

GONDOLKODÓ



Feladatok kezdőknek

Szerkesztők: Nadrainé Horváth Katalin és Zagyi Péter
(katalin.nadrai@gmail.com, zagyi.peter@gmail.com)

Megoldások

K151.

a) A megadott adatok alapján 1 perc alatt 5,2 – 9 liter levegőt lélegzünk be. Ennek anyagszáma standard nyomáson és 25 °C-on 0,21 – 0,37 mol.

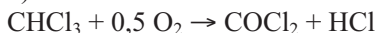
5 ppm foszfénkoncentráció mellett a percenként belélegzett levegő $1,1 \cdot 10^{-6}$ - $1,8 \cdot 10^{-6}$ mol foszfén tartalmaz.

1 mg foszfén anyagszáma 10^{-5} mol.

A tüdőödéma kialakulásához szükséges idő tehát

$$\frac{10^{-5} \text{ mol}}{1,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol / perc}} - \frac{10^{-5} \text{ mol}}{1,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol / perc}} = 6 - 9 \text{ perc.}$$

b)



c) A kloroformot sötét, jól záródó üvegben és állandóan színültig megtöltve kell tárolni, fénytől védett helyen. (Esetleg etanol hozzáadásával stabilizálható.)

A feladat a) részére 6 pontot, b) és c) részére 2-2 pontot lehetett szerezni. A pontátlag 7,8 volt. Hibátlan megoldást küldött be: Bauer Balázs, Kovács Norbert, Prajczér Petra, Sütő Péter és Vörös Zoltán János.

(Májusi Gábor, Zagyi Péter)

K152.

a) 1,00 g fémből $12,34 \text{ g} \cdot 0,513 = 6,33 \text{ g}$ vízmentes szulfát keletkezik.

Ha a szulfát képlete $\text{Me}_2(\text{SO}_4)_x$, felírható a következő összefüggés (M a fém moláris tömege):

$$\frac{2M + x \cdot 96 \text{ g/mol}}{2M} = 6,33$$

$x = 3$ esetén $M = 27,0 \text{ g/mol}$. Ez a fém az alumínium. (Más oxidációs számmal nem jön ki helyes megoldás.)

b) $M(\text{AlCl}_3) = 133,5 \text{ g/mol}$

1,00 g alumíniumból 4,94 g AlCl_3 keletkezik. Ez $8,94 \text{ g} - 4,94 \text{ g} = 4,00 \text{ g}$ vízzel kristályosodik.

$$\frac{4,94}{133,5} : \frac{4,00}{18,0} = 1 : 6$$

A kristályvizes alumínium-klorid képlete tehát $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

$M[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 342 \text{ g/mol}$

1,00 g kristályvizes alumínium-szulfát 0,487 g vizet tartalmaz.

$$\frac{0,513}{342} : \frac{0,487}{18,0} = 1 : 18$$

A kristályvizes alumínium-szulfát képlete tehát $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

17 helyes megoldás érkezett, a pontátlag 8,8 pont lett. Jellemző hiba volt annak figyelmen kívül hagyása, hogy 1 mol $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 2 mol Al^{3+} -t tartalmaz, illetve a helytelen moláristömeg-számítás.

(Kramarics Áron, Zagyi Péter)

K153.

a) (7 pont)

500 cm³ 150 °C hőmérsékletű, légköri nyomású gáz anyagmennyisége:

$$n = \frac{101300 \text{ Pa} \cdot 0,0005 \text{ m}^3}{8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 423 \text{ K}} = 0,0144 \text{ mol}$$

1.



0,0144 mol gáz képződéséhez 0,0144 mol NaHCO_3 bomlása szükséges. Ennek tömege 1,2 g.

2.

Ha a



reakció játszódik le, akkor ahhoz, hogy az összes szóda bikarbóna elreagáljon, legalább feleakkora anyagmennyiségű kalcium-dihidrogén-foszfát szükséges. (Ha a dihidrogén-foszfát deprotonálódása továbbmegy, még kevesebb kalciumsó kell.) A sütőporban a $\text{NaHCO}_3 : \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ anyagmennyiség-arány 1 : 0,62, így a tényleges reakciótól függetlenül az összes szóda bikarbóna elfogy. $1,44 \cdot 10^{-2}$ mol gáz előállításához $7,2 \cdot 10^{-3}$ mol szóda bikarbóna szükséges, melynek tömege 0,605 g.

A szükséges sütőpor tömege $0,605/0,22 = 2,8$ g.

3.



$1,44 \cdot 10^{-2}$ mol gáz előállításához $4,8 \cdot 10^{-3}$ mol szalalkáli szükséges, melynek tömege 0,38 g.

4.



$1,44 \cdot 10^{-2}$ mol gáz előállításához $3,6 \cdot 10^{-3}$ mol szőlőcukor szükséges, melynek tömege 0,65 g.

b) (3 pont)

Ez esetben habbá vert tojásfehérjét kevernek a tésztához. A tojásfehérjehab olyan kolloid rendszer, amelyben sok levegőt diszpergáltunk a folyékony tojásfehérjében. Sütés közben kicsapódik a tojásfehérje, és így megszilárdulva magába zárja még a hő hatására kitágult levegőt. A hő hatására ezen kívül a liszt hidratálódó keményítőszemcséi is egy megszilárduló gélt képeznek.

(Najbauer Eszter, Zagyi Péter)

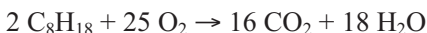
K154.

a) (4 pont)



$$\Delta_r H = 4 \cdot (-394) + 6 \cdot (-242) - 4 \cdot (-113) = -2576 \text{ kJ/mol}$$

4 mol nitrometán tömege 244 g, a keresett égéshő tehát $-10,6$ MJ/kg.



$$\Delta_r H = 16 \cdot (-394) + 18 \cdot (-242) - 2 \cdot (-250) = -10160 \text{ kJ/mol}$$

1 mol oktán tömege 114 g, a keresett égéshő tehát $-44,6$ MJ/kg.

b) (3 pont)

3 mol oxigénben 4 mol (244 g) nitrometán, ill. 0,24 mol (27,36 g) oktán égethető el tökéletesen.

Adott mennyiségű levegőben tehát 8,92-szer nagyobb tömegű nitrometán égethető el, mint oktán.

c) (3 pont)

$$\frac{10,6 \text{ MJ/kg} \cdot 8,9}{44,6 \text{ MJ/kg}} = 2,12$$

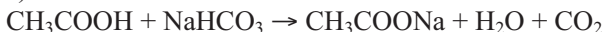
Az adott mennyiségű levegőben tökéletesen elégethető nitrometánból 2,1-szer annyi energia szabadul fel, mint oktánból.

A motor egy ciklusa során tehát nagyobb tömegű nitrometán égethető el, mint oktán (benzin), így – bár a nitrometán égéshője kisebb – több energia szabadul fel, ha nitrometánt használunk.

(Szabó István, Zagyi Péter)

K155.

a)



b) Előnye: töményebb nátrium-acetát-oldat keletkezik, így rövidebb ideig tart a bepárlás.

Hátránya: hevesebb a reakció, és ha elővigyázatlanok vagyunk, a fejlődő gáz miatt a folyadék könnyen kifuthat az edényből.

c) Addig adagoljuk (kis részletekben) a szódabikarbónát, amíg meg nem szűnik a pezsgés.

d) 1030 g ecetben 206 g ecetsav van, ami 3,43 mol.

Az egyenlet alapján ez 3,43 mol szódabikarbónával reagál, ami 288 g.

e) Bepárlással 3,43 mol vízmentes nátrium-acetátot kapunk, ami 282 g.

Szobahőmérsékletűre hűtve az oldatot 3,43 mol nátrium-acetát-trihidrátot kapunk, ami 467 g.

f) 100 g nátrium acetátból $\frac{100}{0,55} = 181,8$ g 55 tömegszázalékos oldat állítható elő,

tehát 81,8 g vízre van szükség.

100 g nátrium-acetát-trihidrát oldásakor az oldat 60,3 g nátrium-acetátot tartalmaz. Tömege $\frac{60,3}{0,55} = 109,6$ g. Tehát 9,6 g vízre van szükség.

Az 55 tömegszázalékos oldatban 100 g vízre 122 g só jut. A diagram alapján legalább 56-57 °C-ra kell ehhez melegíteni az oldatot.

g) Ha az oldatban marad kristály, lehűlés közben megindul a kristályosodás, így az oldat nem válik túltelítetté.

h) Energiafelszabadulás történik.

A nátrium-acetát vízben való oldódása endoterm, kikristályosodása exoterm folyamat.

i) Például melegítőpárnák működnek ezen az elven (a tasak túltelített nátrium-acetát-oldatot tartalmaz).

j) Az illető túl híg oldatot készített, mivel elfelejtette bepárolni. A kb. 13 tömegszázalékos oldat még $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on is messze van a telítettségtől.

k) Vízmentes nátrium-acetát.

l) A forrásponton az oldhatóság kb. $194\text{ g só}/100\text{ g víz}$. Ez az oldat kb. $66\text{ tömegszázalékos}$.

