

GONDOLKODÓ



Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Tóth Albertné
toth.albertne@freemail.hu

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk 2010. április 1-ig postára adva:

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

Iryni János Gimnázium és Szakközépiskola
 4024 Debrecen
 Iryni utca 1

K126. Az „A” és „B” vegyület a CaCl_2 különböző kristályvíz tartalmú vegyülete. Az „A” vegyületben a Ca^{2+} -ion mennyisége 31,00 m/m%, a „B” vegyületben 18,26 m/m%. A 0°C –on telített oldataik Ca^{2+} -ionra nézve 13,45 m/m%-osak.

- Mi a két vegyület kristályvíz-anyagmennyiségének aránya?
- Határozd meg az „A” és „B” vegyületek oldhatóságát 0°C –on $m_A/100g$ víz és $m_B/100g$ víz egységben!
- Egyenértékű-e a következő két állítás (I. és II.) egymással? Miért?
 A Ca^{2+} -ion oldhatósága 100,00 g 0°C –os oldatban 13,45 gramm.
 86,55 gramm 0°C –os vízben 13,45 gramm Ca^{2+} -ion oldódik.

K127. Kísérleti berendezésben N_2 és H_2 reakcióját tanulmányozzák. A sztöchiometrikus gázelegy –az ugyanolyan állapotú-levegőre vonatkoztatott sűrűsége 0,293. A $\text{N}_2+3\text{H}_2\leftrightarrow 2\text{NH}_3$ egyensúlyra vezető

reakcióját T_1 és T_2 ($T_1 < T_2$) hőmérsékleten vizsgálva megállapították, hogy az egyensúlyi gázelegy levegőre vonatkoztatott sűrűsége T_1 hőmérsékleten 0,326, T_2 hőmérsékleten 0,379. Hányszor több N_2 molekula lépett reakcióba T_2 hőmérsékleten, mint T_1 -n?

K128. A táblázatban közölt információk alapján határozd meg, mi a kérdéses I., II., III -as jelű gáz!

Milyen reakciósorozattal lehet előállítani I \rightarrow III -as, majd a III \rightarrow II –es vegyületet? Írd fel a reakcióegyenleteket !

Írd le a III. vegyület biztonságára vonatkozó „R” és „S” mondatokat!

A II. gáz izzó magnéziummal hevesen reagál, fehér és fekete színű, szilárd halmazállapotú a keletkező végtermék. Értelmezd a reakciót !

Szemponatok:	I.	II.	III.
Relatív sűrűség	H_2 -re vonatkoztatva: 22	He-ra számítva : 11	CH_4 -ra nézve: 2,75
Éghetőség oxigénben	X	–	X
Égéséhez az O_2 anyagmennyiség aránya	1: 5	–	2: 5
Előfordulása a cigaretta-füstben	–	X	X
Vízben való oldódása	–	X	X
A vegyületben az oxigén $36\text{m/m}\%$ -nál nagyobb	–	X	X
A vegyületet alkotó atomok elektronegativitása	$\text{EN}_1= 2,1$ $\text{EN}_2= 2,5$	$\text{EN}_1= 2,5$ $\text{EN}_2= 3,5$	$\text{EN}_1= 2,1$ $\text{EN}_2= 2,5$ $\text{EN}_3= 3,5$
A molekulában meglévő legnagyobb kötőszög	$109,5^\circ$	180°	$109,5^\circ$

K129. Egy regionális kémiaverseny szervezői a laboratóriumi fordulóra titrálási feladatot terveztek, melyhez kb. $7,0\text{dm}^3$ térfogatú $0,1\text{mol/dm}^3$

koncentrációjú AgNO_3 mérőoldatra van szükség .A vegyszerkatalógusokat áttekintve két árajánlatot kellett fontolóra venni.

I./ A $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú AgNO_3 -oldat $1,0 \text{ dm}^3$ -es kiszerezésben 5370 forint*,

II./ Az $1,0 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú AgNO_3 -oldat $1,0 \text{ dm}^3$ -es kiszerezésben 38 025 forint .

Ez utóbbit a laboratóriumban desztillált vízzel hígítani kell, a deszt.víz előállítás költsége 500 Ft/liter.

Hány %-os költségmegtakarítás lehetséges köbdeciméterenként azáltal, hogy az $1,0 \text{ mol/dm}^3$ töménységű oldatot vásárolják meg, s a laboratóriumban készítenek belőle $0,1 \text{ mólos}$?

Nevez meg további 2 érvet, hogy miért az $1,0 \text{ mólos}$ oldatot célszerű vásárolni?!

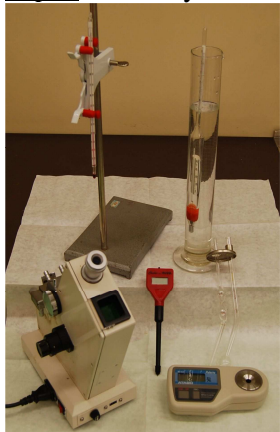
Nevez meg 2 indokot, hogy mi szólhat a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú AgNO_3 -oldat vásárlása mellett?

(* az árak az ÁFA-t nem tartalmazzák, s tájékoztató jellegűek)

K130. a) Milyen mennyiségeket ,és milyen egységben mérnek a következő laboratóriumi eszközök: **areométer, hőmérő, kaloriméter, konduktométer,**

pH-mérő,polariméter, refraktométer?Amennyiben ezeket a víz jellemző adatainak mérésére használtuk(standard körülmények között), milyen mérőszámokat kaptunk? A válaszokat foglalj össze táblázatosan!

Képek: néhány eszköz, ill. a refraktométer skálája hitelesítéskor



b) Vízben szőlőcukrot oldunk,s az oldatot is megvizsgáljuk a fenti módon. Mely eszközök mutattak nagyobb értéket a vízéhez képest? Volt-e kisebb érték a tiszta oldószerhez képest? Van-e egyezés?

c) Számos mérőműszerhez tartozik termosztát. Ennek mi a szerepe ?

d) $10,00 \text{ cm}^3$ híg sósavat desztillált vízzel $100,00 \text{ cm}^3$ –re tovább hígítunk. Hogyan, s hány egységgel változott a pH-ja ?

A verseny állása az első két forduló után:

Név	Iskola	I.ford.	II.ford	Össz.
Bacza Alexandra	Kaposvár,Táncsics G.	11	—	11
Bajnok Eszter	Bp.Fazekas M.Gimn.	23	22	45
Bali Dominika	Bonyhád,Evang.Gimn.	10	8	18
Bánóczy Lili	Kaposvár,Táncsics G.	11	—	11
Bókon András	Sopron, Szt.Orsolya G.	—	18	18
Erdősi Réka	Bonyhád,Evang.Gimn.	—	5	5
Farkas Eszter	Bonyhád,Evang.Gimn.	11	5	16
Horváth Benjámin	Kaposvár,Táncsics G.	11	7	18
Hunka Balázs	Kaposvár,Táncsics G.	7	10	17
Jenei Márk	Bp.Fazekas M.Gimn.	18	19	37
Kosztich Anna	Kaposvár,Táncsics G.	12	—	12
Kőműves Boglárka	Bonyhád,Evang.Gimn.	11	11	22
Lauter Dóra	Dabas, Táncsics Gimn.	19	—	19
Lövi Vilmos	Kaposvár,Táncsics G.	6	15,5	21,5
Magyar Ceália	Kaposvár,Táncsics G.	4	—	4
Magyari Sarolt	Bp.Fazekas M.Gimn.	24	21	45
Nagy Fruzsina	Bp.Fazekas M.Gimn.	—	22,5	22,5
Rutkai Zsófia Réka	Bp.Jedlik Ányos Gimn.	24	23	47

Szécsényi Andrea	Bonyhád, Evang. Gimn.	—	13,5	13,5
Szira Flóra	Kaposvár, Táncsics G.	2	—	2
Vámi Tamás Álmos	Bonyhád, Evang. Gimn.	19	23	42
Zakariás Fanni	Kaposvár, Táncsics G.	—	17	17
Versenyző*(név nélküli)	Sopron, Szt. Orsolya G.	—	23,5	23,5

Feladatok haladóknak

Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd
(gmagyarf@chem.elte.hu, szilard.varga@bolyai.elte.hu)

Megoldások

H116.

A megoldás során szükségünk lesz a víz, a bárium-klorid és a bárium-szulfát moláris tömegére: $M(\text{H}_2\text{O})=18 \text{ g/mol}$, $M(\text{BaCl}_2)=208,3 \text{ g/mol}$, $M(\text{BaSO}_4)=233,3 \text{ g/mol}$. A kristályvizes bárium-klorid képlete legyen $\text{BaCl}_2 \cdot n \text{ H}_2\text{O}$.

