

GONDOLKODÓ



Megoldások

K286. a) A feladatban szereplő kritérium szerint a szerves káliumsó moláris tömege a következőképpen alakul:

$$\frac{39,1}{m_{s\acute{o}}} = 0,19 \rightarrow m_{s\acute{o}} \approx 205$$

Tehát olyan káliumsókat keresünk, ahol a moláris tömeg 205 g/mol körül van.

Jó közelítéssel ilyen például a dekánsav káliumsója: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOK}$.

A feladatnak számtalan helyes megoldása van, ha figyelembe vesszük a konstitúciós és sztereoisomereket is. Tovább növelhetjük a találatok számát, ha nem csak egyértékű karbonsavakat keresünk, illetve más heteroatomokkal (pl.: O, F, Cl, Br) is számolunk.

(Berta Máté)

K287. Molekulák, melyben a kötő- és nemkötő elektronpárok aránya

- a) 4:1: dimetil-éter (CH_3OCH_3), hidrogén-cianid (HCN),
- b) 3:1: ammónia (NH_3), propán-1,3-diol ($\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$),
- c) 2:1: formaldehid (HCHO), ecetsav (CH_3COOH),
- d) 1:2: oxigén (O_2), kén (S_8),
- e) 1:3: hidrogén-klorid (HCl), szén-tetraklorid (CCl_4).

A fenti példákon kívül természetesen minden egyéb helyes szerkezet maximális pontszámot ért. A feladatra sok hibátlan megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 9,4 pont.

(Vörös Tamás)

K288. a) LiH

b) O₂, C₂H₄, B₂H₆

c) ZnCl₂, BaO, NaI, AlCl₃, C₈H₁₆(ciklooktán, oktén) , C₇H₆O₂ (benzoesav)

A beküldők mind helyesen oldották meg a feladatot, az összes beérkezett molekulát és ionvegyületet kilistáztuk. Ezeken túl természetesen más helyes megoldás is elképzelhető. A diborán és a benzoesav különösen kreatív, egyedi megoldások, illetve alumínium-kloridból és eténből is csak egy-egy érkezett.

(Tóth Bence)

K289. A 293 elektront tartalmazó síknégyszetes, kétszeresen pozitív töltésű kation protonjainak száma 295. Jelölje rendre x és y a központi atom, illetve a ligandum rendszámát. Ekkor $x + 4y = 295$.

A lineáris kation 2 vagy 3 atomból állhat, töltése ismeretlen. Így képlete háromféle lehet. Figyelembe véve, hogy az elektronok száma 186, mindegyik esetre felírhatunk egy egyenletet.

$$\begin{array}{ll} [\text{XY}]^{\text{a}+} & x + y = 186 + a \\ [\text{XY}_2]^{\text{b}+} & x + 2y = 186 + b \\ [\text{X}_2\text{Y}]^{\text{c}+} & 2x + y = 186 + c \end{array}$$

Ha megvizsgáljuk ezeket a lehetőségeket, egyetlen kémiaiilag értelmes megoldást kapunk, ahol x és y pozitív egész szám, továbbá a töltés kis pozitív egész. $[\text{XY}_2]^{\text{b}+}$ kation esetén $295 - 186 - b = 2y$. $b = 1$ -nél $y = 54$, a síknégyszetes kationra vonatkozó egyenlet alapján pedig $x = 79$. Tehát a ligandum a xenon, a központi atom pedig az arany. A két kation képlete $[\text{AuXe}_4]^{2+}$ és $[\text{AuXe}_2]^+$. Mivel a kapott két elem nemesgáz és nemesfém, ez valóban „főúri házasság a javából”.

A feladat nem bizonyult nehéznek, minden beküldő eljutott a helyes megoldáshoz. Néhányan elfeledkeztek az ionok töltéséről vagy nem vizsgálták meg az összes lehetséges esetet, ezért pontot vesztek. Az átlagpontoszám 9,5 pont lett.

(Balbisi Mirjam)

K290. Létező anyag helyes elnevezése:

nonil-ciklononán

ciklononil-ciklononán
 nonanal
 nonanol
 nonil-nonanoát

Létező anyag elnevezése, de a név pontosításra szorul:

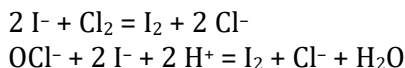
nonán-*X*-on
 nonán- *X*-onal (*X*-oxononanal)
 non-*X*-én-*Y*-on
 nonán-*a,b,c,d,e,f,g,h,i*-nonaol

Hibás elnevezés:

nonilnonán
 nonenán
 nonenonenén
 nanenonenán
 nonilnonin
 nonilnonanon

(Berta Máté)

K291.* Az aktívklór-tartalmat molekuláris klór, Cl₂ (és nem atomos Cl) segítségével definiáljuk: (összes) aktív klórnak nevezzük a mintában jelenlévő valamennyi oxidáló hatású, azaz enyhén savas közegben jodidokból elemi jódot felszabadító klórvegyületek összességét, amelyek összkoncentrációját, az aktívklór-tartalmat, a felszabadított jóddal egyenértékű Cl₂ koncentrációjával fejezzük ki, jelen esetben a Cl₂ tömegkoncentrációjával ($\rho_{\text{Cl}_2} = 22,4 \text{ g l}^{-1} = 22,4 \text{ g dm}^{-3}$). Ha összevetjük a Cl₂ és a OCl⁻ reakcióját I⁻-okkal (íonegyenleteket ld. alább), észrevehetjük, hogy ugyanakkora anyagmennyiségű Cl₂ és OCl⁻ ugyanannyi I⁻-nal reagál, ami egyben azt is jelenti, hogy ugyanakkora mennyiségű elemi jódot szabadítanak fel:



Ebből következően az aktívklór-tartalomból számított Cl₂-koncentráció – amennyiben feltételezzük, hogy az aktívklór-tartalom egésze a

NaOCl-ból származik – megegyezik a NaOCl ($M_{\text{NaOCl}} = 74,44 \text{ g mol}^{-1}$) koncentrációjával:

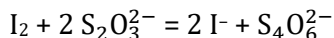
$$c_{\text{Cl}_2} = c_{\text{NaOCl}} = \frac{\rho_{\text{Cl}_2}}{M_{\text{Cl}_2}} = 0,316 \text{ mol dm}^{-3}, \text{ amely}$$

$$\rho_{\text{NaOCl}} = c_{\text{NaOCl}} \cdot M_{\text{NaOCl}} = 23,5 \text{ g l}^{-1}$$

tömegkoncentrációnak felel meg.

Továbbra is feltételezve, hogy a SAVO aktívklór-tartalma kizárólag a benne található NaOCl-ból származik, a feleslegben hozzáadott KI-ből felszabadult I_2 mennyiségének titrimetriás meghatározásából következtethetünk a SAVO NaOCl-tartalmára.

A $\rho_{\text{SAVO}} = 1,070 \text{ g cm}^{-3}$ sűrűségű vizsgálandó minta $V_{\text{SAVO}} = 10,00 \text{ cm}^3$ -ét $V_{\text{oldat}} = 250 \text{ cm}^3$ térfogatra hígítjuk, amelynek $V_{\text{alíkvot}} = 10,00 \text{ cm}^3$ -es részletét feleslegben vett KI-dal reagáltatjuk, majd a szabaddá vált elemi jódot $c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,0503 \text{ M}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -mérőoldattal titrálva $V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 10,15 \text{ cm}^3$ fogyást mérünk. A titrálás során lejátszódó reakció ioneqyenlete a következő:



A fenti OCl⁻-os, illetve az előbbi tioszulfátos ioneqyenletből látható, hogy $n(\text{OCl}^-) = n(\text{I}_2)$ és $2n(\text{I}_2) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$, azaz $2n(\text{OCl}^-) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$. Ezen információk birtokában az alábbiak szerint számítható ki a SAVO tömegszázalékos NaOCl-tartalma:

$$\begin{aligned} \frac{m}{m} \%_{\text{NaOCl}} &= \frac{m_{\text{NaOCl}}}{m_{\text{SAVO}}} \cdot 100\% = \\ &= \frac{c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{oldat}} \cdot M_{\text{NaOCl}}}{V_{\text{SAVO}} \cdot \rho_{\text{SAVO}} \cdot 2 \cdot V_{\text{alíkvot}}} \cdot 100\% = 4,44 \text{ m/m}\% \end{aligned}$$

A feladat ugyan nem bizonyult nehéznek, azonban szinte kivétel nélkül minden beküldő helytelenül atomos klórként értelmezte az aktívklór-tartalmat. Néhány esetben további problémát okozott az ioneqyenletek pontos felírása, azok helyes rendezése és a sztöchiometria megfelelő alkalmazása. Hibátlan, teljes értékű megoldás nem született, a legkiemelkedőbb megoldást Simon Vivien Klaudia küldte be. Átlagpontszám: 7,54 pont.

