

GONDOLKODÓ



Feladatok kezdőknek

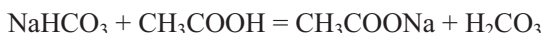
Szerkesztők: Nadrainé Horváth Katalin és Zagyi Péter
(katalin.nadrai@gmail.com, zagyi.peter@gmail.com)

Megoldások

K156.

- a) Az első kémcsőben az ecet(sav) beöntése után azonnal beindul a gázfejlődést tartósan jelző habképződés. Olyannyira, hogy a hab kifut a kémcsőből.

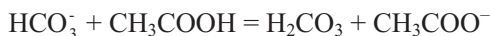
A két gyenge sav közül az ecetsav az erősebb, ezért kiszorítja a szénsavat (régies elnevezéssel a „savanyú”) sójából:



A savas közegben a szénsav – egyensúlyi reakcióban – vízre és szén-dioxidra bomlik:



Az első lépés típusát tekintve sav-bázis reakció. Az ecetsav (mint erősebb sav) protonálja a hidrogén-karbonát-iont (ami a savval szemben bázisként viselkedik). A reakció a vizes közegben valójában oxóniumionok közvetítésével játszódik le.



- b) A melegítést követően hamarosan gáz fejlődik, ami a mosogatószer jelenlétében ismét habképződéshez vezet. A nátrium-hidrogén-karbonát (szilárd állapotban sűrű pattogás közben) bomlik a hő hatására:



A reakció típusát tekintve termikus bomlás, mely során nem történik oxidációsszám-változás.

- c) Az élesztő a cukoroldatban lassú gázfejlődést indít be. A répacukrot (diszacharidot) a gomba enzimeji bontják monoszacharidokká:



Az élesztőgombák az erjedés (fermentáció) során a szőlőcukorból etil-alkoholt és szén-dioxidot, valamint saját maguk számára – ATP formájában – energiát termelnek.



A reakció típusát tekintve redoxireakció, amire a szénatomok oxidációs számának változásából tudunk következtetni. Az alkoholos erjedés enzimek által aktivált, biokatalitikus folyamat.

Hasonlóság: Mindhárom folyamatban gáz (szén-dioxid) fejlődik, ami a parázsló gyújtópálcával ki is mutatható.

Különbség: különböznek a reakciótípusok, és ennek megfelelően azok energiaigénye, illetve sebessége. A protonátlépés gyakorlatilag nem igényel aktiválási energiát, ezért szobahőmérsékleten is gyors a folyamat. A termikus bomlás fenntartása végig energiát igényel (vagyis nemcsak aktiválásról van szó), sebességét az energiaközlés határozza meg. Az erjedés bonyolult folyamata (az élesztő szaporodását is beleértve) tekinthető úgy, hogy az aktiválási energiaigény miatt indul lassan. A háziasszonyok tapasztalatból tudják, hogy langyos tejben vagy vízben kell indítani a folyamatot.

Vörös Zoltán és Madarasi Máté dolgozatának felhasználásával

(Róka András)

K157.

- a) A só olyan ionrácsos vegyület, mely kationból és savmaradékból áll. Mivel a kobaltsó kétféle elemből áll, ezért a savmaradékion csak egyatomos anion lehet. A savak molekulájában a hidrogénatom mindig nagy elektronegativitású atomhoz kapcsolódik kovalens kötéssel, ezért a VII. A és a VI. A oszlop elemei képezhetik nagy valószínűséggel a savmaradékiont. (Az V. A oszlop elemeinek hidrogénvegyületei inkább bázisos jellegűek.) A kobalt-halogenidek jól oldódnak vízben, ezért megfelelnek a feltételnek, az oxigéncsoportból az oxid nem só, a CoS pedig csapadék, a többi elem anionja is rosszabbul oldódó vegyületeket képez. A legnagyobb valószínűsége ezért a kobalt-halogenideknek van.

- b) Induljunk ki 100 g vízmentes sóból, benne 45,38 g kobalt van, melynek anyagmennyisége $45,38 \text{ g} / 59 \text{ g/mol} = 0,769 \text{ mol}$. Ha az anion halogenidion, akkor ennek kétszerese az anion anyagmennyisége, azaz 1,538 mol, aminek tömege $100 - 45,38 = 54,62 \text{ g}$.

$M(\text{anion}) = 54,62 \text{ g} / 1,538 \text{ mol} = 35,5 \text{ g/mol}$, ez a kloridion. (Kétszeres negatív töltésű anionra nem jön ki helyes megoldás.)

A kék színű vegyület képlete CoCl_2 .

$M(\text{CoCl}_2) = 130 \text{ g/mol}$. A lilás rózsaszín vegyület

41,5 grammjában legyen $x \text{ g CoCl}_2$, ami $x/130 \text{ mol}$ és

$(41,5 - x) \text{ g}$ kristályvíz, ami $(41,5 - x)/18 \text{ mol}$. Az oldásra használt víz anyagmennyisége 1,533 mol.