A feladat értelmezésében egy fontos gondolat, hogy a kísérletekben a kristályvizes só mindig telített oldatokkal van egyensúlyban. Az első kísérletben a kiindulási vízmennyiség a feloldódott kristályvizes só víztartalmával növekszik, míg a második esetben a kiindulási vízmennyiség egy része átmeleg a szilárd fázisba kristályvíz formájában.

Az első kísérletben 10,00 gramm kristályvizes bárium-kloridot alkalmaztunk. Az oldatban maradó BaCl_2 -ből azonos anyagmennyiségű BaSO_4 keletkezik híg kénsav hatására, így az oldatba került BaCl_2 anyagmennyisége: $4,261/233,3=0,01826 \text{ mol}$, melynek tömege $0,01826 \cdot 208,3 \text{ g}=3,8044 \text{ g}$. Az oldódáskor a BaCl_2 mellett a kristályvízből „beoldódó” vízmennyiség is a folyadék fázis tömegét fogja növelni. A BaCl_2 -dal együtt $0,01826 \cdot n$ mólnyi víz került az oldatba, melynek tömege: $0,01826 \cdot 18 \cdot n \text{ g}=0,3288 \cdot n \text{ g}$. Az oldat tömege az eredeti vízmennyiség (10,00 g) és a beoldódott kristályvizes bárium-klorid (BaCl_2 + kristályvíz) tömegének összege: $10,00 \text{ g} + 3,8044 \text{ g} + 0,3288 \cdot n \text{ g}$, melyből felírható a

telített oldat tömegszázalékos BaCl_2 -tartalma (a mennyiségek grammban értendők):

$$w = \frac{3,8044}{13,8044 + 0,3288 \cdot n}$$

A második kísérletben hasonló elgondolásokkal $3,525/233,3 \text{ mol}=0,01511 \text{ mol}$ BaCl_2 volt az oldatban (ez megfelel $0,01511 \cdot 208,3 \text{ g}=3,1473 \text{ g}$ oldott anyagnak), míg a BaCl_2 összmennyisége $10/208,3 \text{ mol}=0,0480 \text{ mol}$. Így a kettő közötti különbség, $0,0480 \text{ mol}-0,01511 \text{ mol}=0,0329 \text{ mol}$ a szilárd fázisban maradt, természetesen kristályvizes formában. Ennek tömege így $0,0329 \cdot (208,3+18 \cdot n) \text{ g}$, az oldat tömege pedig adódik a kiindulási össztömeg (20 g) és a kristályvizes bárium-klorid tömegének a különbségeként: $20 \text{ g}-0,0329 \cdot (208,3+18 \cdot n) \text{ g}=13,1473 \text{ g}-0,5922 \cdot n \text{ g}$. Így ismét felírható a tömegszázalékos összetétel:

$$w = \frac{3,1473}{13,1473 - 0,5922 \cdot n}$$

Mindkét kísérletben természetesen ugyanaz a telített oldat tömegszázalékos összetétele, így felírható a következő egyenlet:

$$\frac{3,8044}{13,8044 + 0,3288 \cdot n} = \frac{3,1473}{13,1473 - 0,5922 \cdot n}$$

Az egyenletet megoldva: $n = 1,999 \approx 2$, tehát a kristályvizes bárium-klorid képletel: $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$. Az egyenletből adódik, hogy a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on telített oldat 26,3 tömeg% BaCl_2 -ot tartalmaz.

A harmadik kísérletből megállapítható a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -on telített BaCl_2 -oldat tömeg%-os összetétele. A BaSO_4 csapadék tömegéből az oldat BaCl_2 -tartalma: $6,453/233,3 \text{ mol}=0,02766 \text{ mol}$, mely $0,02766 \cdot 208,3 \text{ g}=5,7616 \text{ g}$. Hasonlóan a kiindulási BaCl_2 mennyiség: $10/(208,3+18 \cdot 2) \text{ mol}=0,04093 \text{ mol}$. Így szilárd fázisban maradt $0,04093 \text{ mol}-0,02766 \text{ mol}=0,01327 \text{ mol}$, melynek tömege $0,01327 \cdot (208,3+18 \cdot 2) \text{ g}=3,2427 \text{ g}$. A sóval egyensúlyban lévő oldat tömege: $20 \text{ g}-3,2427 \text{ g}=16,7573 \text{ gramm}$, így a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -os oldatban a BaCl_2 tömegszázaléka: $5,7616/16,7573 = 0,344=34,4 \%$.

A feladat második részét legkönnyebben úgy oldhatjuk meg, ha egy ismeretlen mennyiségű (x gramm tömegű) $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -on telített oldatból

indulunk ki. A célként szereplő 100,0 g kristályos bárium-kloridban $100/(208,3+18\cdot 2)\cdot 208,3\text{ g}=85,26\text{ g BaCl}_2$ és 14,73 g víz van. Az $x\text{ g}$ tömegű 80 °C-on telített oldatot 20 °C-ra hűtünk, ekkor kiválik 100,0 g kristályvíz tartalmú bárium-klorid (ebben 85,26 g a BaCl_2 tömege) és marad $(x-100)\text{ g}$ 20 °C-on telített oldat. Így a megfelelő összetételekkel a következő egyenletet lehet felírni a bárium-klorid tartalomra:

$$0,344 \cdot x = 0,263 \cdot (x - 100) + 85,26$$

Az egyenlet megoldása: $x = 730,5\text{ g}$ 80 °C-on telített oldat. Ebben van $0,344\cdot 730,5\text{ g}=251,2\text{ g BaCl}_2$, melynek tömege a kristályvízes formára átszámítva: $251,2/208,3\cdot(208,3+18\cdot 2)=294,6\text{ g}$. Az oldat és a kristályvízes só tömegének különbségeként adódik az oldat készítéséhez használt víz tömege: $730,5\text{ g}-294,6\text{ g}=435,9\text{ g}$. Tehát 294,6 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{ H}_2\text{O}$ -ból és 435,9 g vízből kell 80 °C-on telített oldatot készíteni, hogy azt lehűtve 100,0 g kristályvízes bárium-kloridot tudjunk előállítani.

A beérkezett feladatok között sok a szép, gondos munka. Voltak, akik viszonylag hosszadalmasan oldották meg a feladatot, ám érkeztek igen frappáns megoldások is. Annak ellenére, hogy a feladat megoldása során igen sok számítást kell elvégezni, az eredmények általában igen pontosak.

Benkő Zoltán

H117.

Az ionok koncentrációi:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3, \quad [\text{Mg}^{2+}] = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3,$$

$$c_{\text{HCO}_3^-} = 6,56 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

a) El kell dönteni, hogy az először MgCO_3 -ra vagy Mg(OH)_2 -ra válik-e telítetté:

Ha Mg(OH)_2 -ra telítődik először az oldat:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{L_{\text{Mg(OH)}_2}}{[\text{Mg}^{2+}]}} \Rightarrow \text{pH} = 10,11$$

$$\alpha_{\text{H}(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} + \frac{[\text{H}^+]}{K_2 K_1} = 2,607$$

Feltétel ellenőrzése:

$$[\text{Mg}^{2+}]c_{\text{HCO}_3^-} = 7,015 \cdot 10^{-6} < L_{\text{MgCO}_3} \alpha_H = 2,606 \cdot 10^{-5},$$

tehát a feltétel igaz, az oldat pH=10,11-nél válik telítetté

Mg(OH)_2 -ra. (2 pont)

b) Az előzőekből látható, hogy a Mg-csapadékok közül először a hidroxid válik le. Az oldhatósági szorzatokból látható, hogy a Mg(OH)_2 biztosan előbb válik le, mint a Ca(OH)_2 , és a CaCO_3 biztosan előbb válik le, mint a MgCO_3 . Tehát el kell dönteni, hogy Mg(OH)_2 -ra vagy CaCO_3 -ra válik telítetté először az oldat. Ha a CaCO_3 válik le először, akkor a küszöb pH: A pont telített oldatban:

$$[\text{Ca}^{2+}]c_{\text{HCO}_3^-} = 1,033 \cdot 10^{-5} = L_{\text{CaCO}_3} \alpha_H \Rightarrow \alpha_H = 2151,52$$

$$2151,52 = 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_2 K_1} \Rightarrow \text{pH} = 7,07$$