(Baglyas Márton)

K292. a) A két biner ötvözet galliumtartalma rendre 12,4 $m/m\%$ (ón mellett) és 75,1 $m/m\%$ (indium mellett). Az eutektikus ötvözetben a gallium tömegszázaléka 68,5%. Ez az érték a két biner ötvözet tömegszázaléka között van, tehát ha a másik két fém arányát nem vesszük figyelembe, akkor előállítható a 12,4 $m/m\%$ -os és 75,1 $m/m\%$ -os keverékekből 68,5 $m/m\%$ keverék. Ha a két keveréket $x : (1-x)$ arányban keverjük, felírható a

$$0,124x + (1 - x)0,750 = 0,685$$

egyenlet, amelyből $x = 0,104$, tehát a Ga-Sn ötvözetet és a Ga-In ötvözetet 1:8,63 tömegarányban kell keverni.

Ha az indium és ón tömegének arányát az eutektikusnak megfelelő, azaz $m(\text{In}) : m(\text{Sn}) = 2,15$ értéken szeretnénk tartani, akkor a két biner elegy tömegarányát a következőképpen kaphatjuk meg. x gramm Ga-Sn és y gramm Ga-In ötvözetet olvasztva össze az ón tömege $0,876x$ gramm és az indiumé $0,250y$ gramm, tehát tömegarányuk

$$0,876x : 0,250y = 10 : 21,5,$$

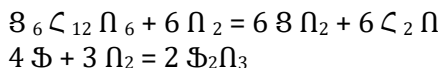
ahonnan adódik, hogy $x : y = 0,133 = 1 : 7,54$, azaz ilyen tömegarányban olvasztva össze az ötvözeteket, az indium és ón aránya a minimális olvadáspontúnak megfelelő.

Ebben az ötvözetben az egyes komponensek tömege tehát: $0,124x + 0,750y = 0,7665y$ gramm gallium, $0,25y$ gramm indium és $0,876x = 0,116y$ gramm ón. Ebből a tömegszázalékos összetétel 67,6% Ga, 22,1% In és 10,3% Sn, ami 5%-nál közelebb van a minimális olvadáspontúéhoz, s némi gallium hozzáolvasztásával a minimális olvadáspontú összetétel is elérhető.)

b) A fém-oxid képlete legyen Me_nO_m , amely 25,6 $m/m\%$ oxigént tartalmaz. 1 mol oxigénre n/m mol fém jut, azaz 16 gramm oxigénre 46,5 gramm fém. Tehát a fém moláris tömege $M(\text{Me}) = 46,5 \frac{m}{n} \text{ g/mol}$. Gallium esetén m/n értékére 1,50, indium esetén 2,47, ón esetén 2,55 adódik, ebből csak a gallium esetén kapott 3:2 arány felel meg valós aránynak. Tehát a fém-oxid képlete Ga_2O_3 .

(Borbás Réka)

K293. A megadott egyenletek közül kettő rosszul van rendezve, ezek helyesen:



Rögtön az első képletben felismerhetjük a szőlőcukrot ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), ami szénnel nem, oxigénnel viszont reagál megfelelő körülmények között, tehát $\text{C} = 8$, $\text{O} = 12$, $\text{H} = 6$. A második egyenletből látszik, hogy Fe egy kétértékű fém, melynek karbonátja bomlékony (Ca , Mg , Mn stb.).

Az utolsó, kilencedik reakció a metán egy szubsztitúciós reakciója, ez alapján Cl egy halogén. Tehát a harmadik reakció egy hidroxid reakciója halogénnel, ami nem más, mint a klórmész képződése. Vagyis $\text{Ca} = 4$, $\text{Cl} = 2$. (Ez alapján a negyedik reakció a hidrogén-klorid képződése.)

Fe elemről a következőket tudjuk:

Sósavban oldódik, oxigénnel reagál, oxidja szénnel redukálható, oxidja bázikus, vegyületeiben három vegyértékű. Ez alapján Fe a vas, mely azonban sósavval csak vas(II)-vé oxidálható (bár levegőn a vas(II)-oldat gyorsan továbboxidálódik vas(III)-má, a zöld oldat megbarnul).

Többen alumíniumként azonosították a fémet, azonban a timföld nem reagál szénnel. Az egyes vegyjelekhez használt karakterek az örmény ábécé megfelelő betűi.

Elemenként másfél pont járt, s mivel a rossz sztöchiometriák miatt a b) feladatrész nem volt értékelhető, arra mindenki megkapta az egy pontot. Az átlagpontoszám 8,77 volt.

(Forman Ferenc)

K294. A kiindulási ismeretlen klórvegyület képlete legyen MeCl_x , ahol Me az ismeretlen elemet jelöli! A vegyület bomlása során 1:1 arányban keletkezik klór és az ismeretlen elem másik kloridja, ez alapján a lejátszódó reakció egyenlete: $\text{MeCl}_x \rightleftharpoons \text{MeCl}_{x-2} + \text{Cl}_2$. 1,00 mol kiindulási MeCl_x esetén annak 6,81 %-a, vagyis 0,0681 mol bomlik el az egyensúly beálltaig, tehát az egyensúlyi elegy összetétele ebben az esetben: 0,9319 mol MeCl_x , 0,0681 mol MeCl_{x-2} és 0,0681 mol Cl_2 . Látható, hogy az egyensúlyi elegyben lévő molekulák anyagmennyisége összesen 1,0681 mol, össztömege pedig megegyezik a kiindulási

1,00 mol MeCl_x tömegével, vagyis: $M_{\text{Me}} + x \cdot 35,5$ g. Ezek alapján az átlagos moláris tömeg értékére felírható az alábbi összefüggés:

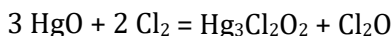
$$195,2 \text{ g/mol} = (M_{\text{Me}} + x \cdot 35,5 \text{ g}) / 1,0681 \text{ mol.}$$

Ebből az ismeretlen elem moláris tömegére az $M_{\text{Me}} = 208,5 - x \cdot 35,5$ összefüggés adódik. Feltételezve, hogy x pozitív egész szám, az előbbi kifejezésből csak $x < 6$ esetén kapunk pozitív megoldást M_{Me} értékére. Ezen kívül x értékének legalább 3-nak kell lennie, hiszen csak így értelmezhető az MeCl_{x-2} képlet. Megvizsgálva a lehetséges x értékek függvényében M_{Me} értékét $x = 3$ esetén $M_{\text{Me}} = 102 \text{ g/mol}$, $x = 4$ esetén $M_{\text{Me}} = 66,5 \text{ g/mol}$, míg $x = 5$ esetén $M_{\text{Me}} = 31,0 \text{ g/mol}$ adódik. Ezek közül csak az $x = 5$ esetén kapott moláris tömeg jelent egyben kémiai megoldást is, a 31,0 g/mol a foszfor moláris tömege, a keresett kloridok képlete pedig: PCl_5 , illetve PCl_3 .

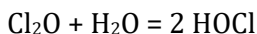
A feladatra több szép, helyes megoldás érkezett. A pontszámok átlaga 9,6 pont.

(Vörös Tamás)

K295. a) A reakció egyenlete az oxidációs számok változása alapján könnyen rendezhető. Elegendő a Cl atomok oxidációs számait vizsgálni a különböző vegyületekben. Cl_2 molekulában 0, $\text{Hg}_3\text{Cl}_2\text{O}_2$ molekulában -1 valamint Cl_2O molekulában +1. Ezek alapján a rendezett egyenlet:



b) Vizes közegben a keletkező diklór-monoxid reakcióba lépne vízzel és a következő egyenlettel leírható reakció játszódna le:



c) Tudjuk, hogy az átlagos moláris tömeg a következő egyenlet szerint számolható ki:

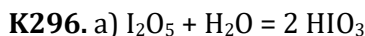
$$\overline{M} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2$$

Ahol x_1 és x_2 a megfelelő anyag anyagmennyiség-törtje. Legyen M_1 a diklórszármazék moláris tömege, M_2 a triklórszármazék moláris tömege. $M_1 = 206 \text{ g/mol}$, $M_2 = 240,5 \text{ g/mol}$.