(Zagyi Péter)

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2012. február 20-ig postára adva a következő címre várjuk:

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

K161. Helyezzünk egy tyúktójt 20, 15 vagy 10 %-os háztartási ecetbe (ecetsavoldatba). Figyeljük meg, hogy mi minden történik! A tojtást célszerű időnként kivenni az ecetből, és folyó víz alatt óvatosan ledörzsölni róla a gázfejlődést gátló réteget. Az oldást-ledörzsölést folytassuk mindaddig, amíg egy áttetsző hártya nem marad. Szükség esetén cseréljük ki az ecetet. A leoldás befejezésével mérjük meg a tojtás különböző irányú „átmérőit”, helyezzük tartósan csapvízbe, és kövessük a méret változását. A megfigyelések birtokában válaszoljuk meg az alábbi kérdéseket:

a) *Mi történik az ecetben? Miért?*

b) *Miből és hogyan készülhet a tojtás héja?*

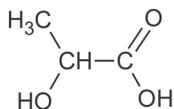
c) *Mi történik a hártyás tojtással hosszú idő, mondjuk 1-2 nap alatt? Miért?*

(Róka András)

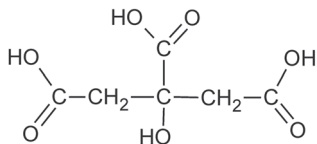
K162. A kalciumtartalmú táplálékkiegészítők általában a következő négy kalciumsó valamelyikét tartalmazzák hatóanyagként:

1. Kalcium-karbonát.
2. **X** só, amely az **Y** szerves sav kalciumsója. Az **Y** sav 6 szénatomos, a szénen kívül csak hidrogént és oxigént tartalmaz.
3. **Z** só, amely a tejsav és az **Y** sav kalciumsója (amelyben tehát az anionok egy része a tejsav, másik része az **Y** sav savmaradékionja).
4. Kristályvíztartalmú kalcium-citrát (a citromsav kalciumsója).

A tejsav egyértékű sav, képlete:



A citromsav háromértékű sav, képlete:



Az **A** jelű készítmény csak kalcium-karbonátot tartalmaz, egy tablettá kalciumtartalma 500 mg.

A **B** jelű készítmény egy ampullája 500 mg **X** sót tartalmaz oldva, kalciumtartalma 46,5 mg.

A **C** jelű készítmény 1132 mg **Z** sót és 875 mg kalcium-karbonátot tartalmaz tablettánként, ez 500 mg kalciumnak felel meg.

A **D** jelű készítmény hatóanyaga tablettánként 950 mg kristályvíztartalmú kalcium-citrát, ami 200 mg kalciummal egyenértékű.

- a) *Hány mg kalcium-karbonátot tartalmaz az A készítmény egy tablettája?*
- b) *Számítással határozd meg az Y sav moláris tömegét!*
- c) *Számítással határozd meg az X só és az Y sav összegképletét!*
- d) *Add meg a Z só képletét!*
- e) *Add meg a kristályvíztartalmú kalcium-citrát képletét!*
- f) *Mekkora annak a tablettának a kalciumtartalma, amely hatóanyagként 300 mg X sót és 1000 mg Z sót tartalmaz?*
- g) *A kalciumos pezsgőtabletták mindenképpen tartalmaznak kalcium-karbonátot. Miért? Hogyan működik a pezsgőtabletta?*

(Zagyi Péter)

K163. A kristályvíztartalmú sók hevítése során többféle dolog történhet.

1. A só elveszíti kristályvizét. Ez több lépésben is történhet, és az összetétel változását jól követhetjük, ha a hevítés közben a szilárd fázis tömegét folyamatosan mérjük. A rézgálic [réz(II)-szulfát-pentahidrát] esetén például azt találták, hogy 1,000 g anyag tömege $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül 0,8557 g-ra csökken, amely a további melegítés során egészen $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig állandó marad, amikor is 0,7114 g-ra csökken. $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on újabb tömegcsökkenés következik be, ekkor a szilárd anyag tömege 0,6392 g-on állandósul.

a) Határozd meg a rézgálic hevítése során keletkező anyagok képletét!

2. A kristályvizes só megolvad. (Ezt úgy is szokták mondani, hogy saját kristályvizében feloldódik.) Az olvadás kétféleképpen történhet:
 - A) A só olvadása egy meghatározott hőmérsékleten következik be, az olvadék pedig lényegében a só telített vizes oldata.
 - B) A só meghatározott hőmérsékleten olvad ugyan, de a folyamat során nem egyetlen fázis keletkezik, hanem az olvadék (a folyékony fázis) mellett képződik egy szilárd fázis is, ami azonban más összetételű, mint a kiindulási anyag (lehet pl. a vízmentes só). Az ilyen olvadást a szaknyelv inkongruens olvadásnak nevezi, szemben az A) pontban leírt egyszerű esettel, amit kongruens olvadásnak hívnak.

A kristályvíztartalmú magnézium-nitrát $89\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on kongruensen megolvad, és 57,8 tömegszázalékos oldat keletkezik.

b) Mi a kristályvíztartalmú magnézium-nitrát képlete?

A nátrium-acetát-trihidrát olvadása $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on inkongruens. Az olvadék mellett (ami 58,0 tömegszázalék nátrium-acetátot tartalmaz) vízmentes nátrium-acetát is képződik.

c) 10,0 g nátrium-acetát-trihidrát olvadása során hány gramm vízmentes só keletkezik az inkongruens olvadás során?

3. A hevítés során kémiai reakció (hidrolízis) játszódik le. A kristályvizes alumínium-kloridot ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) például azért nem lehet hevítéssel vízmentesíteni, mert eközben alumínium-oxid és hidrogén-klorid képződik. Hasonlóképpen, oxid keletkezése közben hidrolizál az a kristályvíztartalmú fém-klorid is, amelynek 41,67 %-a kristályvíz, a hevítése során keletkező szilárd anyag tömege pedig 26,58 %-a a kiindulási tömegnek. (A keletkező oxidban és a kiindulási kloridban azonos a fém vegyértéke.)

- d) *Írd fel a kristályvizes alumínium-klorid hevítése során lejátszódó reakció egyenletét!*
 e) *Mi a másik vizsgált kristályvizes fém-klorid képlete?*

(Zagyi Péter)

K164. A kálium-permanganát hőbomlása (és az ezen alapuló laboratóriumi oxigén-előállítás) közismert folyamat, már a 7. osztályos kémiakönyvek is említést tesznek róla. A reakció egyenletét azonban nagyon ritkán írják fel, és pl. az emelt szintű érettségien sem kell ismerni. Nem véletlenül.

A reakció részletes vizsgálata és a visszamaradó szilárd anyag alapos analízise alapján tudjuk, hogy kálium-manganát (K_2MnO_4) biztosan keletkezik a folyamatban. A tankönyvek és kézikönyvek által nagynéha megadott reakcióegyenletben emellett MnO_2 a másik termék, és a reakcióegyenlet az alábbi:



- a) *Vizsgáld meg az egyenletet! Lehetne-e más sztöchiometriai együtthatókkal is helyesen rendezni? Ha igen, hogyan?*
 b) *A fenti egyenlet alapján hány százaléknak adódik a kálium-permanganát hevítés közbeni tömegvesztése?*
 c) *A fenti egyenlet alapján 1,00 g kálium-permanganátból hány gramm kálium-manganát keletkezését várjuk?*

Részletes vizsgálatok szerint a fenti egyenlet több okból kifolyólag sem lehet helyes.

1.

A kálium-permanganátot 200-250 °C közötti hőmérsékleten levegőn hevítve, gyakorlatilag tömegállandóvá válik. A mért tömegvesztesség a kiindulási tömeghez képest 12,1 %.

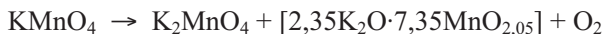
2.

A K_2MnO_4 mellett keletkező anyag káliumot is tartalmaz, összetétele a pontos analízis szerint az alábbi – meglehetősen szokatlan – összegképlettel írható le: $2,35\text{K}_2\text{O} \cdot 7,35\text{MnO}_{2,05}$.

3.

A reakcióban sokkal kevesebb K_2MnO_4 keletkezik, mint azt a fenti egyenlet alapján várjuk.

