 8 (mivel a kocka csúcsain van összesen 8 atom, mely 8 elemi cellához tartozik, valamint a lapjain 6, melyek 2-2 elemi cellához tartoznak, illetve 4 atom a cella belsejében). Tehát a darabszám: $N = 8V/a^3$. Az anyagmennyiséget úgy kapjuk meg, hogy elosztjuk a tömeget a moláris tömeggel: $n = w/A$. Tehát $N_A = 8VA/wa^3$. Ebbe behelyettesítve a feladatban megadott számadatokat, és 7 értékes jegyre kerekítve: $N_A = 6,022141 \cdot 10^{-23} \text{ mol}^{-1}$.

B) A feladathoz adott ábráról közvetlenül leolvasható, hogy a Na^+ -ion koordinációs száma 6, és az ábra alapján könnyen megállapítható az is, hogy a Cl^- -ion koordinációs száma is ugyanennyi.

Az ábra alapján 12 olyan Na^+ -ion van, amely 4 elemi cellának a része (ez 3 darab Na^+ -iont jelent), valamint 1 Na^+ -ion a közepén, tehát 4 Na^+ -ion van egy elemi cellában. Ahhoz, hogy semleges legyen az anyagunk, az elemi cellájának is semlegesnek kell lennie, tehát 4 Cl^- -ion van az elemi cellában. (Ez egyébként az ábráról a Na^+ -ionhoz hasonlóan leolvasható.) Tehát egy elemi cellában 4 NaCl -egység van.

Az eddigiek alapján a sűrűség az alábbi képlettel számolható:

$$\rho = \frac{4 \cdot (M(\text{Na}) + M(\text{Cl}))}{a^3 \cdot N_A} = \frac{4 \cdot \left(22,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{(560 \cdot 10^{-10} \text{ cm})^3 \cdot 6,022141 \cdot 10^{-23} \frac{1}{\text{mol}}} = 2,21 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

A feladat nem bizonyult nehéznek, ennek ellenére egyetlen beküldő kapott maximális pontszámot. Az átlagos pontszám 8,3 lett.

(Kis Zoltán Sándor)

H268. a) Nyilvánvaló, hogy erősen savas közegben a lizin teljesen protonált, míg erősen lúgos közegben a teljesen deprotonált formája lesz

jelen. Az is nyilvánvaló, hogy az erősen savas pH növelésével a savaság csökken, ekkor előtérbe kerülnek a lizin kevésbé protonált formái: előbb az egyszeresen protonált veszi át a túlsúlyt a kétszeresen protonálttól, majd a semleges lizin kerül túlsúlyba, végül eljutva az erősen lúgos pH-hoz, a lizin deprotonált formája lesz jelen a legnagyobb mértékben. A feladatunk tehát azon pH-határok meghatározása, ahol megváltozik a domináns forma, azaz határesetben éppen egyenlő koncentrációban van jelen a kétszeresen és egyszeresen protonált, illetve egyszeresen protonált és a semleges, valamint a semleges és a deprotonált forma.

Jelölje a semleges lizinmolekulát HA, az egyszeresen protonált lizint H_2A^+ , a kétszeresen protonált lizint H_3A^{2+} , míg a deprotonált lizint A^- . Ezek egyensúlyi koncentrációi segítségével felírhatók a lépcsőzetes savi disszociációs állandók:

$$K_1 = \frac{[H_2A^+][H^+]}{[H_3A^{2+}]} \quad K_2 = \frac{[HA][H^+]}{[H_2A^+]} \quad K_3 = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

ahol $K_1=10^{-2,16}$, $K_2=10^{-9,06}$, $K_3=10^{-10,54}$.

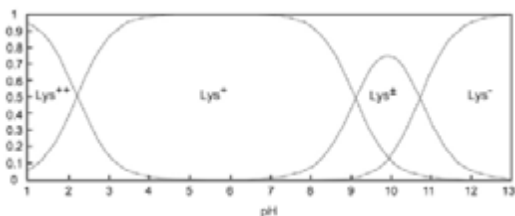
Innen könnyen látszik (és kifejezhető), hogy a kétszeresen protonált és egyszeresen protonált forma koncentrációja 2,16-os pH-n, az egyszeresen protonált és a semleges forma koncentrációja 9,06-os pH-n, míg a semleges és egyszeresen deprotonált forma koncentrációja 10,54-os pH-n lesz egyenlő, azaz 2,16-os pH alatt a kétszeresen protonált, 2,16-os és 9,06-os pH között az egyszeresen protonált, 9,06-os és 10,54-os pH között a semleges molekula, míg 10,54-os pH fölött a deprotonált forma lesz a domináns forma az oldatban.