Tehát a küszöbérték pH=7,07, mivel itt még a Mg(OH)_2 nem válik le, a Ca(OH)_2 pedig nyilván nem válhat le a fent említett ok miatt. (4 pont)

c) $[\text{Mg}^{2+}]c_{\text{HCO}_3^-} = 7,015 \cdot 10^{-6} < L_{\text{MgCO}_3}$, **tehát az oldat soha nem válik**

telítetté MgCO_3 -ra. (1 pont)

d) Az előző számításokból kiderül, hogy ezen a pH-n csak CaCO_3 válik le. Ha $x\text{ mol/dm}^3$ -nek megfelelő csapadék válik ki:

$$[\text{Ca}^{2+}] = (1,58 \cdot 10^{-3} - x) \text{ mol/dm}^3$$

$$c'_{\text{HCO}_3^-} = (6,56 \cdot 10^{-3} - x) \text{ mol/dm}^3$$

$$L_{\text{CaCO}_3} \alpha_H = 1,028 \cdot 10^{-6} = (1,58 \cdot 10^{-3} - x)(6,56 \cdot 10^{-3} - x)$$

$$\Rightarrow x = 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1,99 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 2,42 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 5,04 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = 1,20 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Az egyéb ionok koncentrációi az eredeti oldatával azonosak. **(3 pont)**
Klencsár Balázs

H118.

Megmutatjuk, hogy egyértelmű függvénykapcsolat áll fenn az oldat tömegszázalékos NaN_3 -tartalma (w), az oldattal egyensúlyban lévő légtér HN_3 -tartalma (φ) és az oldat hidrogénion-koncentrációja ($[\text{H}^+]$) között. A számolás során kihasználjuk, hogy az oldat viszonylag híg, ezért sűrűsége a vízával megegyezik.

$$w = \frac{100m_{\text{NaN}_3}}{m_{\text{oldat}}} = \frac{100M_{\text{NaN}_3} n_{\text{NaN}_3}}{m_{\text{oldat}}} = \frac{100M_{\text{NaN}_3} n_{\text{NaN}_3}}{V_{\text{oldat}} \rho_{\text{oldat}}} =$$

$$= \frac{100M_{\text{NaN}_3} c_{\text{NaN}_3} V_{\text{oldat}}}{V_{\text{oldat}} \rho_{\text{oldat}}} = \frac{100M_{\text{NaN}_3} c_{\text{NaN}_3}}{\rho_{\text{oldat}}}$$

$$c_{\text{NaN}_3} = [\text{N}_3^-] + [\text{HN}_3] = [\text{HN}_3] \left(1 + \frac{[\text{N}_3^-]}{[\text{HN}_3]} \right) = [\text{HN}_3] \left(1 + \frac{K_a}{[\text{H}^+]} \right)$$

$$K_H = \frac{p_{\text{HN}_3}}{[\text{HN}_3]} = \frac{10^{-6} p_0 \varphi}{[\text{HN}_3]}$$

Innen:

$$\varphi = \frac{10^6 K_H [\text{HN}_3]}{p_0} = \frac{10^6 K_H c_{\text{NaN}_3}}{p_0 \left(1 + \frac{K_a}{[\text{H}^+]} \right)} = \frac{10^4 K_H \rho_{\text{oldat}} w}{p_0 M_{\text{NaN}_3} \left(1 + \frac{K_a}{[\text{H}^+]} \right)}$$

Behelyettesítve a

$$K_H = 133,322 \cdot 84 \text{ Pa dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ Pa dm}^3 \text{ mol}^{-1},$$

$$\rho_{\text{oldat}} = 1000 \text{ g/dm}^3, p_0 = 101,3 \text{ kPa}, M_{\text{NaN}_3} = 65,0 \text{ g/mol},$$

$$K_a = 6,46 \cdot 10^{-8} \text{ értékeket:}$$

$$\varphi = \frac{17008w}{1 + \frac{6,46 \cdot 10^{-8}}{[\text{H}^+]}}$$

- a) Már első ránézésre feltűnik, hogy a HN_3 gyenge sav, ezért $\text{pH} = 3$ esetén túlnyomórészt protonált formában van jelen az oldatban. Ez a HN_3 folyadék- és gázfázis közti megoszlását erősen a jobb oldal felé tolja el.

Behelyettesítve $w = 0,1 \text{ m/m}\%$ -ot, $\varphi = 1700 \text{ ppm}$ -et kapunk, ami nagyobb, mint a kritériumként megadott 1 ppm . Látható, hogy a feladat teljesíthetlensége csakis a viszonylag alacsony pH -n múlik.

- b) Tekintsük azt az esetet, amikor az 1-2. feltételek teljesülnek! A fenti számítás alapján

$$c_{\text{NaN}_3} = [\text{N}_3^-] + [\text{HN}_3] = [\text{N}_3^-] \left(1 + \frac{[\text{HN}_3]}{[\text{N}_3^-]} \right) = [\text{N}_3^-] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a} \right)$$

$$\text{és } w = \frac{100M_{\text{NaN}_3} c_{\text{NaN}_3}}{\rho_{\text{oldat}}}, \text{ ahonnan } c_{\text{NaN}_3} = 0,0154 \text{ mol/dm}^3 \text{ és}$$

$$[\text{N}_3^-] = \frac{0,01 \rho_{\text{oldat}} w}{M_{\text{NaN}_3} \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a} \right)} = 9,94 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3. \text{ A citromsav-}$$

tartalmat a töltésmérlegből számítjuk ki, amihez ismernünk kell a citrát-specieszek eloszlását:

$$[\text{H}_3\text{A}]:[\text{H}_2\text{A}^-]:[\text{HA}^{2-}]:[\text{A}^{3-}] = \frac{[\text{H}^+]^3}{K_1 K_2 K_3} : \frac{[\text{H}^+]^2}{K_2 K_3} : \frac{[\text{H}^+]}{K_3} : 1 =$$

$$= 15964 : 13889 : 250 : 1.$$

$$\alpha_H = 15964 + 13889 + 250 + 1 = 30104$$

Innen a töltésmérleg, majd a citrát, végül a citromsav-koncentráció:



$$10^{-3} + 1,54 \cdot 10^{-2} = (13889 + 500 + 3)[\text{A}^{3-}] + 9,93 \cdot 10^{-7} + 10^{-11}$$

$$[\text{A}^{3-}] = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ M.}$$

$$c_{\text{citromsav}} = [\text{H}_3\text{A}] + [\text{H}_2\text{A}^-] + [\text{HA}^{2-}] + [\text{A}^{3-}] = \alpha_{\text{H}} [\text{A}^{3-}] = 3,43 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3.$$

Tekintsük most azt az esetet, amikor a 2-3. feltétel teljesül: $w = 0,1 \text{ m/m\%}$ -ot, $\varphi = 1 \text{ ppm}$. A kapott egyenletbe helyettesítve innen $[\text{H}^+] = 3,80 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$, azaz $\text{pH} = 10,42$ adódik. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az összes azid-, illetve citrát-speciesz deprotonált formában van jelen: $[\text{N}_3^-] \approx c_{\text{NaN}_3} = 1,54 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$, $c_{\text{citromsav}} = [\text{A}^{3-}]$,

$\alpha_{\text{H}} = 1$. A töltésmérleg:



$$3,80 \cdot 10^{-11} + 1,54 \cdot 10^{-2} = 3[\text{A}^{3-}] + 1,54 \cdot 10^{-2} + 2,63 \cdot 10^{-4}$$

Itt a citrátionok koncentrációja negatívnak adódik, ez az eset tehát nem lehetséges.

Foglalkozunk végül azzal az esettel, amely során az 1. és a 3. feltétel teljesül: $[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, $\varphi = 1 \text{ ppm}$.