Így $x_1 = 0,993$ és $x_2 = 0,007$, vagyis $x_1:x_2 = 142:1$.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el. Alig néhányan voltak, akik vagy nem jól rendezték az egyenletet, vagy apró hiányosságaik voltak a számolás során.

(Jantner Anna)



b) 3,00 g I_2 -ből 97,29%-os termeléssel a keletkezett HIO_3 tömege

$$\frac{3,00}{253,8} \cdot 2 \cdot 175,9 \cdot 0,9729 = 4,046 \text{ g}$$

Mivel a kristályok elfolyósodtak, a HIO_3 legalább annyi nedvességet megkötött, hogy az oldat telített legyen. 25 °C-on a jódsav oldhatósága alapján a megkötött víz mennyisége legalább

$$\frac{4,046}{277,4} \cdot 100 = 1,46 \text{ g}$$

A labor térfogata $V = 30 \cdot 2,75 = 82,5 \text{ m}^3$.

A megkötött víz mennyisége és a labor térfogata alapján az abszolút páratartalom megváltozása kiszámítható.

$$\frac{1,46}{18} \cdot \frac{1}{82,5} = 9,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

A relatív páratartalom azt adja meg, hogy az aktuális páratartalom az adott hőmérsékleten maximális páratartalom hány százaléka.

Az abszolút páratartalom $9,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$ -es megváltozása a relatív páratartalom $9,83 \cdot 10^{-3} / 1,28 \cdot 100\% = 0,077\%$ -os változását jelenti, tehát legalább ennyivel csökkentette a jódsav a levegő relatív páratartalmát.

Az átlagpontoszám 8,86 pont lett, hibátlan megoldást küldött be Molnár Balázs. Sokan tévesen azt feltételezték, hogy a relatív páratartalom megváltozása függ a kiindulási páratartalomtól, illetve néhányan nem jól értelmezték a relatív páratartalom fogalmát.

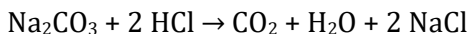
(Balbisi Mirjam)

K297.* A feladat megoldása során használt moláris tömegek:

$M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;

$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

a) A nátrium-karbonát és a sósav reakciójának egyenlete:



A keletkező szén-dioxid anyagmennyiségét a gázok állapotegyenletével számolhatjuk ki:

$$\begin{aligned} n(\text{CO}_2) &= pV(\text{CO}_2)/(RT) = \\ &= 101300 \text{ Pa} \cdot 0,001144 \text{ m}^3 / (8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 273,15 \text{ K}) = \\ &= 0,05103 \text{ mol} \end{aligned}$$

0,05103 mol szén-dioxid ugyanekkora anyagmennyiségű nátrium-karbonátból keletkezett, melynek tömege 5,409 g. Ez azt jelenti, hogy a nátrium-karbonát mellett keletkező, ismeretlen nátriumsó tömege $20,41 \text{ g} - 5,409 \text{ g} = 15,001 \text{ g}$. A reakciókörülmények alapján, valamint figyelembe véve, hogy a fém oxidációs száma a keletkező sóban +6, a képlete Na_2MO_4 -ként írható fel. A keletkező nátrium-karbonátban 0,05103 mol szén van, amely 0,613 g. Ez csak a karbidból származott, így a kiindulási 10,0 g karbidban 9,387 g ismeretlen fém van, ugyanekkora tömegű fémet tartalmazott a keletkezett Na_2MO_4 só. Jelöljük az ismeretlen fém 1 móljának tömegét m -mel. Ezek alapján az alábbi egyenletet írhatjuk fel.

$$9,387 \text{ g} / (15,001 \text{ g}) = m / (m + 2 \cdot 22,99 \text{ g} + 4 \cdot 16,00 \text{ g})$$

Az egyenlet megoldásából $m = 183,94 \text{ g}$ adódik, azaz az ismeretlen fém moláris tömege $183,94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, amely a volfrám moláris tömegéhez áll a legközelebb ($183,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$). Ezután már csak a karbid pontos képlete kérdéses. A fém-karbidban a szén anyagmennyisége 0,05103 mol, a volfrámé $9,387 \text{ g} / (183,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0,5106 \text{ mol}$, azaz $x \approx y$. A karbid képlete tehát WC. A megoldást megerősíti, hogy ezt a vegyületet nagy keménysége miatt valóban alkalmazzák az iparban.

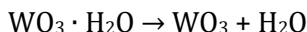
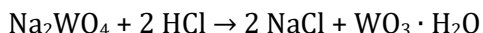
b) A WC nátrium-hidroxiddal és oxigénnel való reakciójának egyenlete 500°C -on:



c) A tömegszázalékos összetétel alapján 100 g kristályvizes oxid 0,800 g hidrogént (0,7937 mol), 25,62 g oxigént (1,601 mol) és 73,58 g (0,4002 mol) volfrámot tartalmaz. Ez alapján:

$$n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{W}) = 0,7937 : 1,601 : 0,4002 \approx 2 : 4 : 1$$

Mivel ismert, hogy a vegyület kristályvizes, ezért ez alapján már könnyen felírhatjuk a kristályvizes fém-oxid képletét: $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. A lejátszódó reakciók egyenletei:



A feladat nem bizonyult nehéznek, a pontátlag 9,3 pont, hibátlan megoldás küldött be Ármós Csaba Endre, Ficsor István Dávid és Kis Dávid. A c) feladatrészben sokan elfeledkeztek a második reakcióegyenlet felírásáról, ebből adódott a legtöbb pontlevonás. Néhányan W_2C_2 képletet állapítottak meg az a) feladatrészben, azt feltételezve, hogy a volfrám-karbid az acetilénből származtatható, azonban a volfrámnak nem ismert ilyen, acetilénegységeket tartalmazó karbidja (ezért azonban nem járt pontlevonás).

(Vörös-Palya Dóra)

K298. a) Az ötvözet 1 móljában 145 proton van, ebből kiszámítható, hogy $145 - 3 \cdot 22 = 79$ protont tartalmaz, tehát X=arany.

b) Ha egy elemi cellát tekintünk a kocka 8 sarkán $8 \cdot (1/8) = 1$ aranyatom található, a 6 lap közepén $6 \cdot (1/2) = 3$ titánatom. Ebből már belátható, hogy az összegképlet Ti_3Au .

c) Az elemi cella térfogatával és az Avogadro-állandóval leosztjuk a benne található atomok tömegét, így megkapva a sűrűséget.

$$\frac{3 \cdot 47,867 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 196,967 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{(4,15 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 7,91 \text{ g/cm}^3$$

d) $6 \text{ TiCl}_4 + 8 \text{ NH}_3 \rightarrow 6 \text{ TiN} + \text{N}_2 + 24 \text{ HCl}$

e) A TiN anyagmennyisége:

$$\frac{25 \text{ cm}^2 \cdot 0,005 \text{ cm} \cdot 5,22 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{61,874 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,01054 \text{ mol}$$

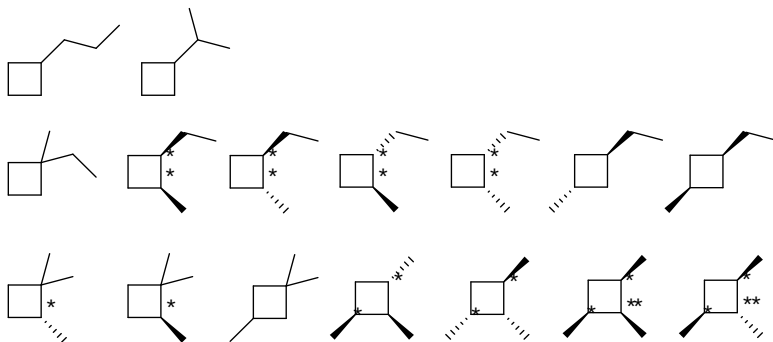
A reaktánsok anyagmennyisége:

$$m_{TiCl_4} = 0,01054 \text{ mol} \cdot 189,679 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2,00 \text{ g}$$

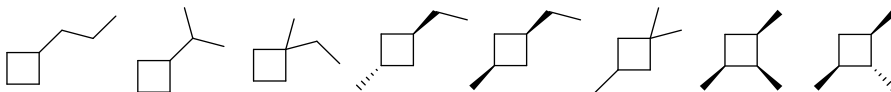
$$V_{NH_3} = \frac{8}{6} \cdot 0,01054 \text{ mol} \cdot 1,1 \cdot 24,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} = 0,379 \text{ dm}^3$$