A fenti három egyenlet segítségével a c bemérési koncentráció és a $[H^+]$ (ami a pH-ra visszavezetve: $[H^+]=10^{-pH}$) függvényében a K értékek használatával a fenti egyenletek alapján ki is fejezhető a különböző specieszek koncentrációja:

$$\begin{aligned} [H_3A^{2+}] &= \frac{[H^+]^3}{[H^+]^3 + [H^+]^2 K_1 + [H^+] K_1 K_2 + K_1 K_2 K_3} c \\ [H_2A^+] &= \frac{[H^+]^2 K_1}{[H^+]^3 + [H^+]^2 K_1 + [H^+] K_1 K_2 + K_1 K_2 K_3} c \\ [HA] &= \frac{[H^+] K_1 K_2}{[H^+]^3 + [H^+]^2 K_1 + [H^+] K_1 K_2 + K_1 K_2 K_3} c \end{aligned}$$

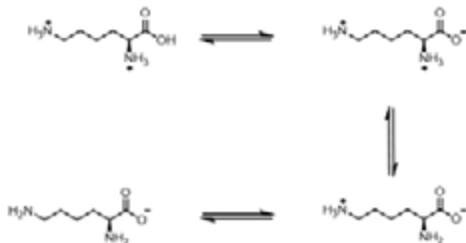
$$[A^-] = \frac{K_1 K_2 K_3}{[H^+]^3 + [H^+]^2 K_1 + [H^+] K_1 K_2 + K_1 K_2 K_3} c$$

Ezek segítségével felrajzolható (doi:10.1016/j.jcis.2009.01.031 az ábra forrása) az adott specieszek c-hez viszonyított aránya a pH függvényében:



A lizin vizes oldata ezek szerint lúgos kémhatású, amit a feladat későbbi részében bővebben is kifejtünk, a domináns forma a kétszeresen protonált formán kívül bármelyik lehet a bemérési koncentrációtól függően.

A lizinspecieszek pedig a következő alakúak (a karboxilcsoport savasága közismert, ezért távozik először innen a hidrogénion, míg a másik két távozó hidrogénion sorrendje a -I induktív effektus segítségével jósolható meg, vagy pedig a szakirodalomban is megkereshető), ahol a jobb felső saroktól elindulva sorrendben látható a kétszeresen protonált, egyszeresen protonált, semleges és egyszeresen deprotonált forma:



Megjegyzés: a feladat pontatlanul fogalmazott, hiszen elég nyilvánvaló, hogy ha csak nem rendkívül tömény az oldat, akkor a vízmolekulából van benne a legtöbb.

b) Legyen a szükséges KOH-oldat térfogata dm³-ben mérve V . Ekkor a lizinformák összes anyagmennyisége $0,1 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol/dm}^3 = 0,01 \text{ mol}$, az oldat teljes térfogata a térfogatváltozást elhanyagolva $V + 0,1 \text{ dm}^3$, így a lizinspecieszek összkoncentrációja $0,01/(0,1+V) \text{ M}$. A kloridionok

összkoncentrációja ehhez hasonlóan számolható, de egy lizin-dihidroklorid egységből két kloridion származik, így a kloridionok koncentrációja $0,02/(0,1+V)$. A káliumionok koncentrációja $0,5M \cdot V/(0,1+V)$ a hígulás következtében. A pH alapján $[H^+] = 10^{-9,5}$ és $[OH^-] = 10^{-4,5}$ a víziónszorzat figyelembe vételével.