- d) *Rendezd a reakció pontos egyenletét! (Ezúttal a sztöchiometriai együtthatók törtszámok is lehetnek.)*



- e) Ezen egyenlet alapján mekkora a kálium-permanganát várt tömegvesztesége?
- f) Hány százalékkal kevesebb kálium-manganát keletkezik a valóságban, mint az egyszerűsített egyenlet alapján számolva?
- g) Mekkora a 250 °C-on történő hevítés után visszamaradó szilárd anyag tömegszázalékos mangántartalma?
- h) 5,00 dm³ 101 kPa nyomású, 25 °C-os oxigén előállításához elvileg hány gramm kálium-permanganátot kell 250 °C-ra hevíteni?

(Zagyi Péter)

K165. Az idei tanév első feladatsorában már érintettük a sütőpor kémiáját. Ha a sütőpor kalcium-dihidrogén-foszfátot tartalmaz a nátrium-hidrogén-karbonát mellett, akkor a sütés közben lejátszódó reakció lényege a H_2PO_4^- ion protonleadása a HCO_3^- ionnak (ez vezet a szénsav, ill. a szén-dioxid keletkezéséhez). A dihidrogén-foszfát-ion deprotonálódása azonban a körülményektől függően HPO_4^{2-} iont és PO_4^{3-} iont egyaránt eredményezhet, ami bonyolítja a reakció sztöchiometriáját.

Ennek vizsgálatához tekintsük a következő „egyenletet” (az egyszerűség kedvéért nátriumsókkal):



- a) Kísérel meg rendezni a reakcióegyenletet! Írd le a tapasztalataidat, majd próbálj kémiai és matematikai magyarázatot találni a furcsaságra!
- b) 1,00 gramm szóda bikarbonához legalább mekkora tömegű nátrium-dihidrogén-foszfátot kell keverni, hogy a reakció teljes lejátszódása után biztosan ne maradjon semennyi a szóda bikarbonából?

(Zagyi Péter)

Feladatok haladóknak

Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd
(gmagyarfalvi@chem.elte.hu, boyle83@gmail.com)

Megoldások

H151.

a) 20 °C-on a víz gőznyomása 2340 Pa. A standard nyomás értéke a IUPAC ajánlása szerint 10^5 Pa, ezek szerint a levegő maximális vízgőztartalma 2,34 térfogatszázalék lehet. Ha a standard nyomás értékét 101325 Pa-nak vesszük, a maximális vízgőztartalom 2,31 térfogatszázalék. (3 pont)

A levegő többi összetevőjének anyagmennyiség-aránya állandó, tehát a pontos térfogatszázalékos összetétel:

N_2 : $(100-2,34) \cdot 0,78084 = 76,26$ térfogatszázalék

O_2 : $(100-2,34) \cdot 0,20946 = 20,46$ térfogatszázalék

Ar: $(100-2,34) \cdot 0,00930 = 0,908$ térfogatszázalék

CO_2 : $(100-2,34) \cdot 0,000387 = 0,0378$ térfogatszázalék

egyéb: $(100-2,34) \cdot 0,000013 = 0,00127$ térfogatszázalék

(2 pont)

b) 28 °C-on a víz gőznyomása 3780 Pa. Ha a nyomás 10^5 Pa, ez 3,78 térfogatszázalék vízgőzt jelent (101325 Pa nyomás esetén 3,73 térfogatszázalékot.)

(3 pont)

Két esetben lehet a vízgőztartalom 28 °C-on 4,0 térfogatszázalék:

1. Ha a légnyomás 94500 Pa, a vízgőzzel telített levegő 4,0 térfogatszázalék vízgőzt tartalmaz. Még kisebb légnyomáson nem is kell vízgőzre telítettnek lennie a levegőnek ahhoz, hogy 4,0 térfogatszázalék vízgőzt tartalmazzon.

(1 pont)

2. Ha 28 °C-nál melegebb, vízgőzzel telített levegőt lehűtünk, és nem indul meg a vízgőz kondenzálódása, akkor a vízgőzre nézve túltelítetté váló levegőben 28 °C-on is lehet 4,0 térfogatszázalék a vízgőztartalom.

(1 pont)

Összesen 29 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 7,28. A számolással csak néhány esetben volt probléma, a nyomásfüggésre azonban csak 7 versenyző gondolt, a túltelített vízgőz pedig senkinek nem jutott eszébe.

A sok szép megoldás közül egyértelműen kiemelkedik Székely Eszteré és Varga Bencéé, akik nem egyszerűen leolvasták az adatokat a grafikonról, hanem függvényt közelítették a görbét, és korrekt számolással igen pontos értéket kaptak.

(Zagyai Péter, Koltai András)

H152.

1. A kapott CO_2 oxigéntartalma $34,18/44 \cdot 32 = 24,86$ mg, amiből következik, hogy az M_xO_y vegyületben $w(\text{oxigén}) = 9,33$ m/m %. Ekkor felírható, hogy $16 \cdot y / (M \cdot x + 16 \cdot y) = 0,0933$, ebből pedig az következik, hogy $M = 155,5 \cdot y/x$.

A fenti egyenletnek releváns kémiai megoldása a $y = 4$ és $x = 3$ esetben van, mikor is $M = 207,3$ g/mol, ami az ólom atomtömegének felel meg. Tehát az 1. oxid a Pb_3O_4 (mínium) amely valóban narancsvörös.

2. A feladat szerint 471,4 mg fém-oxid 352,7 mg fémet tartalmaz, azaz $w(\text{fém}) = 74,82$ m/m %. Erre a fenti meggondolás alapján szintén felírható, hogy $M \cdot x / (M \cdot x + 16y) = 0,7482$. Amiből következik hogy, $M = 47,54 \cdot y/x$. Ez az egyenlet, figyelembe véve a feladatban megadott tulajdonságokat $y = 4$ és $x = 1$ értékek esetén ad releváns megoldást. $M = 190,16$ g/mol, ami az ozmium atomtömegének felel meg. Tehát a második oxid az OsO_4 (ozmium-tetroxid).

3. Ebben a részben az M_xO_y -t két lépésben redukáltuk. Összességében a 1134,9 mg vegyület oxigéntartalma $(48,6/18 + 325,9/40,3) \cdot 16 = 172,4$ mg, tehát 15,19 m/m%. A fenti meggondolások alapján kapjuk, hogy $M = 89,33 \cdot y/x$. Ebből $x = 3$ és $y = 8$ esetben kapjuk, hogy $M = 238,2$ g/mol, ami az urán atomtömege. Tehát a 3. oxid az U_3O_8 (triurán-oktoxid).

4. A feladat szerint az adduktban 1,33 mmol piridin és 174,7 mg fém-oxid található. Tételezzük föl, hogy az oxid általános képlete MO_x . (itt x csupán a mólarányra utal, és nincs köze az oxidációs számhoz) Mivel a fém és nitrogén mólaránya 1:1, felírható, hogy $174,7/1,33 = M + 16x$.

Ebből $x = 5$ esetén adódik, hogy $M = 51,8$ g/mol, ami a krómnak felel meg. Tehát az oxid a CrO_5 (króm-oxid-peroxid), ami egy rendkívül instabil vegyület és piridinnel alkotott komplexének vizes oldata kék.

5. A megadott adatok alapján, az 1. pontban alkalmazott gondolatmenettel felírható hogy: $M = 112,5 \cdot y/x$ amiből $x = 2$ és $y = 3$ esetén a $M = 169$ g/mol (túlium), és a kapott Tm_2O_3 megfelel a feladatban szereplő követelményeknek (szín, sűrűség).

A feladatra 28 megoldás érkezett, ebből kettő volt hibátlan, Bolgár Péter 11. o. (Eötvös József Gimnázium, Tiszaújváros) és Sályi Gergő 11. o. (ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest). A legtöbb hibát az okozta, hogy a feladatmegoldók nem vizsgálták meg, hogy a matematikailag helyes megoldások valóban teljesítik-e a feladatban szereplő kritériumokat.

(Érsek Gábor)

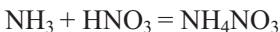
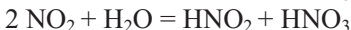
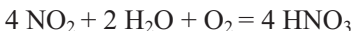
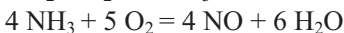
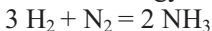
H153.

A feladat jelölésének megfelelően az anyagok:

A = H₂; **B** = N₂; **C** = NH₃; **D** = O₂; **E** = NO; **F** = H₂O; **G** = NO₂;

H = HNO₃; **I** = HNO₂; **J** = NH₄NO₃; **K** = NH₄HCO₃; **L** = CO₂.

A rendezett egyenletek:



Az utolsó reakció a szalalkáli működését mutatja be: a süteményt felfűjják a sütés közben keletkező gázok (ezen a hőmérsékleten a víz gőzként van jelen).