(Berta Máté)

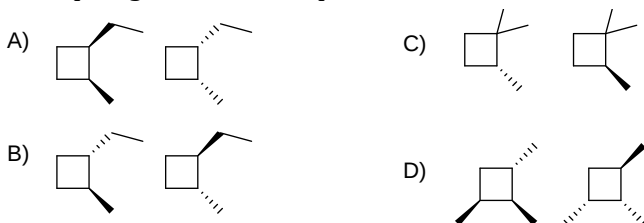
H281. (a hivatalos cseh megoldás alapján) A megadott képlettel a ciklobután-származékok közül 8 különböző konstitúciójú vegyülettípus rendelkezik, amelyekből aztán együtt 16 vegyület rajzolható fel a sztereoizomerek figyelembevételével. Ezekben összesen 20 aszimmetriacentrum található, melyek közül kettő esetben csak a kapcsolódó szénatomok konfigurációjában van eltérés (pseudoaszimmetrikus szénatomok, ** -gal jelölve):



A 16-ból 8 vegyület nem mutat optikai aktivitást:



A maradék 8 pedig 4 enantiomerpárt alkot:



A feladat nem bizonyult nehéznek, ám sokan nem gondoltak minden lehetőségre a sztereoizomereknél, de a konstitúciós izomerek esetén sem.

(Szobota András)

H282. A Henry-törvény értelmében az oldott CO_2 koncentrációja:

$$[\text{CO}_2] = H \cdot p(\text{CO}_2) = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot 5300 \text{ Pa} = 1,219 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / \text{dm}^{-3}$$

A HCO_3^- kezdeti koncentrációja, 37 °C-on a pufferek pH-ját jellemző képlet alapján (Henderson-Hasselbalch egyenlet):

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

Mivel a vér pH-ja eredetileg (a savtermelődés előtt) 7,4 volt, a fenti egyenletet átrendezve kaphatjuk, hogy

$$\begin{aligned} \lg[\text{HCO}_3^-] &= \text{pH} - \text{p}K_s + \lg[\text{CO}_2] = -1,614 \\ [\text{HCO}_3^-] &= 10^{-1,614} = 0,024 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

Így tehát miután termelődik 60 mmol / 6 dm³, azaz 0,01 mol/dm³ erős sav a vérben, a lejátszódó sav-bázis reakció csökkenti a $[\text{HCO}_3^-]$ -t, és növeli a $[\text{CO}_2]$ -t:

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-] - [\text{H}^+]}{[\text{CO}_2] + [\text{H}^+]} = 6,20$$

Tehát 6,2 lenne a vér pH-ja, ha zárt rendszerben keringene.

Ha azonban nem zárt rendszerben történik a sav elnyelése, akkor a $[\text{CO}_2]$ állandó, mivel a parciális nyomása is állandó, így a termelődő sav csak a $[\text{HCO}_3^-]$ -t csökkenti. Így a nyílt rendszerben mérhető pH a következőképpen alakul:

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-] - [\text{H}^+]}{[\text{CO}_2]} = 7,16$$

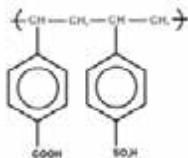
A nyílt rendszerben 7,2-re csökkenne a pH, ami még mindig az élettani tartományon kívül esik (7,36-7,44 között). Azonban látható, hogy a légzés következtében fenntartott állandó $[\text{CO}_2]$ mennyire megnöveli a vér pufferkapacitását.

A feladat könnyűnek bizonyult: a legtöbben jól, vagy csak kis hibával oldották meg. A végeredmény helyes pontossággal való megadása többeknél problémát jelentett (1 vagy 2 tizedesjegy pontossággal lehet megadni a pH-t ebben az esetben).

(Pálffy Gyula)

H283. A feladatban végig egyszeres töltésű kationok megkötődését vizsgálom.

a) Az ioncserélő monomerjének szerkezeti képletét a feladat alapján felrajzolhatjuk (az ábra Fraknoi Ádám megoldásából származik):



Ez alapján az ioncserélő gyanta egy egységének összegképlete $C_{17}H_{16}SO_5$, amiből 332 g/mol moláris tömeg származik. Ebből a 17 szénatomra 204 g/mol, az egyetlen kénatomra 32 g/mol jut. Ezeket a 332 g/mol-os értékkel leosztva, adódik, hogy a gyanta kéntartalma 9,64 tömegszázalék, míg széntartalma 51,45 tömegszázalék.

Az előző feladatrész alapján 332 g gyanta tartalmaz egy-egy mol szulfonsav- és karboxilcsoportot, amik egy-egy mol, azaz 1000 mmol kation megkötésére képesek. Így 1 g gyanta elméleti (a gyakorlatban nem valósul meg 100 %-os megkötődés) ioncsere-kapacitása az erős és gyenge kötőhelyekre egyaránt:

$$\frac{1 \text{ g}}{332 \text{ g}} 1000 \text{ mmol} = 3,01 \text{ mmol}.$$

Ez alapján az erős és gyenge kötőhelyekre az ioncsere-kapacitás 3,01 mmol/g, míg a teljes ioncsere-kapacitás ezek összegeként 6,02 mmol/g.

c) Vizsgáljunk 1 cm³ duzzasztott gyantát! Ezt a megadott 1,28 g/cm³-es sűrűséggel szorozva adódik, hogy ennek tömege 1,28 g (így 1,28-szor annyi iont köthetne meg elméletileg, mint 1 g száraz gyanta). Ennek azonban 45 tömegszázaléka a megkötött víz, így csak 55 %-a az ioncsere szempontjából részben hasznos üreges gyanta. Ennek az 55 %-nak is a 0,48 értékű porozitás miatt csak 52 %-a az elméletileg

hasznosuló gyanta. Az előzőek figyelembe vételével a duzzasztott gyanta ioncsere-kapacitása:

$$6,02 \frac{\text{mmol}}{\text{g}} \cdot 1,28 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,55 \cdot 0,52 = 2,20 \frac{\text{mmol}}{\text{cm}^3}.$$

A feladat a) és b) része rendkívül könnyűnek bizonyult, azokat egy versenyző kivételével (aki apró számolási hibát vétett) mindenki jól megoldotta. Sajnos a c) kérdésben szokatlanul sok értelmezésembeli probléma lépett fel. Voltak, akik két lehetséges értelmezésre is megoldották a feladatot, de közülük is volt olyan, akinek mindkét értelmezése hibás volt. Összességében 5 hibátlan megoldás született: Besenyi Tiboré, Czakó Ároné, Fraknói Ádámé, Kovács Mártoné és Mészáros Bencéé. Az átlagpontszám 8,31 volt.

(Csorba Benjámin)

H284. A **B** ioncserélő gyanta ioncsere-kapacitását meghatározandó, először elérjük, hogy az adott térfogatú duzzasztott gyanta valamennyi kationkötő helyéhez Na^+ -ok kapcsolódjanak. Ezután az oszlopot ecetsavoldattal mosva minden gyenge kötőhelyről, illetve az erős kötőhelyek egy részéről összesen n_1 anyagmennyiségű Na^+ -t szorítunk le, amelyet az 1. oldat ($V_1 = 1000 \text{ cm}^3$) tartalmaz (ezzel egyidejűleg természetesen a megadott kötőhelyekhez H^+ -ok kapcsolódnak). Ezt követően semleges MgSO_4 -oldattal leszorítjuk az oszlopról az összes erős kötőhelyhez kötött iont (ezzel egyidejűleg természetesen az összes erős kötőhelyhez Mg^{2+} -ok kapcsolódnak), vagyis az előzőekben az erős kötőhelyekre felvitt n_2 anyagmennyiségű H^+ -t, valamint az előző lépésben le nem cserélt, a NaCl -os mosás óta kötött n_3 anyagmennyiségű Na^+ -t – ezeket a 2. oldat ($V_2 = 500 \text{ cm}^3$) tartalmazza.

A kiszámítandó n_1 , n_2 és n_3 anyagmennyiségekből megadható a gyanta karbonsav-csoportokhoz (gyenge kötőhelyekhez) és szulfonsav-csoportokhoz (erős kötőhelyekhez) tartozó ioncsere-kapacitása. Az egyes oldatokban lévő Na^+ -mennyiséget nátriumionra érzékeny ionszelektív elektróddal – kalibrációt követően – határozhatjuk meg, míg a H^+ -ok mennyiségére az alkalimetriás titrálásból következtethetünk.