Az a) részben felírt savi disszociációs állandók kifejezésében a négy savspeciész négy ismeretlent ad, tehát szükségünk van még legalább egy egyenletre. Írjuk fel az anyagmérleget, hiszen tudjuk, hogy a lizin-dihidroklorid összes, $0,1+V$ dm³ térfogatra jutó bemérési koncentrációja oszlik meg a négy lizinspeciész közt. Így viszont egy újabb ismeretlen (V) is belekerül az egyenletrendszerünkbe, így a megoldáshoz még egy egyenlet kell: erre jó lehetőséget ad a töltésmérleg felírása, hiszen az oldatunk semleges össztöltésű, így a negatív és pozitív töltésméretagságnak meg kell egyeznie. Ebben az egyenletben már nincs újabb ismeretlen, ezáltal ötismeretlenes, öt független egyenletből álló egyenletrendszerhez jutunk, ami megoldható program segítségével, de papíron is az egyszerűsége miatt.

$$\frac{0,01}{0,1+V} = [H_3A^{2+}] + [H_2A^+] + [HA] + [A^-]$$

$$2[H_3A^{2+}] + [H_2A^+] + [K^+] + [H^+] = [OH^-] + [A^-] + [Cl^-]$$

A fenti egyenletbe a V -vel kifejezett koncentrációkat behelyettesítve látszik, hogy nem adódik 5-nél több ismeretlen:

$$2[H_3A^{2+}] + [H_2A^+] + \frac{0,5V}{0,1+V} + [H^+] = [OH^-] + [A^-] + \frac{0,02}{0,1+V}$$

Az egyenletrendszer megoldása: $V = 0,363$ dm³ = 363 ml KOH szükséges a megadott puffer előállításához.

Megjegyzés: megoldás a többi ismeretlenre: $[H_3A^{2+}] = 2,47 \cdot 10^{-10}$, $[H_2A^+] = 0,00539$, $[HA] = 0,0149$, $[A^-] = 0,00135$.

c) Most tiszta lizint (HA) oldunk vízben (néhány versenyző félreértelmezte a feladatot úgy, mintha a lizin dikloridját oldottuk volna most is). Az oldott 5 g lizin 0,0342 mol lizinnek felel meg (a lizin moláris tömege 146,2 g/mol). Feltételezzük, hogy az oldás során nem lép fel térfogatváltozás, ekkor a lizin bemérési koncentrációja, és így az egyensúlyi lizinspeciészek összkoncentrációja a 100 ml-es oldattérfogat alapján 0,342 M. Most is felírhatunk egy hatismeretlenes egyenletrendszert, aminek megoldásához nyilván 6 független egyenletre van szükségünk.

Ebből 3 egyenletet ad a három lépcsőzetes savi disszociációs állandó felírása a korábbiakhoz hasonlóan, tehát még 3 egyenletre van szükségünk. Ezek közül egyik a vízionszorzat felírása (feltételezzük, hogy az oldás 298,15 K hőmérsékleten történik, így a vízionszorzat 10^{-14}), másik a lizinspecieszek összkoncentrációjának felírása a korábbiakhoz hasonlóan, a harmadik pedig a töltésmérleg felírása, amiben most már nem szerepelnek a kálium- és a kloridionok:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$0,342 = [\text{H}_3\text{A}^{2+}] + [\text{H}_2\text{A}^+] + [\text{HA}] + [\text{A}^-]$$

$$2[\text{H}_3\text{A}^{2+}] + [\text{H}_2\text{A}^+] + [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{A}^-]$$

Látható, hogy valóban 6 ismeretlenünk van, így az egyenletrendszer megoldható, megoldása pedig éppen a feladat válasza. Tehát $[\text{H}^+] = 1,59 \cdot 10^{-10}$, tehát az oldat pH-ja 9,8. Az egyes specieszek koncentrációja mol/dm^3 -ben:

$$[\text{H}_3\text{A}^{2+}] = 1,05 \cdot 10^{-9}, [\text{H}_2\text{A}^+] = 0,0457, [\text{HA}] = 0,251, [\text{A}^-] = 0,0456.$$

Alternatívaként az oldatot tekinthetjük savként és bázisként egyaránt viselkedni képes (amfolit) anyag oldatának. Ennek pH-ját töményebb oldatban jól közelíti a két pK számtani közepe: $(9,06 + 10,54)/2 = 9,80$.