Az anyagmennyiség-törtre felírható:

$$0,1095 = \frac{\frac{x}{180}}{1,533 + \frac{x}{180} + \frac{41,5 - x}{18}},$$

amiből $x = 32,5 \text{ g}$ a vízmentes só valamint $41,5 - 32,5 = 9 \text{ g}$ a kristályvíz tömege.

$$n(\text{só}) : n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{32,5}{130} : \frac{9}{18} = 0,25 : 0,5 = 1 : 2.$$

A lilás rózsaszín vegyület képlete $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Induljunk ki 130 g (1 mol) CoCl_2 -ből, melynek térfogata:

$$\frac{130 \text{ g}}{3,356 \text{ g/cm}^3} = 38,737 \text{ cm}^3.$$

A hidrat térfogata $38,737 \text{ cm}^3 \cdot 3,28 = 127,06 \text{ cm}^3$, tömege pedig $1,87 \text{ g/cm}^3 \cdot 127,06 \text{ cm}^3 = 238 \text{ g}$.

A kristályvíz tömege $238 - 130 = 108 \text{ g}$, ami 6 mol kristályvíz.

A rózsaszín hidrat képlete $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

- c) A legtöbb kristályvizet tartalmazó rózsaszín kristályhidrát már enyhe melegítésre is elveszti kristályvizének egy részét. Minél magasabb a hőmérséklet, annál többet. Ezért a hőmérséklet emelésével egyre inkább kékké válik (30°C felett már például sötétkék).

- d) A CoCl_2 száraz levegőn kék marad, de ahogy nagyobb lesz a levegő páratartalma, színe a kékből előbb lilás árnyalatúra, majd rózsaszínre változik.
- e) Ha híg vizes oldattal írunk papírra, akkor alig látszik a halvány rózsaszín írás. Amikor a papírt láng fölé tartva óvatosan melegítjük, az írás a megjelenő kék szín miatt már jól olvasható.
- f) Hígítás hatására az egyensúly balra tolódik el, ezért a kék oldat ismét rózsaszín lesz. Sósav hozzáadása után az oldat megnövekedett kloridion-koncentrációja a kék komplex keletkezését segíti elő, ezért az oldat sötétebb kék lesz.
- g) A legtöbb vízmentes kobalt(II)-vegyület kék színű, ezért gyakori komponense kék festékanyagoknak. A kobaltkék pl. már több ezer éve is használták kerámiák díszítésére vagy ugyancsak régóta ismert a kék színű kobaltüveg előállítására is.

Az átlagteljesítmény 6,9 pont, nem volt hibátlan megoldás. Két jellemző hiba fordult elő a megoldásokban.

1. *A CoO szerepelt a lehetséges sók felsorolásában, bár végül oldhatósága alapján mindenki ügyesen kizárta. Az oxidok és hidroxidok nem lehetnek sók, mert nem sav és lúg reakciójában keletkeznek (Arrhenius).*
2. *Több versenyzőnek sem sikerült a $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ képletének meghatározása. Közülük mindenki azt a hibát követte el, hogy elfeledkezett a kristályvizes sóban levő kristályvíz anyagmennyiségéről, így nem adta hozzá az oldószer anyagmennyiségéhez az anyagmennyiségtört felírásánál.*

Ki kell emelni Vörös Zoltánt egyrészt elegáns megoldásáért, másrészt azért, mert a leírt változásokat kísérletileg is igazolta, illetve nagyon alaposan nézett utána a kékeny szó eredetének, szakirodalmi hivatkozásai tiszteletet érdemelnek. Nagyon ötletes volt Potyondi Anna és Potyondi Gergő sóból valamint lisztből készült figuráinak felhasználása a levegő páratartalmának kimutatására.

(Nadrainé Horváth Katalin)

K158.

- a) A gőz sűrűségéből kiszámítható az elemmolekulák moláris tömege:

$$M = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{p} = \frac{3416,9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 873 \text{ K}}{2 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 124 \text{ g/mol}.$$

Hasonlóképpen a hidrogénvegyület moláris tömege 34,3 g/mol-nak adódik. Azonosítható moláris tömeg csak XH_3 képletű vegyület esetében jön ki (31 g/mol), az elem tehát a foszfor.

Mivel $\frac{124 \text{ g/mol}}{31 \text{ g/mol}} = 4$, az elemmolekula képlete P_4 .