Az ionszelektív elektród paraméterei (k és S) megadhatók a kétpontos kalibráció során mért adatokból; két különböző Na^+ -koncentráció

esetén mért elektródpotenciál értékekből az alábbi kétváltozós, lineáris egyenletrendszert írhatjuk fel:

$$\begin{cases} E_1 = k + S \lg [\text{Na}^+]_1 \\ E_2 = k + S \lg [\text{Na}^+]_2 \end{cases}, \text{ ahol}$$

$E_1 = -0,2283 \text{ V}$, míg $E_2 = -0,3466 \text{ V}$, továbbá $[\text{Na}^+]_1 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ (M)}$ és $[\text{Na}^+]_2 = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ (M)}$. (A zárójeles mértékegységek arra utalnak, hogy a logaritmus argumentumában csak dimenziómentes mennyiség állhat.) Az egyenletrendszer megoldásaként $k = -0,1100 \text{ V}$ és $S = 0,05915 \text{ V}$ adódik, azaz a mérés körülményei között az elektródpotenciál a következőképp változik a Na^+ -koncentráció függvényében:

$$E / \text{V} = -0,1100 + 0,05915 \lg([\text{Na}^+]/\text{M})$$

A kalibrációt követően kiszámíthatjuk az 1., illetve a 2. számú oldat Na^+ -koncentrációját az ionszelektív elektróddal mért potenciálok alapján:

$$[\text{Na}^+]_3 / \text{M} = 10^{\frac{E_3 / \text{V} + 0,1100}{0,05915}},$$

ahol $E_3 = -0,2313 \text{ V}$. Ebből a nátriumion-koncentrációra $[\text{Na}^+]_3 = 8,898 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ -t kapunk eredményül. Hasonlóképpen számítható a 2. oldat esetén is, $E_4 = -0,2534 \text{ V}$ elektródpotenciál mellett a nátriumion koncentrációja, amelyre a fentivel analóg módon $[\text{Na}^+]_4 = 3,764 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ eredményre jutunk.

$[\text{Na}^+]_3$ és $[\text{Na}^+]_4$ értékekből az alábbiak szerint számítható ki n_1 és n_3 :

$$\begin{aligned} n_1 &= [\text{Na}^+]_3 \cdot V_1 = 8,898 \text{ mmol} \\ n_3 &= [\text{Na}^+]_4 \cdot V_2 = 1,882 \text{ mmol} \end{aligned}$$

A leszorított H^+ -ok mérésére alkalimetriás titrálást alkalmazunk, amely során lejátszódó reakció ioneqyenlete: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$. Mivel a $V_2 = 500 \text{ cm}^3$ térfogatú oldat $V_{\text{alíkvot}} = 100 \text{ cm}^3$ -es részletét titráljuk $c_{\text{NaOH}} = 0,100 \text{ M}$ koncentrációjú NaOH -mérőoldattal és ekkor a fogyás $V_{\text{NaOH}} = 12,50 \text{ cm}^3$, így a felírt ioneqyenlet alapján:

$$n_2 = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_2}{V_{\text{alíkvot}}} = 6,250 \text{ mmol}$$

Az ioncsere-kapacitás meghatározásához végrehajtott eljárásból tudjuk, hogy a gyanta $V_{\text{gyanta}} = 4 \text{ cm}^3$ térfogatban $n_2 + n_3$ anyagmennyiségű kationnak megfelelő erős kötőhellyel rendelkezik, míg gyenge kötőhelyeket tekintve ez az anyagmennyiség $n_1 - n_2$ (az erős kötőhelyekről Mg^{2+} -okkal leszorított H^+ -ok mennyisége megegyezik az ecetsav által az erős kötőhelyekről leszorított Na^+ -ok mennyiségével). Ezekből a gyanta karbonsav-csoportokhoz (gyenge kötőhelyekhez) tartozó ($Q_{V,-\text{COOH}}$), illetve szulfonsav-csoportokhoz (erős kötőhelyekhez) tartozó ($Q_{V,-\text{SO}_3\text{H}}$) ioncsere-kapacitása az alábbiak szerint számítható ki:

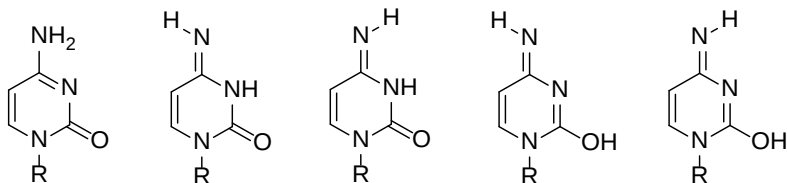
$$Q_{V,-\text{COOH}} = \frac{n_1 - n_2}{V_{\text{gyanta}}} = 0,662 \text{ mmol cm}^{-3}$$

$$Q_{V,-\text{SO}_3\text{H}} = \frac{n_2 + n_3}{V_{\text{gyanta}}} = 2,033 \text{ mmol cm}^{-3}$$

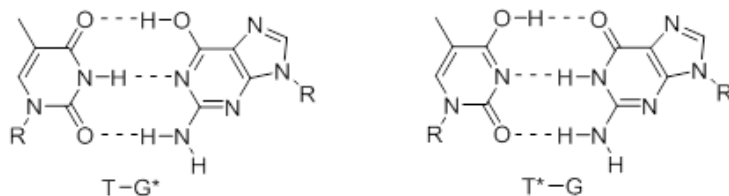
A feladat meglehetősen könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége közel maximális pontot ért el. Tipikus hibaként fordult elő a k és S állandók mértékegységének lefelejtése, valamint a karbonsav- és szulfonsav-csoportok összekapcsolásának hiánya a gyenge, ill. erős kötőhelyekkel. Egyetlen 10 pontos megoldás született, amelyet Fajsi Bulcsú küldött be. Kiemelkedő volt még Czákó Áron és Kozák András munkája. Átlagpontoszám: 9,20 pont.

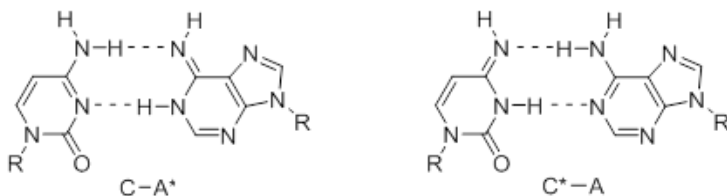
(Baglyas Márton)

H285. a)



b)





c) cDNS: 5'-ACCTGGGG-3', mRNS: 5'-CCCCAGGU-3'

d) A 8 pozíció mindegyike betölthető a 4 nukleobázis egyikével (A, C, G, U), így $4^8 = 65\,536$ természetes egyszálú RNS oktanukleotid létezik.

(Rutkai Zsófia)

H286. a) Rétegenként 1 db, 10 cm átmérőjű kő fér el, mégpedig az 50 cm magas hengerben 5 db. A henger és a beleillő gömb térfogatának képletét összevetve következik, hogy a gömb a henger $2/3$ -át tölti ki. A szabadon maradó $1/3$ -nyi térfogat ez esetben

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 \times v = \frac{1}{3}\pi \times 5^2 \times 50 = 1\,309\text{ cm}^3$$

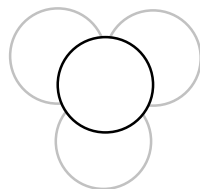
b) Ha rétegenként 7 kavics kerül a hengerbe, akkor a kavicsok sugara a henger sugarának harmada, azaz $5/3$ cm.

c) Ha a rétegek nem fednek át, akkor az 50 cm magas hengerbe egymás fölé 15 darab ilyen sugarú kavics fér, 15 rétegben 105 kavics ez mindösszesen. Ezek térfogata:

$$V = 105 \times \frac{4}{3}\pi r^3 = 105 \times \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{5}{3}\right)^3$$

A henger teljes térfogatának ez $14/27$ -e, ami $51,8\%$ -ot tesz. A szabadon maradó térfogat 1891 cm^3 .

d) Az egymás fölé kerülő kavicsrétegekben 4-4 kavics középpontja szabályos tetraédereket alkot. Ennek magassága a rétegek közti távolság, élének hossza a kavicsok átmérőjével ($10/3$ cm) egyezik. A magasságot Pitagorász-tétellel számíthatjuk ki:



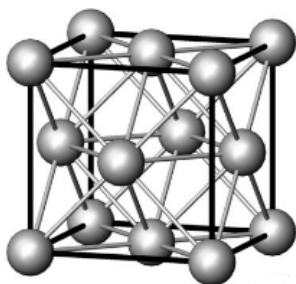
$$h = a \times \sqrt{\frac{2}{3}} = 2 \times 1.667 \times \sqrt{\frac{2}{3}} = 2.722 \text{ cm}$$

A legalsó és legfelső réteg középpontja az rétegek aljától és tetejétől sugártávolságra van. A henger fennmaradó magasságába 17 fér a rétegtávolságból, az 18 réteget jelent. Ebből a fele 7, a másik fele 3 kavicsot tartalmaz, ami összesen 90 kavics. Ezek térfogata a henger térfogatának $4/9$ -e, $44,4\%$ -a. A szabadon maradó térfogat 2182 cm^3 .

e) A nagyon kis gömbök esetében a henger mérete nem számít, az apró gömbök lehető legközelebb elhelyezkedve az ún. szoros térkitöltést valósítják meg 12 szomszédal. Ennek egyik lehetséges elrendeződése lenne a tércentrált köbös elemi cella, ahol a kérdéses hányadost a cella és a benne található gömbök térfogatarányával kaphatjuk meg.

A cella élhossza $2 \times r \times \sqrt{2}$. Egy cellára jut 4 gömb ($8 \times 1/8$ a csúcson levőkből és $6 \times 1/2$ a lapközepeken levőkből). Így a kitöltött térfogathányad a lehetséges maximum:

$$f = \frac{\left(4 \times \frac{4}{3} \pi r^3\right)}{16\sqrt{2} \times r^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.7405$$



A szabadon maradó térfogat 1019 cm^3 .

A feladat második fele nem volt egyszerű, és inkább térgeometriának tekinthető. Teljesen tökéletes megoldás nem is érkezett.

(Magyarfalvi Gábor)

H287. Az egyes anyagok jelölése legyen a feladat során végig: hidrazin (N_2H_4): *hidr*, metilhidrazin ($\text{N}_2\text{H}_3\text{CH}_3$): *met*, 1,1-dimetilhidrazin ($\text{N}_2\text{H}_2(\text{CH}_3)_2$): *dimet*. Moláris tömegek: $M_{\text{hidr}} = 32,05 \text{ g/mol}$; $M_{\text{met}} = 46,07 \text{ g/mol}$; $M_{\text{dimet}} = 60,10 \text{ g/mol}$.

a) $1,00 \text{ g}$ anyag anyagmennyisége a három esetben: $n_i = m_i / M_i$

$$n_{\text{hidr}} = 31,20 \text{ mmol}; n_{\text{met}} = 21,71 \text{ mmol}; n_{\text{dimet}} = 16,64 \text{ mmol}.$$

Az égés során felszabaduló hő: $Q_i = C_{\text{kaloriméter}} \cdot \Delta T_i$

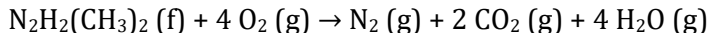
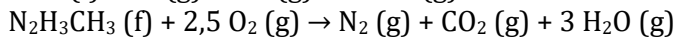
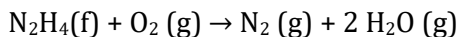
$$Q_{\text{hidr}} = 16,83 \text{ kJ}; Q_{\text{met}} = 25,60 \text{ kJ}; Q_{\text{dimet}} = 30,11 \text{ kJ}.$$

Az égés moláris belsőenergia-változása: $\Delta U_i = -Q_i / n_i$

$$\Delta U_{\text{hidr}} = -539,40 \text{ kJ/mol}; \Delta U_{\text{met}} = -1179,48 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta U_{\text{dimet}} = -1809,64 \text{ kJ/mol}.$$

Az égés termokémiai reakcióegyenletei:



Az égés moláris entalpiaváltozása: $\Delta H_i = \Delta U_i + \Delta(p_i V_i) = \Delta U_i + \Delta n(\text{gáz})RT^\circ$, ahol $T^\circ = 298,15 \text{ K}$. Az egyes reakciók esetében (1 mol mennyiségre vonatkoztatva, NB: a számolás során J/mol-t kell használnunk):

$$\Delta n(\text{gáz})_{\text{hidr}} = (3-1) \text{ mol} = 2 \text{ mol}; \Delta n(\text{gáz})_{\text{met}} = (5-2,5) \text{ mol} = 2,5 \text{ mol};$$

$$\Delta n(\text{gáz})_{\text{dimet}} = (7-4) \text{ mol} = 3 \text{ mol}.$$

Így tehát: $\Delta H_{\text{hidr},1} = -534,44 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_{\text{met},1} = -1173,29 \text{ kJ/mol}$;

$$\Delta H_{\text{dimet},1} = -1802,20 \text{ kJ/mol}.$$

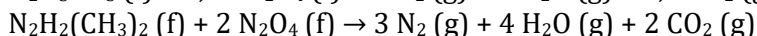
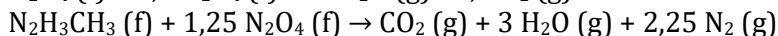
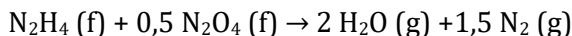
b) Az egyes anyagok képződési entalpiáját megkaphatjuk a moláris égési entalpiaváltozásból:

$$\Delta H_{\text{k,hidr}} = 2 \Delta H_{\text{k}}(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - \Delta H_{\text{hidr},1} = +50,78 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{k,met}} = 3 \Delta H_{\text{k}}(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) + \Delta H_{\text{k}}(\text{CO}_2(\text{g})) - \Delta H_{\text{met},1} = +54,28 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{k,dimet}} = 4 \Delta H_{\text{k}}(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) + 2 \Delta H_{\text{k}}(\text{CO}_2(\text{g})) - \Delta H_{\text{dimet},2} = +47,84 \text{ kJ/mol}$$

A rakétákban lejátszódó reakciók:



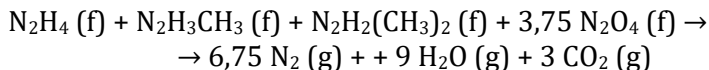
A standard reakcióentalpia-változások a fentiek értelmében:

$$\Delta H_{\text{hidr},2} = 2 \Delta H_{\text{k}}(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - 0,5 \Delta H_{\text{k}}(\text{N}_2\text{O}_4(\text{f})) - \Delta H_{\text{k,hidr}} = -538,98 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{met},2} = \Delta H_{\text{k}}(\text{CO}_2(\text{g})) + 3 \Delta H_{\text{k}}(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - 1,25 \Delta H_{\text{k}}(\text{N}_2\text{O}_4(\text{f})) - \Delta H_{\text{k,met}} = -1184,64 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{dimet},2} = 2 \Delta H_{\text{k}}(\text{CO}_2(\text{g})) + 4 \Delta H_{\text{k}}(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - 2 \Delta H_{\text{k}}(\text{N}_2\text{O}_4(\text{f})) - \Delta H_{\text{k,dimet}} = -1820,36 \text{ kJ/mol}$$

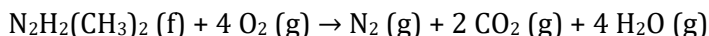
c) Összegezve a három reakciót 1:1:1 mólarány esetében:



A lánghőmérsékletének kiszámítása pedig a teljes standard reakcióentalpia-változásból adódik (NB: a számolás során J/mol-t kell használnunk):

$$-(\Delta H_{\text{hydr},2} + \Delta H_{\text{met},2} + \Delta H_{\text{dimet},2}) = (6,75 C_{\text{p}}(\text{N}_2) + 9 C_{\text{p}}(\text{H}_2\text{O}) + 3 C_{\text{p}}(\text{CO}_2)) \cdot (T_{\text{f}} - T^\circ), \text{ amelyet megoldva: } T_{\text{f}} = 4288,65 \text{ K.}$$

d) Az 1,1-dimethylhidrazin reakciója oxigénnel:



$$-\Delta H_{\text{dimet},1} = (C_{\text{p}}(\text{N}_2) + 4 C_{\text{p}}(\text{H}_2\text{O}) + 2 C_{\text{p}}(\text{CO}_2))(T_{\text{x}} - T^\circ), \text{ amelyből:}$$

$$T_{\text{x}} = 5248,16 \text{ K.}$$

e) Az 1,1-dimethylhidrazin megfagy azon a hőmérsékleten, ahol az O_2 cseppfolyósítható.