Javaslatok a megfejtéshez:

- Az első reakció körülményeiből kitalálható, hogy ez az ammóniaszintézis.
- A második és harmadik reakcióból (**C** + **D** → **E** (+**F**), majd **E** + **D** → **G**) sejthető, hogy **D** elem az oxigén.
- A negyedik és ötödik reakció alapján megfejthető a salétromsav és a salétromossav.
- Az első négy egyenlet a salétromsavgyártás.
- Az erősen savas kémhatás eleve korlátozza, hogy mi lehet **H**.
- Az utolsó egyenlet egy ammóniumsó bomlása, amit valamire használnak, ebből lehet asszociálni a szalalkálira.

Pontozás:

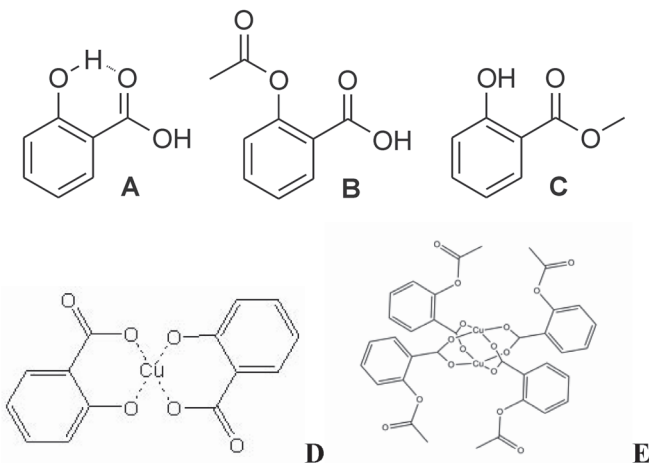
A 12 anyag azonosítása 12·0,5 pont, a 7 egyenlet rendezése 7·0,5 pont, a felhasználásra adott helyes válasz 0,5 pont, ami összesen 10 pont.

29 megoldás érkezett, az átlagpontszám: 9,4. Teljesen hibátlan megoldást adott be: Barnicskó László Balázs, Bolgár Péter, Góger Szabolcs, Kovács Ádám, Palya Dóra, Püskösti Zoltán, Rutkai Zsófia Réka, Sályi Gergő, Sóvári Dénes, Székely Eszter, Sztanó Gábor, Tsitropoulos Georgios és Zwillinger Márton. Tipikus hiba volt, hogy sokan csak a reakcióegyenleteket írták fel, a betű-anyag megfeleltetéseket nem. A és B kivételével ez egyértelműen kiderül az egyenletekből, ezt a két anyagot viszont csak a feladat szövege („rendszámuk ebben a sorrendben nő”) azonosítja. Az ilyen megoldások 9 pontot értek, ha más hiba nem volt.

(Kiss Andrea)

H154. A savas karakterből és a hidrogénfejlesztési kísérletekből következik, hogy a molekulában legkevesebb két darab savas karakterű hidrogén található. A széntartalomból számítható képlet alapján az A vegyület egy hidroxibenzoésav. A belső hidrogénhídképzés alapján ez a vegyület a 2-hidroxibenzoésav, közismertebb nevén a szalicilsav. Az ecetsavanhidrides reakcióban keletkező B vegyület az acetyl-szalicilsav, közismertebb nevén aszpirin. A metanolos észterítési reakcióban képződő vegyület a metil-szalicilát (C). A rézkomplexben a fém-ligandum arány 1:2. Ezt az arányt tudjuk pontosan a feladatból, de ez nem jelenti azt, hogy a komplexek összetétele nem lehet 2:4 arányú.

A vegyületek szerkezetei:



A szakirodalom a kettő és az egy rézatomot tartalmazó rézkomplexek szerkezetét is leírja. A réz-szalicilát komplex esetében a két fématomot tartalmazó változatban további alkoholmolekulák koordinációja szükséges a komplex stabilizációjához.

(Varga Szilárd)

H155.

a) Először is lássuk a hiányzó adatokat!

Sűrűségek

- Tömény kénsav: 98 m/m%-os; $\rho = 1,84 \text{ g/cm}^3$
- Tömény sósav: 37 m/m%-os; $\rho = 1,20 \text{ g/cm}^3$
- 20 %-os ecetsav: $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$.

Savállandók

- Kénsav: $K_2 = 1,2 \cdot 10^{-2}$
- Ecetsav: $K = 1,8 \cdot 10^{-5}$

Térfogatok

- Egy csésze tea nagyjából 50 kiskanálnyi folyadéknak felel meg. Aki nem hiszi, töltsön meg egy csészét vízzel, és meregesse ki belőle a folyadékot kiskanállal. Természetesen többféle csészét, és többféle kiskanalat érdemes használni, és a mérések eredményét átlagolni.

Most már nekiláthatunk a számításnak. Az elixír térfogata nagyjából 1100 cm^3 (de ha valaki kerekén 1000 cm^3 -rel számol, akkor se vét nagy hibát), oldottanyag-tartalma pedig:

$$(40 \text{ cm}^3 \cdot 1,84 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,98) / (1100 \text{ cm}^3 \cdot 98 \text{ g/mol}) \cdot 1000 =$$

$$= 0,67 \text{ mol/dm}^3 \text{ kénsav}$$

$$(40 \text{ cm}^3 \cdot 1,20 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,37) / (1100 \text{ cm}^3 \cdot 36,5 \text{ g/mol}) \cdot 1000 =$$

$$= 0,44 \text{ mol/dm}^3 \text{ sósav}$$

$$(40 \text{ cm}^3 \cdot 1,03 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,20) / (1100 \text{ cm}^3 \cdot 60 \text{ g/mol}) \cdot 1000 =$$

$$= 0,12 \text{ mol/dm}^3 \text{ ecetsav}$$

A nitroglicerín-tabletták pH-módosító hatását első közelítésben elhanyagoljuk. Ilyen magas sósav- és kénsav-koncentrációknál a kénsav második protonjának, illetve az ecetsavnak a disszociációja teljesen visszaszorul. Az oldatban nagyjából $[\text{H}^+] = 0,67 \text{ mol/dm}^3 + 0,44 \text{ mol/dm}^3 = 1,11 \text{ mol/dm}^3$, ennek megfelelően $\text{pH} \approx -0,05$. (Mellesleg ebben a tartományban a pH-nak már értelme sincs igazán). Aki ezt ebben a formában megissza, halott ember.

Megjegyzés: ha nagyon lelkiismeretesek akarunk lenni a pH-számításban, feltételezhetjük, hogy literenként x mól kénsav és y mól ecetsav disszociál. Ekkor az egyes ionok koncentrációja a következő:

$$\begin{aligned} [\text{HSO}_4^-] &= 0,67 - x; [\text{SO}_4^{2-}] = x; \\ [\text{CH}_3\text{COOH}] &= 0,12 - y; [\text{CH}_3\text{COO}^-] = y; \\ [\text{H}^+] &= 1,11 + x + y. \end{aligned}$$

A vonatkozó egyenletek:

$$x(1,11 + x + y) / (0,67 - x) = 1,2 \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

$$y(1,11 + x + y) / (0,12 - y) = 1,8 \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

Innen, feltételezve, hogy $x \gg y$, és megoldva az (1) egyenletet, $x = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ adódik, majd ezt behelyettesítve a (2) egyenletbe, $y = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ -t kapunk. Ezek az értékek valóban elhanyagolhatóak az erős savak által biztosított hidrogénion-koncentráció mellett.

b) Tekintsük az előbbi megjegyzésben szereplő egyenleteket, figyelembe véve azonban, hogy a hígítás miatt a savkoncentrációk az 50-edükre csökkennek.

$$x(0,022 + x + y)/(0,013 - x) = 1,2 \cdot 10^{-2} \quad (1')$$

$$y(0,022 + x + y)/(0,0024 - y) = 1,8 \cdot 10^{-5} \quad (2')$$

Ismét feltételezve, hogy $x \gg y$, és megoldva az (1') egyenletet, $x = 4,1 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³ adódik. Ezt behelyettesítve a (2') egyenletbe, $y = 1,7 \cdot 10^{-6}$ mol/dm³-t kapunk. Összességében tehát $[H^+] = 0,026$ mol/dm³ (az ecetsav disszociációja ismét elhanyagolható) és pH = 1,6. Azért ez sem egy leányálom (a gyomorsav pH-ja nagyjából 1).

c) Az eddigieket figyelembe véve a tea fogyasztása nagyjából annak felelne meg, mintha hígított gyomorsavat inna az ember. Az élettanilag kedvező hatás kizárólag a nitroglicerinnak lenne köszönhető: a nitroglicerint a szervezetben nitrogén-monoxiddá bomlik, ez a molekula pedig aktiválja az érfalakban található guanil-cikláz nevű enzimét. A fokozott enzimműködés hatására ciklikus guanidin-foszfát (cGMP) termelődik. Ennek hatására az érfalak simaizomszövetét alkotó miozin és aktin fehérjék kölcsönhatása megszűnik, azaz az érfaleternyed, kitégűl. Végső soron tehát a nitroglicerint értégtítő hatású, amint ezt az 1998-as orvosi Nobel-díj elnyerői (Robert F. Furchgott, Louis J. Ignarro és Ferid Murad) bebizonyították.