- b) A három allotróp módosulat közül a négyatomos elemmolekulát képező fehérfoszfor a legalacsonyabb olvadáspontú (1. módosulat).
A vörösfoszfor atomjai nagyon hosszú láncokat képeznek, míg a feketefoszfor atomjai már rétegben rendeződnek, tehát a polimerizáltság foka nagyobb. Minél több atom kapcsolódik össze erős kovalens kötással, annál kisebb a reakciókészség és az oldhatóság, illetve annál szorosabb lesz a térkitöltés, ennek megfelelően (az azonos tömegű) halmaz térfogata kisebb, a sűrűsége nagyobb lesz. Az atomok közti növekvő mértékű erős kötődés természetesen az olvadáspontot is emeli. Ennek megfelelően a második módosulat a vörösfoszfor, a harmadik pedig a feketefoszfor.
- c) Az első módosulat 1,823 grammjának térfogata 1 cm^3 . A másik két módosulat esetén ugyanehhez a tömeghez $0,844 \text{ cm}^3$ illetve $0,677 \text{ cm}^3$ térfogat tartozik, tehát a két sűrűség
 $1,823 \text{ g}/0,844 \text{ cm}^3 = 2,16 \text{ g/cm}^3$ illetve
 $1,823 \text{ g}/0,677 \text{ cm}^3 = 2,69 \text{ g/cm}^3$.

	1. módosulat	2. módosulat	3. módosulat
A módosulat neve	sárgafoszfor (fehérfoszfor)	vörösfoszfor	feketefoszfor
Sűrűsége (g/cm^3)	1,823	2,16	2,69
Rácstípusa	molekularács	láncszerkezetű atomrács	réteges atomrács
Szaga	kellemetlen	nincs	nincs
Olvadáspontja ($^{\circ}\text{C}$)	44,1	590 (nagy nyomáson)	610
Oldhatósága	apoláris oldószerekben	gyakorlatilag nem oldódik	gyakorlatilag nem oldódik
Áramvezetőképessége	szigetelő	szigetelő	félvezető
Reakciókészsége	nagy	kicsi	legkisebb
Tárolásának körülményei	víz alatt	közönséges körülmények között	közönséges körülmények között

- d) A vörösfoszfór kis mennyiségben mindig tartalmaz fehérfoszfort is, ami a levegő oxigénjével difoszfór-pentoxiddá oxidálódik. Ez rendkívül higroszkópos vegyület, ami a levegő vízgőztartalmával foszforsavvá alakul, ezért a mintát elfolyósítja.

A feladat pontátlagos 8,5 lett. Több hibátlan megoldás is született: Kovács Norbert, Tsitropoulos Georgios, Volford András, Vörös Zoltán. A legjobb munka Bauer Balázsé volt. Többen azt írták, hogy a fehérfoszfór szagtalan. Ezzel ellentétben jellegzetesen kellemetlen szagú elem, de érthető a tévedés, hiszen nem szabad szagolgatni, mert a gőze is mérgező. Gyakran előforduló hiba volt, hogy a módosulatok sűrűségét szakirodalomból írták be a versenyzők és nem a példa adatai alapján számolták ki. Bár az eltérés nem volt nagy, de árulkodó, ezért pontvesztéssel is járhatott. Általános probléma volt még a módosulatok oldhatóságának meghatározása. Sokan csak a vízoldhatóságra koncentráltak, ezért még a fehérfoszfort is oldhatatlannak vélték, holott sok (apoláris molekulákból álló) oldószerben jól oldódik, szén-diszulfidban például kiválóan: 800 g P₄/100 g CS₂.

Végül a feketefoszfórban rejlő furcsa ellentmondásról. Bár a három módosulat közül a fehérfoszfór a legkevésbé stabilis, mégis gőzből, olvadákból vagy oldatból közönséges körülmények között elsősorban ez válik ki. Végbemegy ugyan a fehérfoszfór → vörösfoszfór átalakulás, de igen lassan. A feketefoszfór előállítása fehérfoszfórból különleges körülményeket igényel (nagy nyomás és magas hőmérséklet). Ha már előállítottuk a feketefoszfort, akkor közönséges körülmények között stabil, nem igényel különleges tárolást.

(Nadrainé Horváth Katalin)

K159.

- a) Legyen X a központi atom és Y a ligandum jele. Mivel a vegyület molekulája lineáris, ezért a központi atomhoz két ligandum kapcsolódik, ennek megfelelően a képlete XY₂.

1 mol anyagban 201 g, ill. 254 g az összetevők tömege, vagyis X és Y relatív atomtömege 201 és 127 vagy 254 és 100,5. Előbbi a kémiaiilag reális megoldás: a vegyület a higany(II)-jodid, HgI₂.

A szintézis egyenlete: $\text{Hg} + \text{I}_2 = \text{HgI}_2$.

- b) $2 \text{KI} + \text{HgCl}_2 = \text{HgI}_2 + 2 \text{KCl}$

- c) A sárga csapadék (nagyon gyorsan) az alacsonyabb hőmérsékleten stabilisabb vörös módosulattá alakul.