Ebből is látszik (még az a) részhez kapcsolódóan), hogy a lizin vizes oldata lúgos kémhatású. A pontos pH pedig a bemérési koncentráció függvénye. Esetünkben a semleges molekulából volt a legtöbb a lizin vizes oldatában, de hígabb oldat esetén nyilvánvaló, hogy a pH a semleges felé tolódik, amikor pedig az egyszeresen protonált forma van jelen a legnagyobb mennyiségben, míg töményebb oldat esetén az oldat lúgosodik, a pH nő, és előtérbe kerülhet a deprotonált forma is. (Ezt a feladatrészt sok versenyző elfelejtette.)

A feladatot számos versenyző hibátlanul vagy közel hibátlanul megoldotta, a leggyakoribb hiba a különböző formák összekeveréséből adódott a b) és c) feladatrészekben.

(Csorba Benjámin)

H269. a) A feladat megoldásához a Lambert-Beer törvényt alkalmazzuk: $A = \varepsilon \cdot c \cdot l$ ahol A az abszorbanancia, ε a moláris abszorptivitás, c a koncentráció és l fényút hossza.

Az X nm-en mért abszorbanciából a küvetta (azaz a fényút hossza) ismeretében a megadott moláris abszorptivitás segítségével meghatározhatjuk a $[\text{FeL}]$ koncentrációt, ami $8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ -nak adódik. Mivel ismerjük a szabad fémion, illetve a szabad ligandum koncentrációját, ezért K_1 értéke a definícióba történő behelyettesítéssel meghatározható, és $4 \cdot 10^8 \text{ M}^{-1}$ -nak adódik.

$$K_1 = \frac{[\text{FeL}]}{[\text{Fe}][\text{L}]} = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 4 \cdot 10^8 \text{ M}^{-1}$$

Az Y nm-en történt mérés segítségével hasonló úton meghatározhatjuk a K_2 értékét, ami $5 \cdot 10^6 \text{ M}^{-1}$ -nak adódik.

b) Nézzük először az első oldatot! Látható, hogy a ligandum nagy feleslegben van jelen. Tegyük fel, hogy K_3 értéke nagy, ami azt jelenti, hogy ilyen viszonyok mellett az „összes” vas FeL_3 formában van jelen. Tehát $[\text{FeL}_3] = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ M}$, amit a Lambert-Beer törvénybe behelyettesítve a 0,75-ös abszorbancia mellé, $12000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ adódik a moláris abszorptivitásra (ϵ).

Ennek segítségével a második oldatban is meghatározhatjuk a FeL_3 koncentrációját, amire $[\text{FeL}_3] = 3,00 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ adódik. Ebből kiszámolható, hogy szabadon illetve FeL és FeL_2 alakban összesen $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ vas, illetve ugyanennyi L található. Így a következő egyenletek írhatóak fel:

$$[\text{Fe}] + [\text{FeL}] + [\text{FeL}_2] = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{L}] + [\text{FeL}] + 2[\text{FeL}_2] = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{FeL}] = K_1 \cdot [\text{Fe}] \cdot [\text{L}]$$

$$[\text{FeL}_2] = K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{Fe}] \cdot [\text{L}]^2$$

A komplexeket behelyettesítve az első két egyenletbe:

$$[\text{Fe}] + K_1 \cdot [\text{Fe}] \cdot [\text{L}] + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{Fe}] \cdot [\text{L}]^2 = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

$$[\text{L}] + K_1 \cdot [\text{Fe}] \cdot [\text{L}] + 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{Fe}] \cdot [\text{L}]^2 = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

Átalakítva az első egyenletet:

$$[\text{Fe}](1 + K_1 \cdot [\text{L}] + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{L}]^2) = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

$$[\text{Fe}] = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{1 + K_1 \cdot [\text{L}] + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{L}]^2}$$

Majd ezt behelyettesítve a másodikba:

$$[\text{L}] + \frac{K_1[\text{L}] \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}{1 + K_1[\text{L}] + K_1K_2[\text{L}]^2} + \frac{2K_1K_2[\text{L}]^2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}{1 + K_1[\text{L}] + K_1K_2[\text{L}]^2} = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

$$[L] + K_1[L]^2 + K_1K_2[L]^3 + (K_1[L] + 2K_1K_2[L]^2) \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} = (1 + K_1[L] + K_1K_2[L]^2) \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}$$

$$K_1K_2 \cdot [L]^3 + (K_1 + 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot K_1K_2) \cdot [L]^2 + [L] - 2,5 \cdot 10^{-6} = 0$$