Másrésztől viszont az is igaz, hogy a nitroglicerint erősen savas oldatban elbomlik, és pár nap múlva az elixír kizárólag glicerint és salétromsavat tartalmaz. Erre egyedűl Farman Ferenc (*ELTE Radnóti Miklós Gyak. Isk.*) hívta fel a figyelmet.

A pontszámok átlaga 6,6. Kiemelkedő megoldást küldött be Zwillinger Márton (Miskolc, Földes F. Gimn.).

- Szinte minden megoldó túl sok értékes jegyre adta meg az eredményt, holott, mint látszik, a feladat erősen becslés jellegű.
- Többen is úgy vették az a) rész megoldása során, hogy a kénsav igen erősen savas oldatban is mindkét lépcsőben teljes mértékben disszociál.
- A megoldók egy része elfelejtette, hogy a hígítás során a disszociáció mértéke növekszik, ezért a b) feladatrésztben úgy számoltak, mintha az erős sav oldatát hígították volna.
- Szinte senki nem jelezte a megoldásában, hogy mérésűl állapította meg a csésze, illetve a kiskanál térfogatát.

(Komáromy Dávid)

HO-73. A megoldásban a ftálsavat H_2A , az anionjait HA^- és A^{2-} jelölik.

a) Ha a definíció szerint járunk el, akkor 0,05000 mol/kg molalitású kálium-hidrogén-ftalát-oldatot készítünk. Ennek koncentrációját a következőképpen kaphatjuk:

Tekintsünk annyi oldatot, amiben 1000,0 g H_2O és 0,05000 mol kálium-hidrogén-ftalát van. Erre:

$$c = \frac{n(\text{KHA})}{V_{\text{oldat}}} = \frac{n(\text{KHA}) \cdot \rho_{\text{oldat}}}{m(\text{KHA}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{n(\text{KHA}) \cdot \rho_{\text{oldat}}}{n(\text{KHA}) \cdot M(\text{KHA}) + m(\text{H}_2\text{O})} =$$

$$= \frac{0,05000 \text{ mol} \cdot 1,0017 \text{ g/cm}^3}{0,05000 \text{ mol} \cdot 204,44 \text{ g/mol} + 1000,0 \text{ g}} = 0,04958 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

1,000 dm³ ilyen koncentrációjú oldathoz 0,04958 mol kálium-hidrogén-ftalát kell, amit ugyanilyen anyagmennyiségű ftálsav és KOH 1:1 molarányú reakciójával állíthatunk elő. Ehhez 0,04958 mol, azaz 8,237 g szilárd ftálsavra van szükség.

A 0,04958 mol KOH tömege 2,781 g, ami 54,54 g 5,100 tömegszázalékos KOH oldatban van.

A készítendő kálium-hidrogén-ftalát-oldat tömege 1001,7 g. A szükséges víz tömege: 1001,7 g – 54,54 g – 8,237 g = 938,93 g, de tulajdonképpen csak 1,000 dm³-re kell kiegészíteni az oldatot desztillált vízzel.

b) A 4,005 pH-jú oldatban felírhatók az alábbi összefüggések:

anyagmérlegek:

$$c_{\text{H}_2\text{A}} = [\text{H}_2\text{A}] + [\text{HA}^-] + [\text{A}^{2-}] \quad (1)$$

$$c_{\text{KOH}} = [\text{K}^+] \quad (2)$$

$$\text{töltésmérleg: } [\text{H}^+] + [\text{K}^+] = [\text{HA}^-] + 2[\text{A}^{2-}] + [\text{OH}^-] \quad (3)$$

$$\text{A savállandókból: } [\text{H}_2\text{A}] = \frac{[\text{H}^+]}{K_1} [\text{HA}^-] = \frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} [\text{A}^{2-}] \quad (4)$$

$$[\text{HA}^-] = \frac{[\text{H}^+]}{K_2} [\text{A}^{2-}] \quad (5)$$

$$K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{K_v}{[\text{H}^+]} \quad (6)$$

Ismertek a savállandók, a vízionszorzat, $[H^+] = 10^{-4,005} \text{ mol/dm}^3$ és $c_{H_2A} = 0,049578 \text{ mol/dm}^3$. Innentől „csak” matematikai bűvészkedés kell, pl. (4)-t és (5)-t (1)-be helyettesítve:

$$c_{H_2A} = \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} [A^{2-}] + \frac{[H^+]}{K_2} [A^{2-}] + [A^{2-}] = [A^{2-}] \cdot \left(1 + \frac{[H^+]}{K_2} + \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} \right)$$

A zárójelben lévő kifejezést gyakran α_{H^-} -nak nevezik. Ez megadja adott pH-nál a sav teljes koncentrációjának és a teljesen disszociált forma koncentrációjának arányát:

$$\alpha_H = \frac{c_{H_2A}}{[A^{2-}]} = 1 + \frac{[H^+]}{K_2} + \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} = 28,524.$$

$$\text{Ezekkel } [A^{2-}] = \frac{c_{H_2A}}{\alpha_H} = 1,738 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[HA^-] = \frac{[H^+]}{K_2} [A^{2-}] = 4,397 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[H_2A] = \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} [A^{2-}] = 3,874 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

(2)-t és (6)-t (3)-ba helyettesítve:

$$c_{KOH} = [HA^-] + 2[A^{2-}] + \frac{K_v}{[H^+]} - [H^+] = 4,734 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ez azt jelenti hogy az $1,000 \text{ dm}^3$ oldathoz $0,04734 \text{ mol}$, azaz $2,656 \text{ g KOH}$ -t adtunk, ami $52,08 \text{ g}$ $5,100$ tömegszázalékos KOH oldatot jelent. A szükséges víz tömege: $1001,7 \text{ g} - 52,08 \text{ g} - 8,237 \text{ g} = 941,39 \text{ g}$, de itt is $1,000 \text{ dm}^3$ -re kell kiegészíteni az oldatot desztillált vízzel. Vegyük észre, hogy az így készített oldat nem tiszta kálium-hidrogén-ftalát oldat, hanem egy ftálsav/hidrogén-ftalát puffert, ugyanis a bemért KOH anyagmennyisége kisebb, mint a ftálsavé.

c) A tiszta kálium-hidrogén-ftalát-oldatban az anyagszámok:

$$c_{KHA} = [H_2A] + [HA^-] + [A^{2-}] \quad (7)$$

$$c_{KHA} = [K^+] \quad (8)$$

A töltésmérleg:

$$[H^+] + [K^+] = [HA^-] + 2[A^{2-}] + [OH^-] \quad (9)$$

Az előző feladatrészhöz hasonlóan:

$$c_{\text{KHA}} = [\text{H}_2\text{A}] \cdot \left(1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]} + \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2} \right) = [\text{H}_2\text{A}] \cdot \alpha_{\text{H}}$$

$$[\text{H}_2\text{A}] = \frac{c_{\text{KHA}}}{\alpha_{\text{H}}}, \quad [\text{HA}^-] = \frac{c_{\text{KHA}}}{\alpha_{\text{H}}} \frac{K_1}{[\text{H}^+]}, \quad [\text{A}^{2-}] = \frac{c_{\text{KHA}}}{\alpha_{\text{H}}} \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2}$$

Ezeket és (8)-t a töltésmérlegbe behelyettesítve:

$$[\text{H}^+] + c_{\text{KHA}} = \frac{c_{\text{KHA}}}{\alpha_{\text{H}}} \frac{K_1}{[\text{H}^+]} + 2 \frac{c_{\text{KHA}}}{\alpha_{\text{H}}} \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2} + \frac{K_v}{[\text{H}^+]}, \text{ amiből:}$$

$$c_{\text{KHA}} = \frac{\frac{K_v}{[\text{H}^+]} - [\text{H}^+]}{\left(1 - \frac{1}{\alpha_{\text{H}}} \frac{K_1}{[\text{H}^+]} - 2 \frac{1}{\alpha_{\text{H}}} \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2} \right)} = \left(1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]} + \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2} \right) \frac{\frac{K_v}{[\text{H}^+]} - [\text{H}^+]}{1 - \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2}}$$

Ez az egyenlet megadja az összefüggést a kálium-hidrogén-ftalát-oldat koncentrációja és pH-ja között, elhanyagolások nélkül. Ha behelyettesítjük a feladatbeli adatokat, akkor $c_{\text{KHA}} = -2,295 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ -t kapunk. A negatív érték azt jelenti, hogy a tiszta kálium-hidrogén-ftalát-oldat pH-ja semmilyen koncentrációnál nem lesz 4,005, legalábbis a savállandókból számolva.