- d) $M(\text{KI}) = 166 \text{ g/mol}$, $M(\text{HgCl}_2) = 272 \text{ g/mol}$
 A sztöchiometriai arány 2 mol KI (332 g) és 1 mol HgCl_2 (272 g), a telített oldatok tömegaránya ezért

$$\frac{332 \cdot 244}{144} \text{ g} : \frac{272 \cdot 106,5}{6,5} \text{ g} = 1 : 7,92.$$

A megoldások átlaga 7,5 pont. Három versenyző küldött be hibátlan megoldást, mindegyikük nagyon logikus és precíz gondolatmenettel oldotta meg a feladatot: Szabó Pál, Prajczér Petra és Vörös Zoltán. A legtöbben elfeledkeztek arról, hogy a két meghatározandó elem tömegarányának sorrendje nem volt ismert, ezért elméletileg kétféle megoldás is létezhetne (sok példában persze ez lehetséges is). Csak két versenyző fontolta meg mindkét lehetőséget: Volford András és Szabó Pál. Sok versenyző azért vesztett 1-2 pontot, mert vagy nem gondolta át alaposan a színváltozást, vagy nem indokolta meg azt. Az indoklás hiánya egyébként szinte minden feladat megoldására jellemző volt. Nem szabad elfeledkezni róla, mert a részfeladat teljes pontszáma csak ezzel együtt szerezhető meg. Itt kell még felhívni a figyelmet arra is, hogy a megoldás során nem elég megadni csak a végeredményt! A részletszámítások vagy a gondolatmenet kifejtése a megoldás legfontosabb része, pontszám csak ezért jár.

(Nadrainé Horváth Katalin)

K160.

- a) $3 \text{ A} \rightleftharpoons \text{B} + 2 \text{ C} + \text{H}_2\text{O}$

Mivel 1 mol víz tömege 18 g, ezért 2 mol C tömege 60 g (moláris tömege pedig 30 g/mol), 1 mol B tömege

$3,5 \cdot 18 \text{ g} = 63 \text{ g}$. A keletkezett anyagok összes tömege:

$63 + 60 + 18 = 141 \text{ g}$, ami egyben 3 mol A anyag tömege is, ezért $M(\text{A}) = 47 \text{ g/mol}$. Legyen az A oxosav általános képlete

$\text{H}_x\text{Y}_y\text{O}_z$, így az oxidációs számokra felírható:

$$x + 3y - 2z = 0 \quad (1)$$

Az atomok fele oxigénatom, ezért:

$$z = x + y \quad (2)$$

A két összefüggés alapján $y = x$, az általános képlet tehát $\text{H}_x\text{Y}_x\text{O}_z$.

Ha $x = 1$, akkor a

$$47 = 1 + M(\text{Y}) + 32$$

egyenlet alapján $M(\text{Y}) = 14$, tehát az elem a nitrogén, és az A oxosav a HNO_2 , salétromossav. (Az x értéke nem lehet egynél nagyobb a kis moláris tömeg miatt.) A salétromossavban levő N-atom a diszproporció miatt két különböző oxidációs számmal található meg a jobb oldalon, ezért B és C

anyagban is jelen van. Mivel C moláris tömege 30 g/mol, ezért $30 - 14 = 16$ g/mol moláris atomtömegű oxigén lehet a másik alkotó, így C csak a NO, nitrogén-monoxid lehet. Az atomok átalakíthatatlanságának törvénye alapján B képlete HNO_3 , ez a salétromsav. A diszproporció egyenlete:



- b) A salétromossav (A) vizes oldata kék, a salétromsav vizes oldata eleinte színtelen.
- c) Állás közben a salétromossav elbomlik, a keletkező nitrogén-monoxid színtelen és vízben nem oldódó gáz, ezért az oldat elszíntelenedik. A salétromsav (és az oldata is) fény vagy hő hatására bomlik:



A bomlás során keletkező NO_2 barna színű gáz, a vizes közegben feloldódik, ezért a salétromsav lassan megsárgul, majd megbarnul.

- d) A D anyag a salétromossav legegyszerűbben levezethető savanhidridje (2 mol savból egy mol vizet elméletben elvonva) a dinitrogén-trioxid, N_2O_3 . A bomlás egyenlete:

$\text{N}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{E}$, vagyis E egy nitrogénatomot és két oxigénatomot tartalmaz, tehát E anyag a NO_2 , nitrogén-dioxid. A disszociáció egyenlete:



- e) A tiszta dinitrogén-trioxid kék színű vegyület, állás közben a keletkező barna nitrogén-dioxid miatt zöldes árnyalatúvá válik.