A kapott egyenlet alapján $w = 5,88 \cdot 10^{-5} \text{ m/m\%}$. Innen

$$c_{\text{NaN}_3} = 9,05 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \text{ és } c_{\text{NaN}_3} = [\text{N}_3^-] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a} \right) \text{ alapján}$$

$$[\text{N}_3^-] = 5,85 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

A specieszeloszlás ismeretében:



$$10^{-3} + 9,05 \cdot 10^{-6} = (13889 + 500 + 3)[\text{A}^{3-}] + 5,84 \cdot 10^{-10} + 10^{-11}$$

$$[\text{A}^{3-}] = 7,01 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3.$$

$$c_{\text{citromsav}} = [\text{H}_3\text{A}] + [\text{H}_2\text{A}^-] + [\text{HA}^{2-}] + [\text{A}^{3-}] = \alpha_{\text{H}} [\text{A}^{3-}] = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3.$$

Feltételek	w_{NaN_3}	$c_{\text{citromsav}} / \text{mol dm}^{-3}$	pH	$c_{\text{HN}_3} / \text{ppm}$	Probléma
1.,2.	0,10	$3,43 \cdot 10^{-2}$	3,00	$1,70 \cdot 10^3$	A levegő HN_3 -szintje túl magas.
2.,3.	(0,10)	-	(10,42)	(1,00)	Nem megvalósítható.
3.,1.	$5,88 \cdot 10^{-5}$	$2,13 \cdot 10^{-3}$	3,00	1,00	Túl híg az oldat NaN_3 -ra nézve

A feladat a vártnál nehezebbnek bizonyult. A pontátlag 6,1 pont volt. Hibátlanul oldotta meg a feladatot Babinszki Bence (Petőfi Sándor Gimnázium), Najbauer Eszter Éva (Pécs, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma) és Sveiczler Attila (Budapest, Eötvös József Gimnázium). A feladat a) része 2 pontot ért, a b) rész azon alrész, amely ugyanazzal az esettel foglalkozik, mint az a) rész, szintén 2 pontot ért, a másik két alrész 3-3 pontot. Ezen belül a citromsavkoncentrációk számításáért 1,5 pontot, a levegő HN_3 -tartalmának, illetve az oldat NaN_3 -tartalmának számításáért 1 pontot, az indoklásokért 0,5 pontot lehetett kapni. Számolási hibákért fél-fél pontot vontam le, ha a gondolatmenet nem tartalmazott elvi hibát. Az értékes jegyek helytelen használatáért (mindenhol három értékes jegyre vártam a megoldást) maximum fél pontot vontam le. Tipikus hiba volt a töltésmérlegekben a $[\text{Na}^+]$ elhagyása, illetve a $c_{\text{NaN}_3} = [\text{N}_3^-]$ egyenlőség feltételezése (az összkoncentráció és a specieszkoncentráció egybemosása). Sokan vesztek pontot azért, mert egyáltalán nem indokolták meg, miért nem létezhet bázikus oldat a b) rész 2. esetében ebben az esetben. A legtöbb versenyző nem írta le egyértelműen, hogy mi nem stimmel a b) rész egyes eseteiben, sokan pedig egyszerűen megfeledeztek arról, hogy minden egyes esetben ki kell számolni a citromsav és a nátrium-azid összkoncentrációját.

Komáromy Dávid

H119.

Az oldódás során fejlődő H_2 anyagmennyiségének számítása:

$$m(\text{víz}) = 4,26 \cdot 10^{-2} \text{ kg}; \Delta T = 12 \text{ }^\circ\text{C}; c(\text{víz}) = 4,196 \text{ kJ/(kg }^\circ\text{C)}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 2,145 \text{ kJ}$$

Ez $2,145/(285,8) \text{ mol} = 7,505 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ vizet jelent, tehát $7,505 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ H_2 fejlődött.

EDTA-s titrálás:

A $0,2332 \text{ g}$ anyagra ($200/10 \cdot 18,57 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02021$) $\text{mol} = 7,506 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ EDTA fogyna, amely éppen megegyezik a fejlődött H_2 mennyiségével. Ezek alapján feltételezhető, hogy az anyag olyan fémek ötvöze, melyekből sósavas oldódás során a fémmel megegyező mennyiségű hidrogéngáz fejlődik. (Tehát két vegyértékű fémek ötvöze.) Az anyag átlagos moláris tömege: $M(\text{átl.}) = 0,2332 \text{ g} / 7,505 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 31,07 \text{ g/mol}$. A kapott érték, illetve a titrálási körülmények alapján sejthető, hogy az ötvözet tartalmaz magnéziumot (hiszen kell egy $31,07 \text{ g/mol}$ -nál kisebb moláris tömegű, a fenti feltételeknek megfelelő fém), valamint kalciumot.

Az ötvözetben a két fém anyagmennyiségének aránya:

$$x \cdot 24,31 \text{ g/mol} + y \cdot 40,08 \text{ g/mol} = 31,07 \text{ g/mol}$$

Ebből x/y -ra $4/3$ -ot kapunk.

A fentiek alapján:

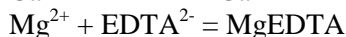
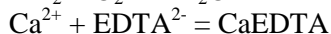
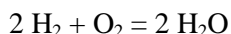
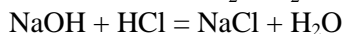
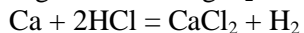
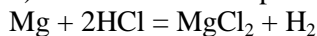
a) A sósavas oldás során $2 \cdot 7,505 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,501 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ sav fogyott, a felesleg: $2,012 \cdot 10^{-2} - 1,501 \cdot 10^{-2} \text{ mol} = 5,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

$$(5,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) / (1,501 \cdot 10^{-2} \text{ mol}) \cdot 100\% = 34,0\%$$

b) $V(\text{NaOH}) = 5,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / (0,1995 \text{ mol/dm}^3) = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3 = 25,6 \text{ cm}^3$.

c) Az anyag tapasztalati képlete: Ca_3Mg_4 . Tömegszázalékos összetétele: $55,3 \text{ m/m}\%$ Ca és $44,7 \text{ m/m}\%$ Mg.

d) A feladatban szereplő reakciók egyenletei:



e) Pontosabb titrálás érdekében mérhetjük 12-es pH-n murexid indikátor mellett a Ca^{2+} -ionok mennyiségét, illetve 10-es pH-n eriokrómfeketeT mellett a két ion együttes mennyiségét. Így nem csak a két ion anyagmennyiségének összegére kapunk információt, hanem külön az egyes ionok mennyiségére is.

A feladatra összesen 19 megoldás érkezett. A pontszámok átlaga: 7,5. Hibátlan megoldást küldött be: Babinszki Bence, Najbauer Eszter Éva, Pócs Eszter Sarolta és Sebő Anna.

Vörös Tamás

H120.

A levegő átlagos moláris tömege $28,82 \text{ g/mol}$, tehát 100 g levegő $3,47 \text{ mol}$ anyagot tartalmaz, amiből $2,776 \text{ mol N}_2$ ($77,78 \text{ g}$) és $0,694 \text{ mol O}_2$ ($22,21 \text{ g}$). A kiindulási anyagok tömege $110,00 \text{ g}$, ha ebből levonjuk a gázmosókon megkötődött tömeget, akkor a gázelegy tömegének $88,58 \text{ g}$ -ot kapunk. Tegyük fel, hogy az égés során nem keletkezett N_2 . Ekkor a gázelegy $77,78 \text{ g N}_2$ -t és $10,80 \text{ g}$ másik anyagot tartalmaz. Ez a $10,8 \text{ g}$ a gázelegy tömegének a $12,2\%$ -a, tehát az égés során nem keletkezett N_2 és a keletkezett gázelegy $10,8 \text{ g}$ ($0,3374 \text{ mol}$) O_2 -t tartalmaz.

Az égés során keletkezett gázelegy $n = 110 \text{ g} / 29,24 \text{ g/mol} = 3,762 \text{ mol}$ gázt tartalmaz.

A tömény kénsavas gázmosó a vizet, a $\text{Ba}(\text{OH})_2/\text{H}_2\text{O}_2$ -os gázmosó a CO_2 -ot és az esetlegesen keletkező SO_2 -ot kötheti meg. A keletkezett víz $0,3243 \text{ mol}$, vagyis $0,6486 \text{ mol H}$ van a vegyületben. A $\text{Ba}(\text{OH})_2/\text{H}_2\text{O}_2$ -os gázmosón elnyelt gáz(ok) anyagmennyisége $n = 3,762 - 2,766 - 0,3243 - 0,3374 = 0,3243 \text{ mol}$. Ez(ek) tömege $15,574 \text{ g}$, az átlagos moláris tömeg $M_{\text{á}} = 48,02 \text{ g/mol}$, tehát az égés során a CO_2 mellett SO_2 is keletkezett. Jelöljük a keletkezett CO_2 anyagmennyiségét x -szel, a SO_2 -ét y -nal. Ekkor:

$$44,01 \cdot x + 64,06 \cdot y = 15,574$$

$$x + y = 0,3243$$

Ebből $x = 0,2594 \text{ mol CO}_2$ (a vegyületben lévő C), $y = 0,0649 \text{ mol SO}_2$ (a vegyületben lévő S).