Valójában persze igen, a $0,049578 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldat pH-ja (definíció szerint) 4,005. A számolás és az elektrokémiai mérés közötti különbséget az okozza, hogy a savállandókban az ionkoncentrációk helyett valójában az ionok ún. aktivitásai szerepelnek. Egy ion aktivitása csak nagyon-nagyon kis koncentráció esetén egyezik meg a koncentrációjával. (És még attól is függ, hogy milyen egyéb ionok és milyen koncentrációban vannak az oldatban). A valós oldatokban azonban az ionkoncentrációk ettől mindig nagyobbak, ezért a szokásos módon végzett pH-számolások az IUPAC által definiált pH-nak csak közelítő értékét adják.

Megjegyzések:

- 1.) A molalitás az 1 kg oldószerben feloldott anyagmennyiséget jelenti, nem pedig az 1 kg oldatban lévő anyagmennyiséget, ez több dolgozatban hiba volt.
- 2.) A feladat adatai 4-5 értékes jegy pontossággal voltak megadva, ezért az eredményeket is 4 értékes jegy pontossággal adjuk meg, a köztes számításokat pedig még nagyobb pontossággal végezzük, hogy a kerekítési hibák ne halmozódjanak! Ha valamilyen a feladat által meg nem adott adatot használunk,

ebben az esetben pl. a KOH moláris tömegét, akkor azt szintén 4 értékes jegy pontossággal tegyük, 56 g/mol helyett 56,11 g/mol!

3.) A feladatban hibásan szerepelt a kálium-hidrogén-ftalát moláris tömege, a helyes érték 204,23 g/mol. (Varga Bencée a dicséret, hogy észrevette ezt a hibát.)

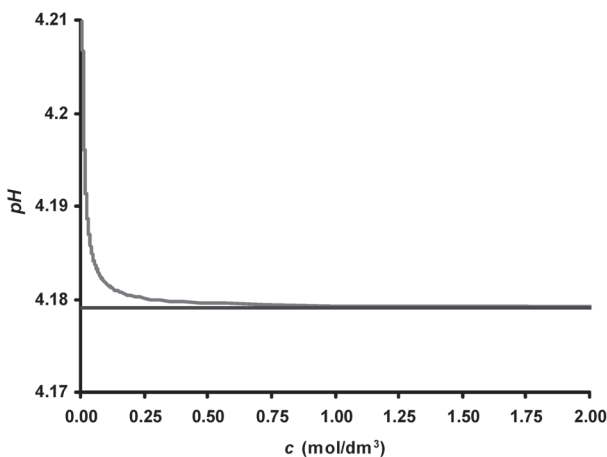
4.) Bolgár Péter ötletes megoldása a c) feladatrészre:

A 4,005 pH-jú oldatban a ftálsav-specieszek aránya:

$$[\text{H}_2\text{A}]:[\text{HA}^-]:[\text{A}^{2-}] = \frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} : \frac{[\text{H}^+]}{K_2} : 1 = 2,229 : 25,296 : 1$$

A ftálsav és a ftalátionok a hidrogén-ftalát-ionok hidrolízisének termékei, a ftálsav képződése közben hidroxidion, a ftalátion képződése közben oxóniumion szabadul fel. Mivel a specieszarány alapján ftálsavból van több, az oldatban több hidroxidionnak kellene lennie, mint oxóniumionnak. Ami ellentmond annak, hogy az oldat egyébként savas.

5.) Több megoldásban is előfordult, hogy az amfolitok pH-ját a $\text{pH} = (\text{p}K_1 + \text{p}K_2)/2$ képlettel közelíthetjük. Az alábbi grafikonon látható a kálium-hidrogén-ftalát-oldat pH-ja a koncentráció függvényében a (13) egyenlet szerint, elhanyagolások nélkül számítva illetve a fenti képlettel számolt közelítő érték. Látható, hogy ez igen jó közelítés, a hibája $0,02 \text{ mol/dm}^3$ -nél nagyobb koncentrációjú oldatok esetén $0,01 \text{ pH}$ egységnél kisebb.



(Kiss Péter)

HO-74.

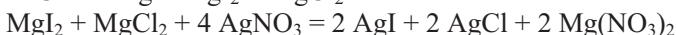
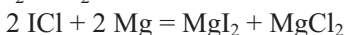
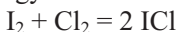
a) Az oldatból kivált színes csapadék ezüstsók, például ezüst-halogenidek keveréke. Ezért feltételezhetjük, hogy az **A** anyag két halogén vegyülete: ezek a jód (szilárd) és a klór (gáz). A fluor nem felel meg, mivel az AgF oldódik vízben. Ellenőrizzük le azt a lehetőséget, ha **A** a legegyszerűbb lehetséges vegyület: a ICl, mennyisége: $1,00 \text{ g} / 162,5 \text{ g/mol} = 0,00615 \text{ mol}$. Ekkor a csapadék tömege:

AgCl: $0,00615 \text{ mol} \cdot 143,5 \text{ g/mol} = 0,883 \text{ g}$

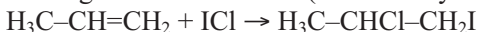
AgI: $0,00615 \text{ mol} \cdot 235 \text{ g/mol} = 1,446 \text{ g}$

Összesen: $0,88 \text{ g} + 1,45 \text{ g} = 2,33 \text{ g}$

Így tehát a ICl kielégíti a feladat feltételeit. A reakciók:



b) A ICl reakciója propilénnel analógiát mutat a Br₂-mal vagy HBr-dal való egyesüléssel. Ennek megfelelően a kisebb elektronvonzó-képességű jódatom a láncvégi szénatomra kerül (a Markovnyikov-szabálynak megfelelően):

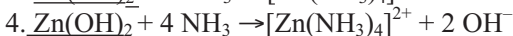
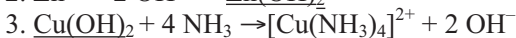


Melléktermékként keletkezik 2-jód-1-klór-propán is!

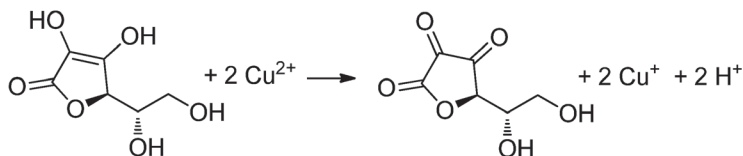
Pontozás: a) 8 pont, b) 2 pont.

21 megoldás érkezett, az átlagpontszám 7,6. Hibátlan megoldást adott be: Berencei László, Berta Dénes, Sebő Anna, Varga Bence és Zwillingner Márton. Többen azért rontották el a számolást, mert a magnéziumfelesleg és ezüst-nitrát reakciójából keletkező fém-ezüstöt tekintették a színes csapadékkeverék egyik komponensének. A feladat szövege nem hangsúlyozza, de kiderül, hogy a magnéziumfelesleget eltávolították („a reakció termékeit vízben feloldottuk” – a magnézium nem termék!). Gyakori hiba a Markovnyikov-szabály helyes alkalmazásának hiánya.

(Kiss Andrea, Vörös Tamás)

HO-75. A reakcióegyenletek (4,5 pont):

5.



A mérés elve (2 pont):

Az első titrálás a kétféle fémion együttes mennyiségét adja meg, a második titrálásban viszont csak a cinkionok vesznek részt. Az ammónia és az urotropin az optimális pH beállításához szükséges, ugyanis a fémionok az etilén-diamin-tetraecetsav négyszeres negatív savmaradékionjával képeznek komplexet, ez a részecske pedig savas oldatban nincs jelen megfelelő mennyiségben. Lúgos közegben a fémionok oldatban tartását is biztosítja az ammónia.

Számítások (3,5 pont):

Az átlagfogyások: $V_{1, \text{átlag}} = (10,25 \text{ cm}^3 + 10,32 \text{ cm}^3 + 10,33 \text{ cm}^3) / 3 = 10,30 \text{ cm}^3$ és

$V_{2, \text{átlag}} = (7,02 \text{ cm}^3 + 7,06 \text{ cm}^3 + 7,05 \text{ cm}^3) / 3 = 7,04 \text{ cm}^3$.

$M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 287,4 \text{ g/mol}$

$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,5 \text{ g/mol}$

$m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) =$

$= 287,4 \text{ g/mol} \cdot 0,00704 \text{ dm}^3 \cdot 0,05 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,039 \cdot 10 = 1,0511 \text{ g}$

$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) =$

$= 249,5 \text{ g/mol} \cdot (0,0103 \text{ dm}^3 - 0,00704 \text{ dm}^3) \cdot 0,05 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,039 \cdot 10 =$

$= 0,4225 \text{ g}$

(A számok rendre: moláris tömeg, mérőoldat fogyása, koncentrációja, faktora, a 10-es szorzó pedig abból származik, hogy a törzsoldat a vizsgált minták 10-szerese.)