A feladat nem volt könnyű. Sokan azt rontották el az a) feladatban, hogy a belső energiát adták meg az entalpiaváltozás helyett, amelybe a térfogati munkát is bele kell számítani. Az így kapott rossz végeredményből továbbszámolt többi részeredményt ettől eltekintve elfogadtuk.

(Pálffy Gyula)

H288.

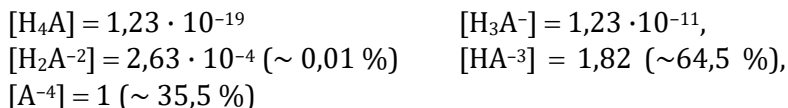
a) A specieseloszlás a pH függvényében az α_{H} képlettel írható le:

$$\alpha_{\text{H}} = [\text{H}^+]^4 / K_1 K_2 K_3 K_4 + [\text{H}^+]^3 / K_2 K_3 K_4 + [\text{H}^+]^2 / K_3 K_4 + [\text{H}^+] / K_4 + 1$$

ahol az egyenletben szereplő tagok sorban a H_4A , H_3A^- , H_2A^{2-} , HA^{3-} , A^{4-} ionok relatív mennyiségét adják meg.

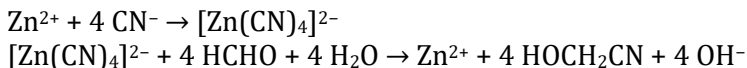
$$[\text{H}^+] = 10^{-10} \text{ M}, K_1 = 10^{-2}, K_2 = 10^{-2,67}, K_3 = 10^{-6,16}, K_4 = 10^{-10,26}$$

Az egyenletbe behelyettesítve megkapjuk:



Tehát 0,5 %-os gyakoriság fölött a HA^{3-} -és a A^{4-} forma van jelen 10-es pH esetén.

b) A cink maszkolása és felszabadítása:



A ditioglicerin szerepe az ólomionok maszkolása.

c) A kiindulási minta tömege 0,8472 g. A mintát feloldják, és első lépésben a cinket maszkírozzák, így EDTA-val titrálva az együttes ólom- és magnéziumtartalom kapható meg:

$$n_{\text{EDTA}} = 0,01983 \cdot 35,9 = 0,712 \text{ mmol} = n(\text{Mg}^{2+}) + n(\text{Pb}^{2+})$$

A következő lépésben a ditioglicerin az ólomionokhoz kapcsolódó EDTA-t kiszorítja, vagyis közvetve az ólom mennyiségét tudjuk meghatározni:

$$n(\text{felszab. EDTA}) = n(\text{Pb}^{2+}) = 0,01087 \cdot 12,8 = 0,139 \text{ mmol}$$

Az utolsó lépésben a cinkionokat felszabadítják és megtitrálják:

$$n(\text{Zn}^{2+}) = 0,01983 \cdot 12,8 = 0,254 \text{ mmol}$$

Az eredmények táblázatosan összefoglalva:

Ion	n/mmol	$M/(\text{g/mol})$	m/mg	$m/m \%$
magnézium	0,712-0,139 = 0,573	24,3	13,9	1,64
ólom	0,139	207,2	28,8	3,40
cink	0,254	65,4	16,6	1,96

(Rutkai Zsófia)

H289. A megoldásban a feladat jelöléseit alkalmazom.

a) A salétromsav jóval erősebb sav, mint a DEHPA, így annak disszociációját visszaszorítja, és az oxóniumionok koncentrációja

szempontjából a DEHPA disszociációjából származó oxóniumionok elhanyagolhatók. Így a vizes oldatban $[H^+] = 0,02 \text{ M}$.

A DEHPA egyes formáira felírható a következő anyagmérleg, ha a felírás során kihasználjuk, hogy a szerves és a vizes fázis térfogata a feladat szerint azonos, így ezek térfogatával egyszerűsíthetünk:

$$c_{\text{HA,org},0} = 2[(\text{HA})_2]_{\text{org}} + [\text{HA}]_{\text{org}} + [\text{HA}]_{\text{aq}} + [\text{A}^-]_{\text{aq}}$$

$K_{\text{p,HA}}$, $K_{\text{D,HA}}$ és $K_{\text{a,HA}}$ (a DEHPA savi disszociációs állandója) feladatbeli és ismert kifejezéséből, és az előbbi anyagmérlegből felírható egy négyismeretlenes (a 4 féle savspeciész koncentrációja a két fázisban) egyenletrendszer, ha kihasználjuk, hogy $[H^+] = 0,02 \text{ M}$. Az egyenletrendszer megoldásaként a szerves fázisban lévő disszociálatlan savra a következő másodfokú egyenlet adódik:

$$\frac{[\text{HA}]_{\text{org}}}{= \frac{-\left(1 + \frac{1}{K_{\text{D,HA}}} + \frac{K_{\text{a,HA}}}{K_{\text{D,HA}} \times [\text{H}^+]_{\text{aq}}}\right) + \sqrt{\left(1 + \frac{1}{K_{\text{D,HA}}} + \frac{K_{\text{a,HA}}}{K_{\text{D,HA}} \times [\text{H}^+]_{\text{aq}}}\right)^2 + 8K_{\text{p,HA}} \cdot c_{\text{HA,org},0}}}{4K_{\text{p,HA}}}}$$

Az egyetlen pozitív megoldás: $[\text{HA}]_{\text{org}} = 3,41 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

Ekkor a további savspeciész koncentrációi az egyenletrendszerből:

$$[\text{HA}]_{\text{aq}} = 1,80 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{A}^-]_{\text{aq}} = 2,85 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[(\text{HA})_2]_{\text{org}} = 0,248 \text{ M}$$

Ez alapján kezdeti elhanyagolásunk jogos volt, az urantartalmú anyagok egyensúlyai pedig a feladat szövege szerint elhanyagolhatók voltak az eddigi számítások során.

Azt, hogy az uranilionok (az urántartalom) hányadrésze (anyag-mennyiségben értve) volt átrázható a szerves fázisba, a következő hányadosként kapjuk:

$$\frac{[\text{UO}_2\text{A}_2]_{\text{org}}}{[\text{UO}_2^{2+}]_{\text{aq}} + [\text{UO}_2\text{A}_2]_{\text{org}} + [\text{UO}_2\text{A}_2]_{\text{aq}} + \sum_{i=1}^4 [\text{UO}_2(\text{OH})_i^{2-i}]_{\text{aq}}}$$

Észrevehető és könnyen levezethető, hogy $\beta_{2,\text{UO}_2\text{A}_2}$, $K_{\text{D,UO}_2\text{A}_2}$, $K_{\text{a,HA}}$ és a β_i komplexstabilitási állandók használatával a $[\text{UO}_2(\text{OH})_i]^{2-i}$ komplexekre kifejezhető a fenti hányados a következő módon:

$$\frac{K_{\text{D,UO}_2\text{A}_2}}{1 + K_{\text{D,UO}_2\text{A}_2} + \frac{K_{\text{D,HA}}^2}{\beta_{2,\text{UO}_2\text{A}_2} \cdot K_{\text{a,HA}}^2} \cdot \frac{[\text{H}^+]_{\text{aq}}^2}{[\text{HA}]_{\text{org}}^2} \cdot (1 + \sum_{i=1}^4 \beta_i \cdot [\text{OH}^-]_{\text{aq}}^i)}$$

A behelyettesítéshez a feladatbeli állandókat és a korábban kiszámolt : $[\text{HA}]_{\text{org}}$ koncentrációt használjuk, a hidroxidionok koncentrációját pedig a vízionszorzat (25 °C-os értéke) alapján számítjuk, amire így $[\text{OH}^-] = 5 \cdot 10^{-13} \text{ M}$ adódik.

A behelyettesítés eredményeként az urántartalom 0,849 részét, azaz 84,9 %-át tudtuk átrázni a szerves fázisba.

b) Az előzőhöz hasonlóan levezethető, hogy $[\text{HA}]_{\text{org}} = 1,50 \cdot 10^{-5} \text{ M}$, amennyiben a feladatban megadott nátrium-hidroxid koncentrációját egyensúlyinak tekintjük. Ekkor az előzővel azonosan számolható végeredmény alapján az urántartalom 0,0121 %-át tudtuk átrázni a szerves fázisba.