Mivel az egyensúlyi állandók értékét ismerjük a harmadfokú egyenlet megoldható [L]-re: $[L] = 2,134 \cdot 10^{-8} \text{ M}$

Ebből pedig kiszámolható a többi komponens koncentrációja is: $[\text{Fe}] = 2,393 \cdot 10^{-7} \text{ M}$; $[\text{FeL}] = 2,043 \cdot 10^{-6} \text{ M}$; $[\text{FeL}_2] = 2,180 \cdot 10^{-7} \text{ M}$.

Innen pedig kiszámolható a lépcsőzetes (K_3) és a kumulatív (β_3) stabilitási állandó:

$$\beta_3 = \frac{[\text{FeL}_3]}{[\text{Fe}][L]^3} = 1,29 \cdot 10^{25} \text{ M}^{-3}$$

$$K_3 = \frac{[\text{FeL}_3]}{[\text{FeL}_2][L]} = 6,45 \cdot 10^9 \text{ M}^{-1}$$

Stenczel Tamás Károly megoldásában feltételezi, hogy a szabad ligandum koncentrációja elhanyagolható a komplexekhez képest:

$$[\text{Fe}] + [\text{FeL}] + [\text{FeL}_2] = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{FeL}] + 2[\text{FeL}_2] = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

A két egyenletet kivonva $[\text{Fe}] = [\text{FeL}_2]$ adódik, amit a második kumulatív stabilitási állandóba (β_2) behelyettesítve:

$$\beta_2 = \frac{[\text{FeL}_2]}{[\text{Fe}][L]^2} = \frac{1}{[L]^2} = 2,0 \cdot 10^{15} \text{ M}^{-2}$$

Ebből $[L] = 2,246 \cdot 10^{-8} \text{ M}$ adódik, ami csak kis mértékben tér el a pontos megoldástól. A stabilitási állandók esetében pedig 10 %-os eltérés mutatkozik. A megoldás, bár ez esetben kissé pontatlan, ötletessége miatt említésre méltó.

c) A ligandum elemanalíziséből a következő összegképlet adódik: $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}$. Ehhez nem található ismert megoldás, azonban a $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$ -höz található. Szakirodalomban vagy interneten keresgélve megtalálható a fenantrolin, melyet valóban használnak ligandumként. Természetesen maximális pontszám járt minden kémiaileg helyes szerkezetre.

d) Mivel az abszorbancia 0,55 volt, ezért a vas koncentrációja $4,583 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ volt, azonban a mérés tartalmazott egy tízszeres hígítást, ezért a dializált oldatban a vas koncentrációja $4,583 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ volt, ami 25,6 mg/l-nek felel meg. Mivel ilyen koncentrációban 32,5 ml oldatban

volt a vas, ezért összesen 0,832 mg vas volt az oldatban, azaz a tablet-tában. Tehát a tablettá felszívódó vastartalma 0,20 % volt.

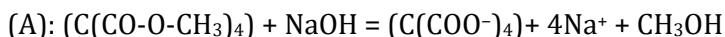
Az átlagpontoszám 7,5 volt. A feladat pontos megoldása csak harmadfokú egyenlettel volt kivitelezhető, de ez nem okozott problémát. Viszont fél-reértésre adott lehetőséget a dialízises megfogalmazás, ugyanis a dialízis során a vas egy része a tasakban marad, azonban az élő szervezetben a teljes mennyiség felszívódna.

(Bacsó András)

H270. A leírás alapján feltehetjük hogy:

- Az NaOH ban való oldás során az észterünk hidrolizál
- A sósavval való reakció során dekarboxilezés történik, CO₂ és egy kisebb karbonsav keletkezik.