Az átlagteltjesítmény 7 pont. Két versenyző oldotta meg hibátlanul ezt a feladatot: Vörös Zoltán és Tsitropoulos Georgios. Többen nem néztek utána a szakirodalomban a HNO_2 és a N_2O_3 színének, ezért a színváltozást is hibásan írták le. Néhány versenyző pedig csak az oxidációs számból következtetve alkotta meg a klór egy oxidját és oxosavát. Ha a tömegarányok alapján ellenőrizték volna feltételezésüket, akkor biztosan eljutottak volna a jó megoldásig.

(Nadrainé Horváth Katalin)

Feladatok

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2012. március 19-ig postára adva a következő címre várjuk:

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

K166. Tegyük 3-4 teáskanálnyi kristálycukrot egy hóálló pohárba, a kanál súlyával szorítsunk egy (lehetőség szerint erősen színező) gyümölcsös teafiltert a cukor felületére, majd a pohár falán óvatosan, lassan csorgatva rétegezzünk forró vizet a cukorra szorított filterre. Az összehasonlítás kedvéért végezzük el a kísérletet cukor nélkül is. Ebben az esetben célszerű a két párhuzamos jelenséget hosszú ideig (egy-két napig) nyomon követni. A cukros változat felső rétegéből időnként – egy másik kis kanállal óvatosan – mintát is vehetünk, hogy megízlelhessük az édesség mértékét.

Milyen folyamatok játszódnak le a kísérlet során? Mit tapasztalunk, és mi a jelenség magyarázata?

(Róka András)

K167. Az alkálifémek igen jól oldódnak higanyban (amalgámot képeznek), valamint folyékony ammóniában is (ekkor intenzív kék színű, az elektromos áramot jól vezető oldat keletkezik). Egy jól definiált összetételű, azaz képlettel leírható amalgámot úgy állítunk elő, hogy $73,53 \text{ cm}^3$ higanyban (sűrűsége $13,6 \text{ kg/dm}^3$) adott tömegű nátriumot oldunk. Ugyanekkora tömegű nátriumot 2202 cm^3 folyékony ammóniában (sűrűsége $0,62 \text{ g/cm}^3$) kell feloldani ahhoz, hogy telített oldatot kapjunk. A nátrium folyékony ammóniás telített oldatában $1,00 \text{ mol}$ nátriumot $5,37 \text{ mol}$ ammónia old $-33 \text{ }^\circ\text{C}$ -on.

a) *Határozd meg az amalgám képletét!*

b) *Hány tömegszázalékos oldatot kapunk, ha a vizsgált amalgámra 2 dm^3 desztillált vizet öntünk és megvárjuk a reakció lejátsszódását?*

(Nadrainé Horváth Katalin)

K168. Egy PC_xH_y szerves vegyület $1,0 \text{ mólját}$ $9,5 \text{ mol}$ oxigénben teljesen elégetjük. Az égéstermék gázfázisa 38 g/mol átlagos moláris tömegű gázelegy, folyadékfázisa pedig foszforsavoldat, amely az égés során keletkezett difoszfor-pentaoxid és víz reakciójából jött létre. Ebben az oldatban $127,3 \text{ g}$

difoszfor-pentaoxidot kell oldani ahhoz, hogy az oldat 98 tömegszázalékos legyen foszforsavra nézve.

a) Írd le az égés általános egyenletét!

b) Mi a vegyület képlete?

c) Hány százalékos oxigénfelesleget alkalmaztunk?

(Nadrainé Horváth Katalin)

K169. A laboratóriumban egy-egy – eredetileg tiszta – kalcium- és lítiumdarabkát nem megfelelő körülmények között tároltak, ezért mindkét fém egy része átalakult. Az átalakult fémeket további vizsgálatnak vetjük alá. A lítium száraz levegőn elsősorban nem az oxigénnel reagál, hanem nitriddé (Li_3N) alakul. A vizsgált esetben a kiindulási lítium 10 százaléka alakult át nitriddé (minden más reakciótól eltekintünk).

a) Írd le a nitrid képződésének egyenletét!

Ha ezt az átalakult lítiumot vízzel reagáltatjuk, akkor a nitridből ammónia keletkezik.

b) Írd le a vizsgált lítiumminta és a víz reakciójának egyenleteit!

A kalcium egy része a levegőn oxidálódik, illetve a keletkezett oxid bizonyos mennyisége elkarbonátosodik.

c) Írd le a kalcium fenti átalakulásának egyenleteit!

Ha a kalciumminta egy részletét levegőn hevítjük, akkor a hevítés utáni maradék tömege megegyezik a kiindulásival.

d) Írd le a hevítés során fellépő kémiai változás egyenleteit!