A feladat megfogalmazása azonban nem volt egyértelmű, így a versenyzők fele bemérési koncentrációnak értelmezte a megadott NaOH-koncentrációt. Ekkor felírva az egyensúlyi állandókat és az anyagmérlegeket, esetleg a pufferképletet használva számíthatók a megfelelő koncentrációk. Ekkor $[\text{HA}]_{\text{org}}$ értékére az előzővel azonos eredményt kapjuk (3 értékes jegy pontossággal), a pH-ra egyébként 4,55 adódik. Ezt követően az előzőhöz hasonló levezetés eredményeként azt kapjuk, hogy az urántartalom 99,4 %-a rázható át a szerves fázisba. Ezt a megoldást is teljes pontszámmal jutalmaztuk, amennyiben nem tartalmazott egyéb hibát.

A feladatra szokatlanul kevés megoldás érkezett. A megoldás elve ezeknél a megoldásoknál minden esetben jó volt, viszont a versenyzők rendkívül nagy arányban vétettek számolási hibákat. A kapott pontszámok átlaga így 8,00 volt, hibátlan megoldást egyedül Kozák András küldött.

(Csorba Benjámin)

H290. a) A kétatomos ${}^1\text{HF}$ molekula rezgési frekvenciáját a harmonikus oszcillátor modell keretein belül az alábbi formulával számíthatjuk ki:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}},$$

ahol ν a harmonikus rezgés frekvenciája, k az erőállandó (${}^1\text{HF}$ -ra ez $k = 968 \text{ kg s}^{-2}$), μ pedig a rezgő atomok redukált tömege. Mivel az egyenletből csak a ${}^1\text{HF}$ molekula redukált tömege az ismeretlen, annak meghatározásával megadhatjuk a molekula harmonikus rezgési frekvenciáját, amelyből egyúttal megkaphatjuk a kérdéses hullámszámot is.

$$\mu_{{}^1\text{HF}} = \frac{m_{{}^1\text{H}} m_{\text{F}}}{m_{{}^1\text{H}} + m_{\text{F}}} = \frac{19}{20} \text{ amu} = 1,578 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Megjegyzés: 1 amu (atomic mass unit) 1 atomi tömegegységet jelöl, amely a következőképpen adható meg:

$$1 \text{ amu} = \frac{1}{6,022 \cdot 10^{23}} \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

A molekula redukált tömegének kiszámítása után a ${}^1\text{HF}$ rezgési frekvenciájára az alábbi adódik:

$$\nu_{{}^1\text{HF}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{{}^1\text{HF}}}{\mu_{{}^1\text{HF}}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{968}{1,578 \cdot 10^{-27}}} = 1,247 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} (\text{Hz}).$$

A fény vákuumbeli terjedési sebessége, a hullámhossz és a frekvencia közötti ismert összefüggés alapján a hullámszám ($\tilde{\nu}$) az alábbiak szerint írható fel és számolható:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \text{ így } \tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{1,247 \cdot 10^{14}}{2,998 \cdot 10^8} \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-1} = 4159 \text{ cm}^{-1}.$$

A molekula kvantált rezgési szintjeinek energiáját a következő képlet segítségével határozhatjuk meg:

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2} \right) h\nu,$$

ahol ν a rezgési kvantumszám (lehetséges értékei: $\nu = 0, 1, 2, \dots$), h a Planck-állandó, míg ν a harmonikus rezgés frekvenciája.

A molekula két legalacsonyabb rezgési szintjének energiáját (E_0 és E_1) kiszámítandó, E_0 esetén ν -t 0-nak, míg E_1 -nél 1-nek választjuk. Az előbbieken meghatározott rezgési frekvencia ismeretében a keresett energiák:

$$E_0 = \left(0 + \frac{1}{2}\right) \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 1,247 \cdot 10^{14} = 4,13 \cdot 10^{-20} \text{ J},$$

$$E_1 = \left(1 + \frac{1}{2}\right) \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 1,247 \cdot 10^{14} = 1,24 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

b) A $^1\text{H}^4\text{X}$ (a továbbiakban 1-es indexszel hivatkozunk rá) és a $^2\text{D}^{4+2}\text{X}$ (a továbbiakban 2-es indexszel hivatkozunk rá) molekulák rezgési hullámszámának és az a) feladatrész elején bemutatott formula ismeretében feltárható X elem kiléte.

Amennyiben elosztjuk egymással a hullámszámok négyzetét (a négyzetgyökök miatt), megszabadulhatunk a konstansoktól (k erőállandó ugyanakkora mindkét molekulára):

$$\left(\frac{\tilde{\nu}_2}{\tilde{\nu}_1}\right)^2 = \left(\frac{\frac{\nu_2}{c}}{\frac{\nu_1}{c}}\right)^2 = \left(\frac{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu_2}}}{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu_1}}}\right)^2 = \frac{\mu_1}{\mu_2},$$

ahova – amu egységben – behelyettesítve a redukált tömeg megadására alkalmazott képletben feltüntetett mennyiségeket, a következő összefüggést kapjuk eredményül:

$$\left(\frac{\tilde{\nu}_2}{\tilde{\nu}_1}\right)^2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\frac{1 \cdot A}{A+1}}{\frac{2(A+2)}{A+2+2}} = \frac{A}{A+1} \frac{A+4}{2A+4} = \frac{1}{2} \frac{A^2+4A}{A^2+3A+2},$$

ahonnan

$$2 \left(\frac{\tilde{\nu}_2}{\tilde{\nu}_1}\right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{1734,8}{2439,0}\right)^2 = \frac{A^2+4A}{A^2+3A+2}.$$

Megoldva ezt a másodfokú egyenletet, két pozitív gyököt kapunk eredményül: $A_1 = 79,4$ amu és $A_2 = 2,16$ amu, amelyek közül A_2

nyilvánvalóan kémiaiilag irreleváns. Az $A_1 = 79,4$ amu megoldás esetén a harmonikus oszcillátor modell közelítő volta miatt nem kapunk teljesen pontos eredményt, mindazonáltal így is egyértelmű, hogy a két vegyület az **X** elem 79-es és $79 + 2 = 81$ -es tömegszámú izotópját tartalmazza. Ezek alapján az **X** nem lehet más, mint a bróm (Br), a két vegyület pedig a $^1\text{H}^{79}\text{Br}$ és a $^2\text{D}^{81}\text{Br}$.

A feladat alapvetően nem bizonyult nehéznek, viszont apróbb figyelmetlenségi hibákon kívül tipikus problémaként fordult elő egyrészt a redukált tömeg kiszámításának téves, moláris tömegekkel való értelmezése, másrészt a prócium és a hidrogén relatív atomtömegének azonosnak feltételezése. Egyetlen hibátlan, teljes értékű megoldás született, amelyet Mészárik Márk küldött be. Kiemelkedő volt még Botlik Bence Béla munkája is. Átlagpontszám: 7,71 pont.

(Baglyas Márton)

A 2017/2018. tanév pontversenyeinek végeredménye

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

Május 25-én minden kategória legjobb helyezettjei (kiegészülve a Keresd a kémiát! és a fordítási versenyek három-három legjobb megoldójával) ünnepélyes keretek között veszik át jutalmukat a Magyar Kémikusok Egyesülete elnökétől.

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

K pontverseny (9. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Simon Vivien Klaudia ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebő Péter	192,25
2	Debreczeni Dorina Bocskai István Gimnázium, Hajdúböszörmény	Németi Edit, Nagyné Dakos Tímea	160,5

K pontverseny (10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Ficsór István Dávid Kecskeméti Református Gimnázium	Tóth Imre	185
2	Garamvölgyi István Kecskeméti Református Gimnázium	Sároné Jéga-Szabó Irén	162,25

K pontverseny (11-12. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Kis Dávid Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, Pécs	Mostbacher Éva, Dr. Petz Andrea	185,25
2	Molnár Balázs Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét	Borsos Katalin	179,25
3	Takács Titanilla Révai Miklós Gimnázium, Győr	Csatóné Zsámbéky Ildikó	170,75

H pontverseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Kozák András ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebő Péter Sebőné Bagdi Ágnes	176,79
2	Fraknói Ádám Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekne Becz Beatrix	171,25
3	Botlik Bence Béla ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Villányi Attila	167,24