Az anyagunkat alkotó atomok tömege:

$m = 0,2594 \cdot 12,01 + 0,6486 + 0,0649 \cdot 32,06 = 5,844 \text{ g}$, tehát a vegyület O-t is tartalmazott.

A vegyületben levő O:

$$m = 10 - 0,2594 \cdot 12,01 - 0,6486 - 0,0649 \cdot 32,06 = 4,156 \text{ g}$$

$$n = 4,156 \text{ g} / 16 \text{ g/mol} = 0,2597 \text{ mol}$$

Tehát a vegyületben lévő alkotóelemek aránya:

$\text{C}:\text{H}:\text{S}:\text{O} = 0,2594 : 0,6486 : 0,0649 : 0,2597 = 4 : 10 : 1 : 4$. A vegyület $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{SO}_4$.

A vegületben lévő kén oxidációs száma nem lehet 4-nél nagyobb, mivel a keletkezett égéstermék SO_2 -ot tartalmaz (S +4). Oxidatív közegben pedig nem csökkenhet a kén oxidációs száma.

Sokféle szerkezeti képletet írhatunk fel; a vegület lehet szulfoxid, szulfon, szulfinsav, szulfonsav, szulfonsavészter, tiol stb. Arra kell ügyelni, hogy nem lehet kénsavészter-származék.

Lehetséges szerkezetek az ismeretlen vegületre: $\text{CH}_3\text{-SO-O-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-O-CH}_3$, $\text{CH}_3\text{-O-(CH}_2\text{)}_3\text{-SO}_3\text{H}$, $\text{CH}_2\text{(OH)-CH(OH)-O-CH(SH)-CH}_2\text{-OH}$

A feladatra 11 megoldás érkezett, a pontátlag 5,14. Közel hibátlan megoldást küldött be Najbauer Eszter Éva, Pócs Eszter Sarolta és Szigetvári Áron.

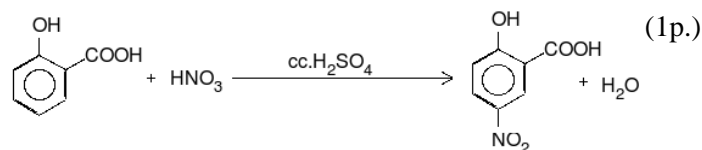
Sarka János

HO-52.

a.) Nátrium-szalicilát oldat alkalmazása azért volt szükséges, mert a nitrátion spektrofotometriásan közvetlenül nem határozható meg, ezért UV-látható tartományban elnyelő vegületet kell belőle készíteni.

Az ivóvíz nitrát tartalma bepárlás során a főzőpohár alján marad só formájában a nátrium-szaliciláttal együtt. Tömény kénsav hatására a nátrium-szalicilát szalicilsavvá alakul, amely a tömény kénsavas-nitrátos (s így salétromsavas) közegben nitrálódik, mononitro-származékká alakul. Ennek a nitrált szalicilsavnak 410nm-en van elnyelése, ezt mérjük. (az oldat szép sárga, tehát kék fényt nyel el) (1p.)

Reakcióegyenlet:

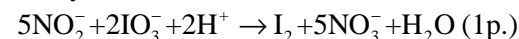


b.) Igen, zavarta volna a meghatározást nitritionok jelenléte, mert a nitráttal a tömény kénsavas közegben nitrogén-dioxidot képez, ami elillan.

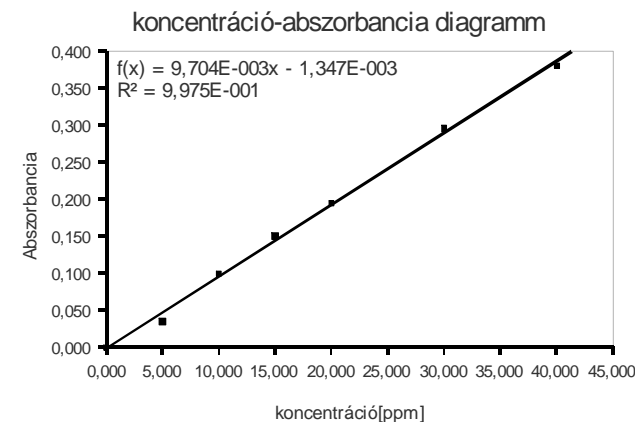


„Salétromsavgyártás fordítottja.” (1p.)

Érzékeny módszer nitrit jelenlétének illetve távollétének bizonyítására az a reakció, mely során a nitrit jódát ionokkal savas közegben jódot képez, ami keményítőoldattal kitűnően indikálható.



c.) A kalibrációs függvényeket a ténylegesen készített kalibrációs oldatkonzentrációk alapján készítettem el, ezt megtehettem, bár a küvettában levő koncentráció csak tizede a kalibráló oldaténak, de az nem baj, mivel mindegyik esetben ugyanannyi-szoros a hígítás. Egy eset azonban kivételes, ez pedig az „éles” mérés, mivel itt a csapvíz 10 ml-ével játszottuk el ugyanazt, mint amit a kalibráló sorozatbeli oldatok 5-5ml-eivel, ezért **amikor a minta nitrát-ion koncentrációját számítjuk a kalibrációs egyenes szerint adódó érték felét kell vennünk (hiszen kétszeres volt a bemérés).**



A diagrammról leolvasható a koncentráció és abszorbanca közötti összefüggés.

$$A = 9,704 \cdot 10^{-3} \cdot c - 1,347 \cdot 10^{-3} \rightarrow c = \frac{A + 1,347 \cdot 10^{-3}}{9,704 \cdot 10^{-3}}$$

Ezen összefüggéssel a z M1, M2 és M3 minták nitrát koncentrációja 21,78ppm, 21,26ppm és 23,33ppm lenne, de ezen értékeket még átlagolni és **felezni kell**, így kapunk **11,06ppm**-et eredményül. (4p.)

11,16ppm < 50ppm → A fenti ivóvízminta megfelel az előírásoknak (2p.)

A pontátlag 5,87, maximálisan elérhető 10 pontból legtöbbet (9 pontot) 3 tanuló ért el. Volt még 3db 6 pontos dolgozat, a legrosszabb 2 db 2 pontos megoldás volt. A feladat egy valós mérés eredményeit dolgozza fel. Többen jelezték a hibát a ppm mennyiséggel kapcsolatban. Ez egy szabványosított mérés, így a leiratban foglaltak szerint fogalmaztam, a ppm itt mg/l-t jelentett.

A b.) pontra több alternatív, de jó megoldást is elfogadtam. A legtöbben a Griess-Ilosvay reagenst alkalmazták, valamint a „barna gyűrű próba” nitrites változatát. Ezeket elfogadtam, ha helyes volt a hozzá tartozó reakcióegyenlet. Megjegyzendő azonban, hogy a Griess-Ilosvay próbát néhány más ion is adja. Elfogadtam azt a reakciót is, mely során a nitrítellel permanganát oldatot színtelenítünk el. Ez teljesen alkalmatlan meghatározás (nagyon kis koncentrációjú permanganátnak nem látszik a színe, a sok permanganát meg könnyen feleslegbe kerül, ezáltal a halványodása nem látszik).

A c.) pontot a jobbak ott szűrték el, hogy a végén nem felezték meg a kapott koncentrációt. Mások az abszorbanciákat átlagolták és átlagolt koncentrációval osztottak, ez helytelen. Azt is elfogadtam, ha valaki minden esetre kiszámolta a moláris abszorpciókoefficiensét és azt átlagolva számolt tovább.

Lovas Attila

HO-53.

a) Látható, hogy az abszorbancia az X ligandum esetén akkor a legnagyobb, amikor a vas „móltörtje” 0,25. Ekkor van a Fe^{2+} és az X ligandum éppen a komplexüknek megfelelő arányban, vagyis az X komplexképző esetében egy fémionhoz 3 ligandum tartozik.