Ha a rosszul tárolt kalciumminta másik részletét sósavval reagáltatjuk, akkor össze tudjuk hasonlítani a két fémből fejleszthető gázok mennyiségét. A nem megfelelően tárolt lítiumminta 1,00 grammjának vízzel, valamint a kalciumminta 1,00 grammjának sósavval való reakciójában a fejlődő gázok térfogataránya (azonos körülmények között) 20,3 : 1,00. (Valamennyi gáz vízben való oldódásától eltekinthetünk.)

e) Írd le a kalciumminta és a sósav reakciójának egyenleteit!

f) Határozd meg a levegőn tárolt kétféle fém tömegszázalékos összetételét!

(Nadrainé Horváth Katalin)

K170. A hidrogén ipari előállításának egyik lehetősége az, hogy izzó szénen vízgőzt vezetnek át (vízgázreakció). Ha a vízgáz hidrogéntartalmát növelni akarják, akkor speciális katalizátort is alkalmaznak, ilyen körülmények között a szén-monoxid is reagál a vízgőzzel (megfordítható folyamatban). Egy így előállított háromkomponensű vízmentes gázelegyet NaOH-oldaton vezetünk át. A lúgoldatból kilépő gázelegy nyomása 10 százalékkal csökken (azonos hőmérsékleten és térfogaton).

- a) *Írd le a gázelegy képződésekor lejátszódó változások egyenletét!*
- b) *Írd le a lúgoldatban végbemenő kémiai átalakulás egyenletét!*
- c) *Határozd meg a gázelegy térfogatszázalékos összetételét!*
- d) *Milyen térfogatú (25 °C hőmérsékletű és 0,1 MPa nyomású) gázelegyet kell elméletileg elégetni ahhoz, hogy 10 kg tömegű –10 °C-os jégből 6 °C-os vizet állíthassunk elő, ha tudjuk, hogy a felszabadult hőmennyiségnek csak a 60 százaléka hasznosul?*

Egy gramm szén-monoxid elégetésekor 10,11 kJ hőmennyiség szabadul fel, egy mol hidrogén elégetésekor pedig 242 kJ. A jég moláris hőkapacitása $37,62 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. (A mértékegységből leolvasható, hogy a moláris hőkapacitás az a hőmennyiség, amely egységnyi anyagmennyiségű vizsgált anyag hőmérsékletének 1 K-nel való emeléséhez szükséges.) A jég moláris olvadáshője $6,03 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. A víz fajlagos hőkapacitása $4,19 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

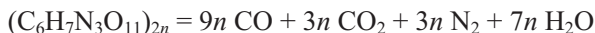
(Nadrainé Horváth Katalin)

Feladatok haladóknak

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

Megoldások

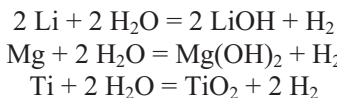
H156. a) A nitrofilm alapanyaga cellulóz-nitrát polimer, amiben jellemzően a glükózegységek mindhárom szabad hidroxilcsoportját salétromsavval észterestítették. A videó tanúsága szerint gyakorlatilag lehetetlen a már égő nitrofilmet eloltani, hisz víz alá merítve, homokba, oltóporba, habba, szénsavhóba temetve is folytatja az égést. Ennek oka az, hogy a nitrocellulóz égési reakciója oxigén nélkül is folytatódik, még ha olyankor a termékek között ott lesz a továbboxidálható szén-monoxid. Nem véletlenül használták robbanóanyagnak is a nitrocellulózt.



A reakció erősen exoterm is, ezért még a nagy hőkapacitású oltóanyagok sem voltak képesek annyira lehűteni az égő filmet, hogy a reakció leálljon, tehát az égéshez szükséges hőmérséklet is fennmarad.

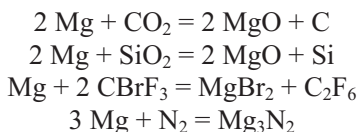
b) A felsorolt, meggyulladásuk esetén veszélyes fémek között szerepeltek alkálifémek is, amelyeknek reaktivitása közismert. A szerkezeti elemnek is használt titán, magnézium, alumínium szintén erősen redukáló anyagok, de reaktivitásuk kevésbé közismert, mert egyrészt oxidréteg védi felületüket, másrészt jó hővezetőként nehéz elegendően magas hőmérsékletre hevíteni őket. Finomabb eloszlásban, poruk, forgácsuk könnyebben meggyullad, és a már égő, magas hőmérsékletű fém vagy olvadéka igencsak hevesen redukál.

Vízből az erősen redukáló anyagok hidrogént fejlesztenek, ami ilyen esetben további robbanásveszélyt okoz:



Az akkumulátorokban használt lítium esetében ez szobahőmérsékleten, a magnézium esetében forró vízzel, a titán esetében még magasabb hőmérsékleten, vízgőzzel történik meg. Ilyen esetről is készítettek tűzoltók videót. A filmen egy titán-újrafeldolgozással foglalkozó üzem tüze és a vízzel végzett oltás következményei láthatóak: <http://goo.gl/kk4QP>.