A feladatra 26 megoldás érkezett, az átlagpontszám: 7,7. Hibátlan megoldást nyújtott be Berencei László, Berta Dénes, Bolgár Péter, Kovács Ádám, Palya Dóra, Sályi Gergő és Varga Bence. Nagyon jellegzetes típushiba nem volt. Azt szeretném kiemelni, hogy a 3. és 4. egyenletek lényege, hogy a csapadékot – amit jelölünk is az egyenletben – feloldjuk.

(Kiss Andrea)

***A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk
2012. február 20-ig postára adva:***

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A rovat e fordulójában a feladatok egy részét az idei, amerikai egyesült államokbeli diákolimpia gyakorló feladatai közül válogattuk.

H161. A szorbit vagy szorbitol ($C_6H_{14}O_6$) egy hat szénatomos cukoralkohol, melyet alacsony energiatartalma miatt elterjedten alkalmaznak pl. diétás élelmiszerekben. A cukoralkoholok kvantitatív meghatározására alkalmazható módszer az ún. Malaprade-reakció, melyben a cukoralkoholok perjodácionok hatására lánchasadással járó oxidáción mennek keresztül. Egy n szénatomos cukoralkohol 1 moljának bontása esetén 2 mol formaldehid és $(n-2)$ mol hangyasav képződik. A reakcióban a perjodácionokból jodácionok keletkeznek.

a) *Írd fel a reakció egyenletét!*

Ezután a perjodát feleslegét enyhén lúgos közegben, jodidionok segítségével mérik vissza. Ebben az esetben ugyanis csak a perjodácionok reagálnak a jodidionokkal, a jodácionok nem. A reakcióban perjodácionokból jodácionok képződnek, a jodidionokból pedig jód képződik, melyet nátrium-arsenitellel mérnek.

b) *Írd fel a reakciók egyenleteit!*

A meghatározás során a szorbit-törzsoldat $10,0\text{ cm}^3$ -es részletét $10,0\text{ cm}^3$ $0,1\text{ mol/dm}^3$ -es kálium-perjodát (KIO_4)-oldattal elegyítik, majd 50 cm^3 -re hígítják desztillált vízzel, és 1 g NaHCO_3 -t adnak hozzá apró részletekben.

c) *Becsüld meg, hogy mekkora lesz az oldat pH-ja!*

Ezután feleslegben KI-ot adnak a rendszerhez, és a kivált jódot mérik.

d) *A KI hozzáadása után nem célszerű hosszabb ideig állni hagyni az oldatot, ugyanis káros mellékreakciók indulnak be. Melyek lehetnek ezek?*

A méréshez $0,050\text{ mol/dm}^3$ -es Na_3AsO_3 -oldatot használva a fogyás $9,87\text{ cm}^3$ lett.

e) *Mekkora a törzsoldat szorbitkoncentrációja?*

f) *Mekkora lenne a fogyás, ha az 50 cm^3 -es oldatot a KI hozzáadása előtt savanyítanánk, (a térfogatváltozástól tekintsünk el), majd 5 cm^3 -ét $0,100\text{ mol/dm}^3$ -es ($f=1,046$) nátrium-tioszulfát-oldattal titrálnánk? Írd fel a reakcióegyenleteket is!*

g) *Mekkora fogyásokat kapnánk a két módszerrel, ha szorbitoldat helyett véletlenül desztillált vizet mérnénk be, és így végeznénk el a méréseket?*

- h) Melyik a megbízhatóbb módszer, ha célunk az, hogy minél kisebb koncentrációban tudjunk szorbitot mérni?

(Kramarics Áron)

H162. A $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ általános összegképletű szilícium-hidrogén vegyületeket szilánoknak hívjuk. Ugyan létezik bennük Si-Si kötés, de a szilíciumatomok számának növekedésével a vegyületek stabilitása csökken.

- a) Számítsd ki a Si-Si kötési energiát a Si_2H_6 vegyületben az alábbi adatok segítségével:

Kötési energia H-H = 436 kJ/mol

Kötési energia Si-H = 304 kJ/mol

$\Delta_f H [\text{Si(g)}] = 450 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_f H [\text{Si}_2\text{H}_6(\text{g})] = 80,3 \text{ kJ/mol}$

- b) Hasonlítsd össze a Si-Si kötést a C-C egyszeres kötéssel (kötési energia 347 kJ/mol). Milyen következtetések vonhatók le ebből a legalább $n=2$ szilánok stabilitásával kapcsolatban, összehasonlítva őket a megfelelő alkánokkal?

(olimpiai előkészítő feladat)

H163. Az **A** szintelen, gázhalmazállapotú nitrogén-oxidot oxigén feleslegével összekeverjük. A kapott keveréket egy -120°C -os csapdán átvezetve a szintelen **B** szilárd vegyület válik le. A **B** 2,00 g tömegű mintáját egy $1,00 \text{ dm}^3$ -es evakuált edénybe vezetve a barnás gőzök egyensúlyi nyomása $0,653 \text{ atm}$ $25,0^\circ\text{C}$ -on és $0,838 \text{ atm}$ $50,0^\circ\text{C}$ -on.

- a) Milyen vegyületekről van szó? Milyen folyamatok játszódnak le az edényben? Milyen adatokkal jellemezhető a kialakuló egyensúly?

A **B** vegyület fluorgázzal a **C** szintelen gázt adja, ami BF_3 gázzal a szintén szintelen, szilárd **D** sót képezi. **D** 1,00 g tömegű mintáját vízben feloldva és fenolftalein indikátor mellett $0,500 \text{ M}$ NaOH -oldattal titrálva a fogyás $30,12 \text{ ml}$.

A **D** nitrobenzol feleslegével reagálva főtermékként az **E** szerves vegyületet adja.

- b) Milyen vegyületekről és folyamatokról van szó?

(olimpiai előkészítő feladat)

H164. A szilíciumhoz hasonlóan a bór elemi állapotban nem, csak oxigénnel alkotott vegyületeiben fordul elő a természetben. Ahogy a szilícium oxigénnel alkotott vegyületeit, a bór-oxigén vegyületeket is nagyfokú változatosság és összetettség jellemzi. E vegyületekben a bóratomhoz kapcsolódhat három oxigénatom síkháromszöges $[\text{B}(\text{OH})_3]$, $[\text{BO}_3]^{3-}$ vagy $[\text{B}_3\text{O}_6]^{3-}$ vagy pedig négy oxigénatom tetraéderes geometriában $[\text{BO}_4]^{5-}$.

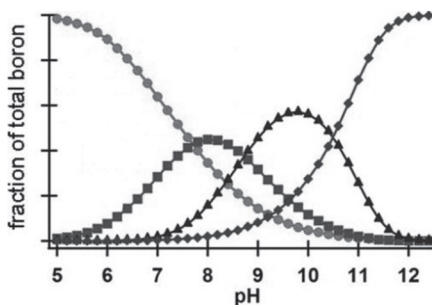
Az egyik legfontosabb bór-oxigén kötésekert tartalmazó vegyület az ionos bórax, melynek általában használt képlete $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Ezen vegyületet széleskörűen használják boroszilikát üvegek és üvegszálak készítése során.

A borohidridion (BH_4^-) hidrolízise során hidrogéngáz és borátionok keletkeznek. Mivel a borohidrid sók akár hidrogén tárolásra is alkalmasak lehetnek, ezért a borátok vizes oldatban mutatott kémiaiáját sokat tanulmányozták.

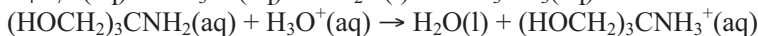
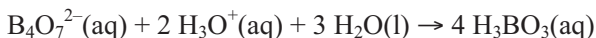
a) Egy $0,5 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú bórsav- $[(\text{B}(\text{OH})_3)]$ oldat specieszeloszlását mutatja az alábbi ábra, amelyen a pH függvényében ábrázolták az egyes specieszek móltörtjét a teljes bórartalomra vonatkoztatva. A fő komponensek a bórsav, a $\text{B}(\text{OH})_4^-$, $\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4^{2-}$ (a bórax anionja) és a $\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4^-$.

i) Jelöld a grafikonon, melyik görbe melyik komponenshez tartozik! Indokold a választásod!

ii) Hány síkháromszöges és hány tetraéderes bóratom van az összetett anionokban? Hogyan állapítható ez meg? Rajzold le mind a négy speciesz szerkezetét!



b) A bórax egy kiváló faktorozó alapanyag, amely segítségével savak pontos koncentrációját lehet meghatározni. Hasonlóan jó faktorozó alapanyag a nátrium-karbonát és a TRIS $((\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2)$. A bórax és a TRIS a következő rendezett egyenletek szerint reagál savakkal



Melyik faktoralapanyagnak – Na_2CO_3 , bórax, vagy TRIS – a legkisebb a relatív hibája? Tegyük fel, hogy a bemérés hibája $0,1 \text{ mg}$ és $40,0 \text{ cm}^3$ $0,020 \text{ mol/dm}^3$ HCl -oldattal titrálunk.