Ehhez hasonlóan az abszorbancia az Y ligandum esetén akkor a legnagyobb, amikor a vas „móltörtje” 0,20. Ekkor van a Fe^{2+} és az Y ligandum éppen a komplexüknek megfelelő arányban, vagyis az Y komplexképző esetében egy fémionhoz 4 ligandum tartozik.

b) Az alábbi egyenletek írhatók fel:

$$0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 = [\text{FeX}_3] + [\text{FeY}_4]$$

$$[\text{X}] = 0,5 \cdot c(\text{X})_0 - 3 \cdot [\text{FeX}_3]$$

$$[\text{Y}] = 0,5 \cdot c(\text{Y})_0 - 4 \cdot [\text{FeY}_4]$$

$$A_0 = E_1 \cdot l \cdot [\text{FeX}_3] + E_2 \cdot l \cdot [\text{FeY}_4]$$

$$\beta_1/\beta_2 = ([\text{FeX}_3] \cdot [\text{Y}]^4) / ([\text{FeY}_3] \cdot [\text{X}]^3)$$

A teljesen általános formulában a számláló:

$$\left(\frac{A_0/l - 0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 \cdot E_2}{E_1 - E_2} \right) (0,5 \cdot c(\text{Y})_0 - 4 \cdot (0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 - (A_0/l - 0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 \cdot E_2) / (E_1 - E_2)))^4$$

A teljesen általános formulában a nevező:

$$(0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 - (A_0/l - 0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 \cdot E_2) / (E_1 - E_2)) \cdot (0,5 \cdot c(\text{X})_0 - 3 \cdot (0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 - (A_0/l - 0,5 \cdot c(\text{Fe(II)})_0 \cdot E_2) / (E_1 - E_2)))^3$$

c) Az előző képletbe behelyettesítve a konkrét adatokat:

$$\beta_1/\beta_2 = 0,712$$

d) A kívánt $c(\text{Fe(II)})_{0\text{max}}$ koncentrációértéket akkor érjük el, amikor gyakorlatilag az oldatban lévő összes X és Y ligandum is komplexbe került. Ezt követően a fémion koncentrációt növelve az abszorbancia értéke már nem nő.

$$c(\text{Fe(II)})_{0\text{max}} = c(\text{X})_0/3 + c(\text{Y})_0/4 = 0,583 \text{ mol/dm}^3$$

e) 1. eset:

$$[\text{A}^-] := x, [\text{HA}] = 0,1 - x, [\text{H}^+] = x$$

$$\text{Ekkor felírható: } 2,41 = (0,1 - x) \cdot 23,41 \cdot 1,005 + x \cdot 34,59 \cdot 1,005$$

$$\text{Ebből } x = 5,10 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3. \text{ pH}_1 = 2,29 \text{ } K_1 = 2,74 \cdot 10^{-4}$$

2. eset:

$$[\text{A}^-] := y, [\text{HA}] = 0,1 - y, [\text{H}^+] = y$$

$$\text{Ekkor felírható: } 0,251 = (0,01 - y) \cdot 23,41 \cdot 1,005 + y \cdot 34,59 \cdot 1,005$$

$$\text{Ebből } y = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3. \text{ pH}_2 = 2,85 \text{ } K_2 = 2,28 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{A tényleges } K \text{ érték } K_1 \text{ és } K_2 \text{ átlaga: } K = 2,51 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{A protonálódási állandó értéke: } \beta = 1/K = 3984.$$

A feladatra összesen 13 megoldás érkezett. A pontszámok átlaga: 7,4. Hibátlan megoldást küldött be: Benedek Zsolt.

Vörös Tamás

HO-54.

Milyen atomokat tartalmazhat **A**? A reakciósorból látszik, hogy mindenféle atomokat „beviszünk” az **A** molekulába, majd eljutunk **G**-hez. A **G**→**H** reakcióban kizárólag egy hidroxilcsoportot cseréltünk Cl-atomra (ez a sémából kiolvasható), majd innen inert atmoszférában, Zn-porral való főzés hatására kaptuk **J**-t, amely csak szén- és hidrogénatomokat tartalmaz. A cink kizárólag a halogénatomokkal reagál, a magasabb oxidációs állapotú atomokat tartalmazó funkciós csoportok (pl. keto-, észter-, nitrocsoport) redukciójához erőteljesebb körülmények szükségesek. Márpedig **A** feltételezett heteroatomjainak és a mindenféle „bevitt” heteroatomnak nyoma sincs – ami csak úgy magyarázható, hogy már **A**-ban sem volt. Ezért **A** is kizárólag szén- és hidrogénatomokat tartalmazott.

Legyen **A** összegképlete C_xH_y . Tegyük fel, hogy az első lépésben csak egy brómatomot vittünk be. (Az első lépés láthatóan elektrofil szubsztitúció.). **A** egyik hidrogénatomját tehát Br-ra cseréltük, majd a **C** Grignard-reagenssé alakítottuk át, amelynek összegképlete ezért $C_xH_{y-1}MgBr$. Ezt követően **C** –MgBr csoportját karboxilcsoportra (**D**) cseréltük, amit pedig $SOCl_2$ segítségével COCl-csoporttá alakítottunk; ezért **E** összegképlete $C_xH_{y-1}COCl$, azaz $C_{x+1}H_{y-1}OCl$. Ezután Friedel-Crafts acilezést hajtottunk végre, ahol **E** volt az acilezőszer, **A** pedig az acilezett vegyület; a reakció során HCl lépett ki és egy keton keletkezett. Ezért **F** összegképlete $C_{2x+1}H_{2y-2}O$. A **C** Grignard-vegyület segítségével az acilezés révén keletkezett keto-csoportot redukáltuk hidroxilcsoporttá, miközben újabb „egység” **A**-t kapcsolunk a molekulához, ezért **G** összegképlete $C_{3x+1}H_{3y-2}O$. **H**-ban lecseréltünk egy OH-csoportot egy –Cl csoportra, ezért összegképlete $C_{3x+1}H_{3y-3}Cl$. A Zn-poros főzés hatására **H** vélhetőleg dimerizálódott (ld. Wurtz-reakció). Ezért **J** összegképlete $C_{6x+2}H_{6y-6}$. A hidrogéntartalomra felírt egyenlet:

$$\frac{1,008 \cdot (6y - 6)}{12,01 \cdot (6x + 2) + 1,008 \cdot (6y - 6)} = 0,0621.$$

Innen $x = y$. Mivel **A** aromás (ez az első reakcióból kitűnik), ezért **A** nem más, mint a benzol. Az ebből kapható vegyületek:

- A:** C_6H_6
B: C_6H_5Br
C: C_6H_5Mg
D: C_6H_5COOH

- E:** C_6H_5COCl
F: $C_6H_5CO-C_6H_5$
G: $(C_6H_5)_3C-OH$
H: $(C_6H_5)_3C-Cl$

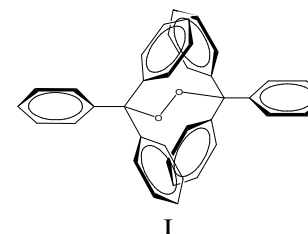
A **J** vegyületben a szén- és hidrogénatomok molaránya $\frac{93,79}{12,01} : \frac{6,21}{1,008} \approx 1,267 \approx \frac{3,8}{5} = \frac{19}{15}$, míg **I**-ben $\frac{88,00}{12,01} : \frac{5,83}{1,01} \approx 1,267$,

ugyanannyi, mint **H**-ban és **J**-ben. Mivel egy szénhidrogénben csak páratlan számú hidrogénatom lehet, ezért **J** valóban dimer, összegképlete $C_{38}H_{30}$.

Mivel a levegőn való főzés során az egyetlen reaktív anyag az oxigén, innen megállapítható, hogy **I**-ben a maradék 6,17 tömeg% anyag oxigén.

Ez $\frac{88,00}{12,01} : \frac{6,17}{16,00} = 19 : 1$ szén-oxigén molaránynak felel meg, vagyis – a

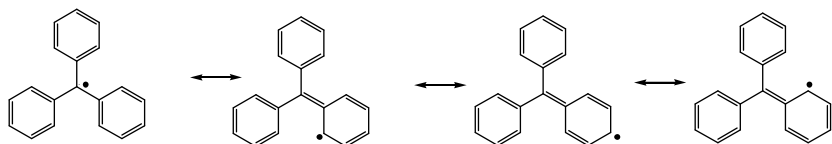
fenti megjegyzés értelmében – **I** összegképlete $C_{38}H_{30}O_2$. Mivel **I** csak egyféle hidrogénatomot tartalmaz, ezért a két oxigénatom az aromás gyűrűre sem épülhetett be (ez amúgy is valószínűtlen lett volna), hanem meg kellett őriznie a $(C_6H_5)_3C-C(C_6H_5)_3$ dimer szimmetriáját. Ez a legegyszerűbben úgy történhet, hogy a beépülő oxigénmolekula két atomja kötésben marad egymással, és *peroxivegyületet* ad:



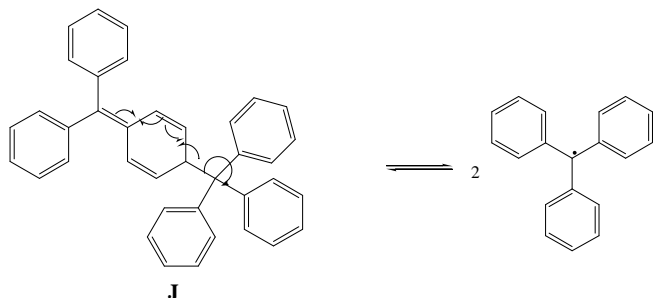
Látható, hogy a két trifenil-metil- (más néven tritil-) csoport térben igen közel esik egymáshoz; itt csak azért marad meg mégis a dimer szerkezet, mert a peroxicsoport révén a két tritilcsoport elegendően messze kerül egymástól. Az egyszerű tritil-dimer viszont éppen ezen oknál fogva nem jöhet létre. Ezt a spektroszkópai adatok is alátámasztják: Ha a **J** vegyület **H** dimerje volna, akkor benne csak aromás hidrogének volnának. Mivel **H** 15 hidrogénatomot tartalmaz, **I** pedig 30-at, ezért benne 25 aromás és 5

nem aromás hidrogén van. Ez azt jelenti, hogy öt fenilgyűrű „megmaradt” (5·5= 25 aromás hidrogén), a hatodik viszont nem aromás gyűrűként van jelen.