Az erősen redukáló fémek a többi elterjedt oltószerrel is képesek lehetnek reakcióba lépni. A szén-dioxid és a homok szilícium-dioxidjának oxigéntartalmát elvonhatják, a halonokkal fém-halogenidet adhatnak, a nitrogéngázzal nitrideket képezhetnek megfelelő körülmények között. Példának írjuk fel a magnézium egy-egy lehetséges reakcióját szén-dioxiddal, szilícium-dioxiddal, halon 1301-gyel és nitrogénnel:



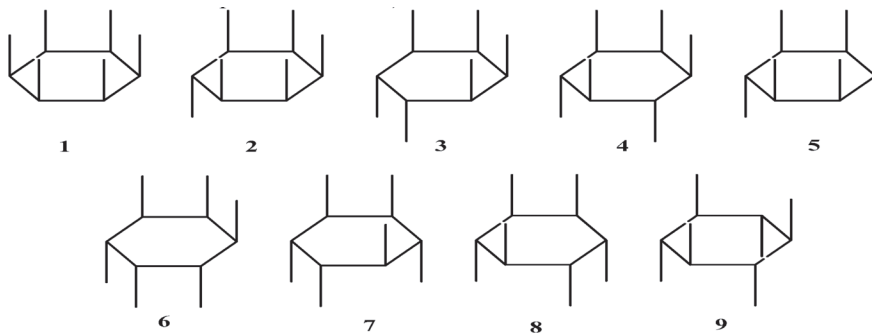
A reakciók termékei erősen függenek a körülményektől és az arányoktól, ezért sokféle egyenlet és más termék is elképzelhető.

A hatásos oltóanyagok közül az argongáz gyakorlatilag teljes inertsége miatt működik, hisz elzárja az égő anyagot a többi reakciópartnertől. Az argonnak csak igen instabil vegyületeit tudták eddig extrém alacsony hőmérsékleten kimutatni. A szilárd konyhasó és a grafit alkalmazhatósága is hasonlóan indokolható. A legerősebb redukálószer sem képes őket tovább redukálni, és elzárják az égő fémeket a levegőtől. A só megolvadhat, a szén esetleg szilárd fém-karbidokat képezhet, de egyik sem heves, sok energia felszabadulásával járó folyamat.

(Magyarfalvi Gábor)

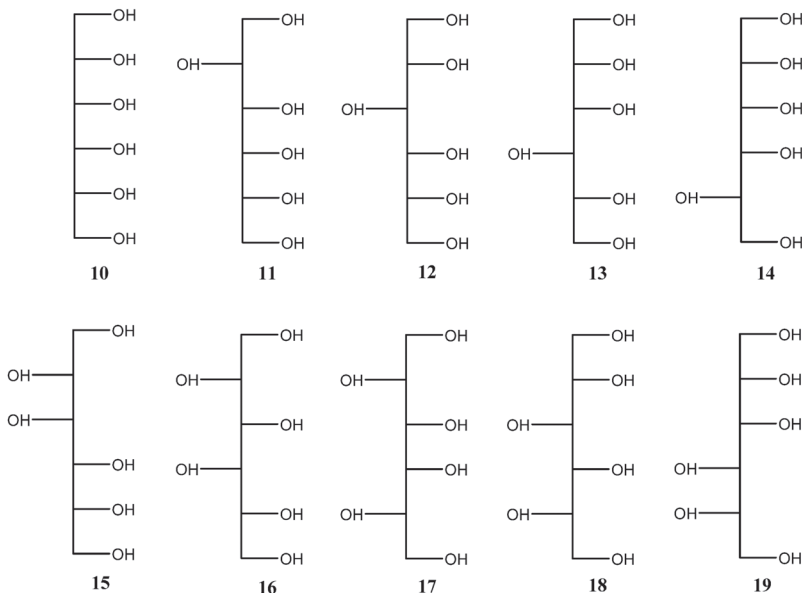
H157. a) A ciklohexán-1,2,3,4,5,6-hexolnak összesen 9 tényleges izomerje van.

(Megjegyzés: Az átláthatóság kedvéért a hidroxilcsoportokat nem rajzoltuk ki. Itt most a vonalak végein természetesen nem metilcsoportok, hanem hidroxilcsoportok vannak.)



A 7 és 8 királisak, enantiomerpárt alkotnak. A többi akirális, hiszen van belső tükörsíkjuk. (2 pont)

A hexán-1,2,3,4,5,6-hexolnak összesen 10 ténizomerje van.



10 és 17 akirális, hiszen van belső tükörsíkja. A többi kiralis. Enantiomerpárok: 11-14, 12-13, 15-19, 16-18.