(olimpiai előkészítő feladat)

H165. Az ólom-kromát egy széleskörűen alkalmazott pigment, bár alkalmazási köre környezetvédelmi okokból jelentősen csökkent az elmúlt évtizedekben. A vegyület mindkét komponense egészségkárosító. A kromát különösen veszélyes, mert nagyon könnyen „mozog” a talajvízzel. Ezért a lakosságot még a krómtartalmú vegyületek ipari forrásától nagy távolságra lévő kutak vize is veszélyeztetheti.

- a) Tegyük fel, hogy egy szemétlerakóba került PbCrO_4 (sz) oldódik fel a $\text{pH}=6,000$ -os talajvízzel egyensúlyba kerülve. A következő egyensúlyi állandók segítségével számítsd ki az egyensúlyi Pb^{2+} , CrO_4^{2-} , HCrO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ koncentrációkat!

$$L = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 2,82 \cdot 10^{-13};$$

$$K_{s2} = [\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]/[\text{HCrO}_4^-] = 3,34 \cdot 10^{-7};$$

$$K_D = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]/[\text{H}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]^2 = 3,13 \cdot 10^{14};$$

$$K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-14}$$

- b) Egy toxikológus azt szeretné tudni, hogy mekkora összes kromáttartalom (Cr_T) esetén lesz az emberi gyomorban a hidrogén-kromát- és dikromátiókon egyensúlyi koncentrációja megegyező. A gyomornedv kémhatása $\text{pH} = 3,00$ -nak vehető. Mi lesz a keresett koncentráció?

(olimpiai előkészítő feladat)

HO-80. Elsőrendű reakciók, mint például a radioaktív bomlás esetében a bomlás sebessége egyenesen arányos a bomló anyag koncentrációjával:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

Ez a sebességi egyenlet a bomló anyag koncentrációjának exponenciális csökkenését hozza magával:

$$[A] = [A]_0 \exp(-kt)$$

A tipikusan kis koncentrációban jelen levő radioaktív anyagok esetében nem a koncentrációjukat, hanem a bomlás sebességét, az ún. aktivitást ($k[A]$) lehet könnyen mérni.

A bomlás sebességi állandója (k) helyett sugárzó anyagok esetén inkább a felezési idő ($t_{1/2}$, ami alatt a bomlást szenvedő anyag mennyisége megfeleződik) használatos.

A tórium és urán hosszú felezési idejű izotópjainak radioaktív bomlási sorában radioaktív izotópok egész sora keletkezik. A rövidebb felezési idejű leányelemek aktivitása zárt rendszerben az anyaelemek aktivitásával megegyező értéket vesz fel a leányelemek felezési idejének megfelelő időtartamon belül. Ha ez nem így történik, az azt jelzi, hogy a radioaktivitáson kívül más folyamatok is befolyásolják a leányelem mennyiségét.

Egy tó vizében az oldott ^{222}Rn (alfasugárzó, felezési idő $t_{1/2} = 3,8$ nap) radioaktív bomlásának sebességét $4,2 \text{ atom} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{hl}^{-1}$ -nek mérték. Az összes ^{222}Rn az oldott ^{226}Ra ($t_{1/2} = 1600$ év) bomlásából származik. Ezen bomlás aktivitása $6,7 \text{ atom min}^{-1} \text{ hl}^{-1}$. Az aktivitási értékek időben nem változnak, ami arra utal, hogy a

^{222}Rn mennyisége egy ismeretlen folyamat folytán csökken, hisz minden elbomló ^{226}Ra atomból egy ^{222}Rn atom keletkezik.

- Mi a ^{222}Rn koncentrációja a tó vizében (atom $\cdot\text{h}^{-1}$ és mol $\cdot\text{l}^{-1}$) egységben? Mi a ^{222}Rn radioaktív bomlásának terméke?*
- Tételezzük fel, hogy az ismeretlen folyamat is elsőrendű. Mi lesz a sebességi állandója min $^{-1}$ egységben? Az elemek kémiai tulajdonságait megfontolva milyen folyamatról lehet szó?*

(olimpiai előkészítő feladat)

HO-81. A rubídium természetben előforduló két izotópja közül az egyik radioaktív. A ^{87}Rb izotópból β^- -bomlással stabil ^{87}Sr keletkezik $4,923 \cdot 10^{10}$ év felezési idővel. A jelenlegi relatív gyakoriságok: ^{85}Rb 72,17%, ^{87}Rb 27,83%, a pontos atomtömegek: ^{85}Rb 84,9118 dalton, ^{87}Rb 86,9092 dalton.

- Mekkora jelenleg a rubídium relatív atomtömege?*
 - A Föld kb. 4,54 milliárd éves. Mekkora volt a Föld keletkezésekor a Rb relatív atomtömege, és az eredetileg a Földön lévő ^{87}Rb hány százaléka bomlott el mostanáig?*
 - Mennyi idő múlva éri el a Rb relatív atomtömege a 85,44-os értéket?*
- A jelenség zárt rendszerben természetesen kormeghatározásra is alkalmas. Bonyolítja azonban a helyzetet, hogy a ^{87}Sr is előfordul a természetben. Ahhoz, hogy a módszer működjön, ismerni kell a kiindulási ^{87}Sr mennyiségét. Ezt a problémát úgy küszöbölik ki, hogy egyrészt a mérés során nem abszolút mennyiségeket mérnek, hanem $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányokat, a kiindulási $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányt pedig extrapolációval vagy egyéb módon határozzák meg.
- Állíts fel összefüggést a kőzet korára, ha méréssel meghatározták az ásványban a jelenlegi $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányokat, valamint ismert a kőzet keletkezésénél érvényes $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arány!*
 - Ha a kiindulási $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arány 0,706; a jelenlegi értékek pedig: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}=0,250$ és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,718$, akkor mennyivel keletkezett később az ásvány, mint a Föld?*

(Kramarics Áron)

HO-82. A következő feladat a fémkomplexek izomerjeivel foglalkozik. E témakörben a KÖKÉL 2004/1. számában található egy összefoglaló Tarczay Györgytől.

- Hány sztereoizomerje van az alábbi négyes koordinációs számú, síknégyszetes szerkezetű platina(II)-vegyületeknek? Rajzold fel a szerkezetüket!*

- i) $(PPh_3)_2PtCl_2$;
 - ii) $[Pt(NH_3)(piridin)(NO_2)(NH_2OH)]^+$ (Csernyajev, orosz vegyész 1926-ban állította elő e vegyület diasztereomerjeit) (megj.: mind a NO_2^- , mind a NH_2OH a N atomjával kötődik a platina(II)-ionhoz);
 - iii) $Pt(en)Cl_2$ (en = etilén-diamin, $H_2NCH_2CH_2NH_2$).
- b) Rajzold fel a következő hatos koordinációs számú, oktaéderes kobalt(III)- és króm(III)-komplexek minden sztereoizomerjének szerkezetét!
- i) $Co(piridin)_3Cl_3$;
 - ii) $[Cr(oxalát)_2(H_2O)]^-$;
 - iii) $[Co(en)(NH_3)_2Cl_2]^+$.

Az átmenetifém-komplexek kutatásának egyik célja olyan vegyületek azonosítása, amelyek hatékonyan alkalmazhatóak rákos megbetegedések kezelésére. Egy különösen érdekes ilyen komplex egy ruténium(III) komplex anion, amelynek képlete: $[Ru(DMSO)(imidazol)Cl_4]^-$. A DMSO, dimetil-szulfoxid $[(CH_3)_2SO]$ komplexei különösen érdekesek, mivel a fémionhoz mind az O, mind a S atom kötődhet.

- c) Hány darab sztereo-, illetve konstitúciós izomerje lehetséges a $[Ru(DMSO)(imidazol)Cl_4]^-$ komplex anionnak?

A szerves világító diódában (organic light-emitting diode, OLED) az elektromos áram hatására egy szerves vegyületből készült film bocsájt ki fényt. Az OLED-et napjainkban számítógép- és mobiltelefon-képernyőkhöz használják. Az egyik, OLED-ekben sikerrel alkalmazott vegyület az alumínium(III) és 8-hidroxi-kinolin komplexe. Különböző szubsztituenseket tartalmazó ligandumokkal különböző hullámhosszú fény kibocsátása válik lehetővé.

Ezen vízzoldhatatlan vegyületek másik felhasználási módja az alumínium-tartalom gravimetriás meghatározása.

- d) Hány lehetséges sztereoizomerje van a $(C_9H_6NO)_3Al$ komplexnek, ha feltételezzük, hogy az Al^{3+} ionhoz a ligandumok oktaéderes koordinációval kapcsolódnak? Rajzold le a sztereoizomerek szerkezetét!

(olimpiai előkészítő feladat)