Az adatokból kiszámolható, hogy az (A) reakcióban 27 mmol KOH-ban oldottuk az anyagunkat, majd ehhez 3,85 mmol ecetsavat kellett hozzá-adnunk a 7,5-ös pH eléréséhez. Ezen a pH-n megfelelő feltételezés (a pK_s-ek megvizsgálása után), hogy a lúgosságot csak az acetát (illetve az ismeretlen savmaradék) ionok adják, vagyis a maradék KOH-val sztöchiometrikus volt az ecetsav reakciója, tehát a KOH felesleg is 3,85 mmol volt, vagyis 23,15 mmol KOH reagált el a savunkkal, ebből és a hozzáadott savunk tömegéből kijön, hogy csak a kétértékű malonsav lehetett. Ezen adatok alapján a két reakcióegyenlet egyértelműen felír-ható:



- A feltételezések vizsgálata szükséges, viszont elegendő csak a sztöchiometriai számításokhoz szükséges pontossággal végezni.

A feladat a beküldők többségének nem okozott nagyobb problémát. Ezt mutatja az is, hogy az átlagpontoszám 8,0 lett. A leggyakoribb hiányosság a feltételezések pontossága vizsgálatának teljes elhagyása, illetve hiányos elvégzése volt.

(Pusztai Árpád)

A 2016/2017. tanév pontversenyeinek végeredménye

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

Május 26-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	Garamvölgyi István Katona József Gimnázium, Kecskemét	Sáróné Jéga-Szabó Irén	159
2	Ficsór István Dávid Kecskeméti Református Gimnázium	Tóth Imre, Labancz István	158,5
3	Berezvai Anna Bethlen Gábor Ref. Gimnázium, Hódmezővásárhely	Varga Eszter	145

A pontverseny (10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Répási Marcell Eötvös József Gyakorlóiskola, Nyíregyháza	Hajdu Brigitta	162

K pontverseny (9-10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Fraknói Ádám Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekné Becz Beatrix	180,75
2	Al-Hag Johanna Iman Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Szepesiné Medve Judit	176,75
3	Széles Olivér Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, Pécs	Mostbacher Éva	172,5
4	Kozák András ELTE Apáczai Csere János Gyakorló gimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter	169,5
4	Máté Szonja Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekné Becz Beatrix	169,5
6	Takács Nóra Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekné Becz Beatrix	160,75
7	Répási Marcell Eötvös József Gyakorlóiskola, Nyíregyháza	Hajdu Brigitta	158,5

K pontverseny (11-12. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Molnár Balázs Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét	Borsos Katalin	182,25
2	Nagy Bálint Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekné Becz Beatrix	174
3	Tímár Paula Szent István Gimnázium, Budapest	Magyar László, Miklós Zoltán	157,5
4	Illyés András Piarista Gimnázium, Budapest	Gelencsér László	146,25
5	Takács Titanilla Révai Miklós Gimnázium, Győr	Csatóné Zsámbéky Ildikó	136,5

H pontverseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Czakó Áron Krúdy Gyula Gimnázium, Nyíregyháza	Némethné Horváth Gabriella, Sarka Lajos	176,25
2	Balbisi Mirjam Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekne Becz Beatrix	175,75
3	Arany Eszter Sára Lovassy László Gimnázium, Veszprém	Kiss Zoltán	166,5
4	Kalapos Péter Pál ELTE Trefort Ágoston Gyakorlógimnázium	Kutrovácz László	164,5
5	Stenczel Tamás Károly Török Ignác Gimnázium, Gödöllő	Karasz Gyöngyi, Kalocsai Ottó	160
6	Turi Soma ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Villányi Attila, dr. Borissza Endre	159
7	Mihalicz Ivett Révai Miklós Gimnázium, Győr	Pőheimné Steininger Éva, Kalydiné Dubraviczky Tímea	156,75
8	Molnár Balázs Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét	Borsos Katalin	153,5
9	Fajszai Bulcsú Budapesti Fazekas Mihály Ált. Isk. és Gimnázium	Dr. Keglevich Kristóf	152,5
10	Nagy Bálint Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekne Becz Beatrix	151,25
11	Kővári Péter Viktor Fazekas Mihály Gimnázium, Debrecen	Lakatosné Tóth Ildikó	150,25
12	Sajgó Mátyás Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Endrész Gyöngyi	149,25