A tritilgyök ugyan normál körülmények között azonnal elreagál a levegő oxigénjével, oldatban viszont létezhet. (természetesen az oxigén és a víz szigorú kizárásával), annál is inkább, mivel a gyök párosítatlan elektronja a három fenilgyűrűn delokalizálódni tud, amint ezt az alábbi határszerkezetek is jellemzik (valójában összesen háromszor ennyi határszerkezet írható fel, mert az elektron a többi két fenilgyűrűn is tud delokalizálódni)



Látható, hogy ezen határszerkezetekben megjelentek a nem-aromás hidrogének. **J** képződését úgy képzelhetjük el, hogy két ilyen gyök kovalens kötést alkot, a két párosítatlan elektron közös pályára kerül. Az összekapcsolódásnak kicsi a valószínűsége a 2. és a 4. határszerkezetek esetén (a párosítatlan elektront hordozó szénatom sztérikusan árnyékolt), ezért csak az 1. és a 3. határszerkezet jöhet figyelembe. Mind az 1. és a 3., mind két darab 3. gyök képezhet egymással molekulát; a valóságban az első eset következik be, ezért a **J** dimer szerkezete (és disszociációja) az alábbi módon fest:



Mivel **J** disszociációja tritilgyökökre egyensúlyi folyamat, ezért az egyensúly könnyen eltolható, a levegő oxigénjének bejuttatásával (rázogatás). A peroxivegyület képződése irreverzibilis. A levegő kizárásával újra megindul a dimer képződése, de –mivel a dimerizáció a

tritilgyökökre nézve másodrendű folyamat – a reakció sebessége a gyökök koncentrációjának négyzetével arányos. Innen érthető, hogy **J** a gyökök fogyásával egyre lassabban képződik újra

A feladatra 18 megoldás érkezett, a pontátlag 7,6 pont. Hibátlanul oldotta meg a feladatot Batki Bálint (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium) és Kovács Benjámín (Pécs, Leöwey Klára Gimnázium), ezenkívül 7 versenyző oldotta meg majdnem hibátlanul a feladatot.

Komáromy Dávid

Feladatok

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2010. április 1-ig postára adva:

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A tanév utolsó fordulójának feladatait szokás szerint az idei tokiói diákolimpia gyakorló feladatai közül válogattuk. A szervezők nem könnyítették meg a válogatást: a magyar versenyekhez képest egyszerű feladatokat, illetve középiskolások számára ismeretlen területeket érintő példákat tűztek ki. A KÖKÉL korábban már foglalkozott az NMR spektroszkópiával (2009/1) és a kristályok szerkezetével (2004/2), ezért az ilyen feladatokat is be mertük választani.

H126. a) Számítsa ki a metán standard égéshőjét 298 K hőmérsékleten és légköri nyomáson az alábbi standard képződéshők alapján!

Metán	–74,82 kJ mol ⁻¹
Szén-dioxid	–393,5 kJ mol ⁻¹
Víz	–285,8 kJ mol ⁻¹

b) Hány ml szén-dioxid keletkezik 298 K hőmérsékleten és 1013 hPa nyomáson, ha 10,0 g kalcium-karbonátot 50,0 ml 1,00 mol l⁻¹ sósavval reagáltatunk?

A szárazjég molekulárcsában a molekulák egy olyan lapcentrált köbös rács rácspontjain helyezkednek el, amelynek élhossza 0,56 nm.

c) Ez alapján mi a szárazjég sűrűsége? Hány molekula van egy 20 cm × 10 cm × 5,0 cm méretű szárazjégdarabban?

a.) Az alábbi adatok alapján mi a KCl rácsenergiája?

A KCl (sz) képződéshője	-437 kJ mol ⁻¹
A K (sz) szublimációs hője	89 kJ mol ⁻¹
A K (g) első ionizációs energiája	419 kJ mol ⁻¹
A Cl ₂ (g) disszociációhője	242 kJ mol ⁻¹
A Cl (g) elektronaffinitása	-349 kJ mol ⁻¹

H127. Vasat vasércből általában szenes redukcióval gyártanak. A nyersvas (Fe-C ötvözet) a nagyolvasztóban keletkezik, amibe felülről vasércet, kokszt és salakképző anyagot (CaO) adagolnak. Alulról forró levegőt fújnak az olvasztóba. Az olvadt nyersvasat konverterekben oxidálják, hogy a szén és más szennyezők eltávozzanak.

Tételezzük fel, hogy a nyersvas széntartalma 4,50 m/m, a kokszt pedig 90,0 m/m% C, 7 m/m% SiO₂, 3 m/m% Al₂O₃. A vas sűrűsége szobahőmérsékleten 7,90 g cm⁻³.

- A vasérc fő komponense a Fe₂O₃. Vagy közvetlenül a kokszt, vagy pedig a belőle keletkező CO gáz redukálja. Írja fel a kétféle redukció egyenletét!
- Az érc a 90%-nyi főkomponensen felül meddőt is tartalmaz, pl. 7 m/m% SiO₂ és 3 m/m% Al₂O₃. Ez a koksztban levő meddővel és a CaO-val reagálva adja a végül salakként jelentkező oxidolvadékat. Hány kg salak keletkezik egy kg nyersvas előállításánál? Tegyük fel, hogy a CaO-ot olyan arányban keverik be, hogy tömege a SiO₂ tömegével egyezzen.
- A konverterben a széntartalmat O₂ gáz befúvatásával távolítják el a nyersvasból. Ha a termékekben a CO és CO₂ anyagmennyisége megegyezik, hány liter 27 °C-os és 2,026 × 10⁵ Pa nyomású O₂ gáz szükséges a szén teljes eltávolításához 1,00 kg nyersvasból?

- Hány kg CO₂ keletkezik 1,00 kg tiszta vas előállításakor? Vegyük úgy, hogy a nagyolvasztóban csak a CO redukál, illetve, hogy a konverterben keletkező CO-t is elégetik. Ne hagyjuk ki a számításból a CaO mészkőből történő előállításakor keletkező gázt sem!
- A vas szobahőmérsékleten tércentrált köbös rácsot alkot. A feladat adatai alapján mi a vas atomsugara?

H128. Egy rozsdamentes acél (Fe-Cr) ötvözet krómtartalmát a következő módon határozták meg:

- 0,1000 g acélmintát 20 ml forró kénsavban (1,8 mol l⁻¹) feloldottak.
 - 4 ml cc. salétromsav hozzáadása után 10 percig melegítették a mintát. Az oldat színe kékről zöldre változott.
 - 10 ml 0,5% ezüst-nitrát-oldat és 6 g ammónium perszulfát ((NH₄)₂S₂O₈) együttes hozzáadása után 20 percig, az ammónium-perszulfát elbomlásáig tovább melegítették. Ekkor az oldat narancssárga színű.
 - 10 ml 5% NaCl-oldatot adtak hozzá.
 - 20 ml 1,00 × 10⁻¹ mol l⁻¹ ammónium-vas(II)-szulfát (FeSO₄ · (NH₄)₂SO₄) vizes oldatát pipettázták a mintához.
 - 2,00 × 10⁻² mol l⁻¹ KMnO₄ oldattal titráljuk halványlila szín megjelenéséig.
- Milyen formában van a króm az i, ii és iii lépés után? Írja fel az egyes lépések során lejátszódó reakciókat!
 - Miért van szükség a iv) pontban lejátszódó reakcióra?
 - A végső lépésben a fogyás 12,00 ml volt. Mi volt a minta krómtartalma?

H129. Egy vulkáni fumarola gázaiból a következő módon vettek mintát. A fumarolába egy titán csövet helyeztek, ami felhevült annyira, hogy kondenzáció nem volt benne tapasztalható. A mintavételt egy 20 ml 5 mol l⁻¹ NaOH-oldattal légmentesen megtöltött fecskendővel végezték. Lassan, a fecskendőt hűtve szívtak fel bele gázt, majd hagyták, hogy a magashegyi környezet hőmérsékletét felvegye (0 °C, 1013 hPa). A fecskendő ekkor 50,0 ml gázt és 38,0 ml folyadékot tartalmazott.

A folyadékból 10 ml mintát vettek és az összes kéntartalmat szulfáttá oxidálták. Híg sósavval enyhén megsavanyítva és 20 ml 10% BaCl₂-

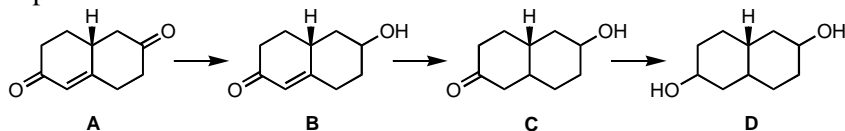
oldatot hozzáadva fehér csapadék vált le, aminek tömege szárítás után 0,30 g volt.

- a) A vulkáni gáz hány térfogatszázaléka lehetett vízgőz? Becslését alapozza arra, hogy a vízgőzön kívül más gáz abszorpciója nem befolyásolta a NaOH-oldat térfogatát. Az oldat sűrűségét végig vegye $1,0 \text{ g ml}^{-1}$ -nek.
- b) Hány mol kén volt a begyűjtött gázban? Mi volt a H_2S és SO_2 gáz együttes térfogata a mintában?
- c) A H_2S és SO_2 arányát eltérő reakcióképességük segítségével szokták megbecsülni. A vulkáni gázt 30 ml $0,03 \text{ mol l}^{-1}$ KIO_3 -KI oldat és 3 ml 4M HCl-oldat keverékét tartalmazó kémcsőbe vezetik. Milyen reakciókban vesz részt a két gáz?

A gázok vizsgálatát spektroszkópiai módszerekkel is végzik. Egy másik mintában két hidrogén-halogenid (**X** és **Y**) jelenlétét is kimutatták spektroszkópiai módszerekkel. **Y** reakcióba lép szilikátokkal is. **X** infravörös spektrumában a vonalak felhasadnak, amit a halogén 3:1 arányban jelenlevő izotópjai okoznak.

d) Mi lehet **X** és **Y**?

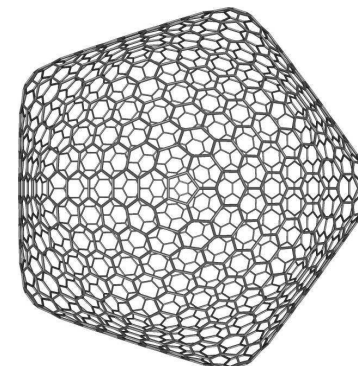
H110. Az **A** vegyület egyik karbonilcsoportját redukálva keletkezik a **B** vegyület, aminek két sztereoizomerje van. Az izomerek elválasztása után **B1** és **B2** esetében is egy szén-szén kötés redukációjával kapható a **C** vegyület, ami ismét két-két sztereoizomer keveréke. Az izomereket szeparálva végül négyféle termék **C_{ij}** (**i, j** = 1, 2) kapható. Ha ezen négy termék esetén ismét egy karbonilcsoportot redukálunk, a **D** vegyület keletkezik, ami ismét két sztereoizomer keveréke minden reakcióban. A sztereoizomereket elkülönítve már nyolc termék **D_{ijk}** (**i, j, k** = 1, 2) kapható.



- a) Van-e a nyolcféle **D_{ijk}** (**i, j, k** = 1, 2) kódú vegyület között azonos? Ha igen, rajzolja fel a szerkezetüket!

- b) Van-e a nyolcféle **D_{ijk}** (**i, j, k** = 1, 2) kódú vegyület között olyan, amelyik nem forgatja el a polarizált fény síkját? Ha igen, rajzolja fel a szerkezetüket!
- c) Van-e a nyolcféle **D_{ijk}** (**i, j, k** = 1, 2) kódú vegyület között enantiomer pár? Ha igen, rajzolja fel a szerkezetüket!

HO-58. A fullerének ma már jól ismert új szén allotrópok, amelyekre az üreges gömbszerű szerkezet a jellemző. Az n szénatomot tartalmazó fullerének szerkezete 12 ötszöget és $(n/2-10)$ hatszöget tartalmaz, ha n egy 20-nál nagyobb páros szám. Tételezzük fel, hogy a fullerénekben mindegyik szén-szén kötés $0,14 \text{ nm}$ hosszú.



Egy C_{1500} fullerén

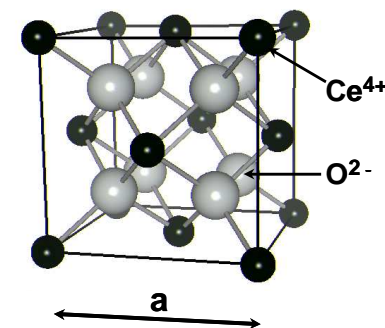
- a) Mi lesz az n szénatomból felépülő fullerén felülete (nm^2 egységben)?
- b) Ha gömbalakúnak tekintjük a fullerént, mi lenne a sugara n függvényében (nm egységben)?
- c) A nagy fullerénmolekulák "molekuláris léggömbként" a levegőben képesek lennének lebegni egy elképzelt alkalmazásban. Hány szénatom esetén lenne ez lehetséges 300 K hőmérsékleten és 101325 Pa nyomáson? Tekintsük a fullerént olyan merev gömbnek, ami nem roppan össze a légnyomás hatására.

HO-59.

A CeO_2 kristályának elemi celláját mutatja az ábra.

- a) Hány kation és anion van egy elemi cellában?

Ha egy kevés Y_2O_3 keveredik homogén módon a CeO_2 -hoz, akkor egy szilárd oldat kapható, aminek az összetétele $\text{Ce}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_{2-y}$. A szerkezetben egyenletesen oszlanak el a Ce^{4+} és az



Y^{3+} ionok a kationok helyén, és az anionhelyek egy része viszont üresen marad.

- b) *Az anionpozíciók hány százaléka marad üresen, ha az anyagban a $CeO_2 : Y_2O_3$ molarány $0,8 : 0,1$? Hány betöltetlen anionhely van ennek az anyagnak $1,00 \text{ cm}^3$ -jében? Az elemi cella térfogata, a^3 $1,36 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$.*

A sok betöltetlen anionpozíciót tartalmazó, fentivel analóg szerkezetű oxidok magas hőmérsékleten vezetővé válnak, mégpedig az oxidionok mobilitása révén. Az ilyen szilárd elektrolitok hasznosak lehetnek oxigén-szenzorok, oxigén pumpák, üzemanyagcellák tervezésekor.

Ha például porózus platinalapok érintkeznek egy ilyen kristály két oldalával, akkor feszültséget kapcsolva a platina lapokra oxigéntranszport indul a két elektród között.

- c) *Milyen reakciók történnek az anódon és a katódon ilyenkor? Egy ilyen berendezésen (oxigénpumpa) $1,93 \text{ A}$ áram folyt át 500 s ideig. Hány ml oxigén fejlődött a megfelelő elektródon $800 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ nyomáson?*

Ha két elektródnál eltér az oxigéngáz parciális nyomása, akkor feszültségkülönbség lesz tapasztalható az elektródok közt. Ez a jelenség oxigénszenzorokban alkalmazható.

- d) *Mekkora elektromotoros erő lenne mérhető, ha az oxigén parciális nyomása az egyik elektródnál a másikonál tapasztalható parciális nyomás százszorosa lenne $800 \text{ }^\circ\text{C}$ -on?*

HO-60.

- a) *Rajzolja fel a C_4H_8 mind a hat izomerének szerkezetét!*
- b) *Az egyik izomer proton NMR spektrumában csak egy szinglett csúcs van. Melyik ez?*
- c) *Az egyik izomer proton NMR spektrumában csak két szinglett csúcs van. Melyik ez? Mi a két csúcs területének aránya?*