Megjegyzés: A Fischer-projekcióban a legfelső és legalsó, láncvégi szénatomok nem kiralitáscentrumok (CH_2OH csoport!), így ezeket csupán egyezményes alapon rajzoljuk jobbra, nem konfigurációt jelölünk vele!

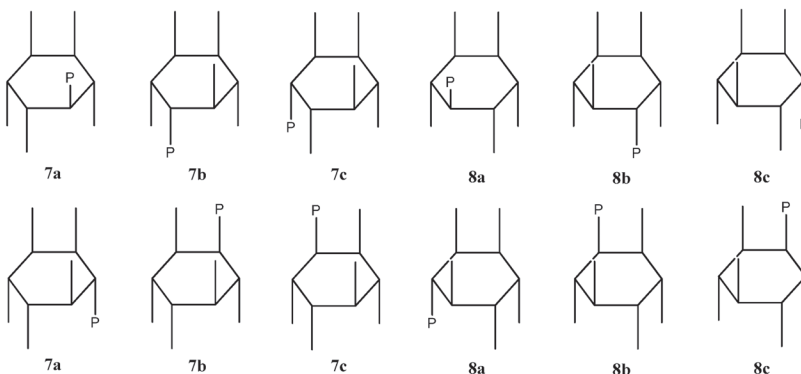
(2 pont)

b) A monofoszfát-származék foszfátésztert jelent. Tehát az egyik OH-csoportot észtereszítettük foszforsavval. A rajzokon az egyszerűség kedvéért P-vel jelöltük a foszfátcsoportot.

A ciklohexán-hexolnak összesen 32 monofoszfát-származéka van, az alábbiak szerint.

- 1-ből és 9-ből 1-1 akirális származék állítható elő, hiszen az OH-csoportok ekvivalensek.
- 2-ből és 4-ből 6-6 származék állítható elő, ugyanis valamennyi OH-csoport megkülönböztethető. (Abban az esetben, ha a szimmetriatengelyre eső OH-csoportok valamelyikét észtereszítjük, akirális molekulát, ha pedig a maradék 4 OH-csoport valamelyikét, akkor 2-2 enantiomerpárt kapunk).

- **3-ból** szintén 6 származék állítható elő. (Mivel itt egyik OH-csoport sem esik a szimmetriasíkra, 3 enantiomerpárt kapunk.)
- **5-ből és 6-ból** 3-3 származék állítható elő. (Ha a szimmetriasíkra eső OH-csoportok valamelyikét észteresítjük, akkor ugyanazt az akirális molekulát kapjuk, a maradék 4 OH-csoport észteresítésével pedig egyetlen enantiomerpár állítható elő. A többi származék egyszerű forgatással átvihető ezek valamelyikébe!)
- **7-ből és 8-ból** összesen (!) csak az alábbi 6 származék állítható elő.



Vegyük észre, hogy az ábrán azonos módon jelölt molekulák egyszerű forgatással egymásba vihetők! Így tehát a **7-ből és 8-ból** összesen 3 enantiomerpár állítható elő: **7a-8a, 7b-8b, 7c-8c**.

(3 pont)

A hexán-hexolnak összesen 48 monofoszfát-származéka van az alábbiak szerint. Egy lehetséges gondolatmenet:

- Ha a Fischer-projekciók legfelső OH-csoportját észteresítjük, 10 különböző molekulát kapunk.
- Ha a felülről második, ill. harmadik OH-csoportokat észteresítjük, újabb 10-10 különböző molekulát kapunk.
- Ha a felülről 4-6. OH-csoportokat észteresítjük, akkor a **15-16** és **18-19** molekulák esetében ugyanazokat a molekulákat kapjuk, mint amiket a felülről 1-3. OH-csoportok észteresítésével kaptunk, a többi molekula észteresítésével azonban 3-3 újabb származékhoz jutunk.

Egy másik lehetséges gondolatmenet:

Bárhová is kerül a foszfátcsoport, eltűnik a belső tükörsík, és 4 valódi kiralitáscentrum lesz a molekulában. Összesen 3 különböző konstitúció van, így $3 \times 2^4 = 48$ izomer (24 enantiomerpár) lehetséges.

Vegyük észre, hogy a **15-16** és a **18-19** molekuláknak kevesebb monofoszfát-származéka van, mint a többinek. Ennek oka, hogy ezen molekulákat a „szénlánc közepe” körül a papír síkjában elforgatva enantiomerpárjukat kapjuk, így a szénlánc „alsó és felső vége” nem különböztethető meg. Az összes többi molekulára ez nem igaz.

(3 pont)

Természetesen minden más helyes, és követhető gondolatmenet maximális pontszámot ért.

Összesen 24 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 5,38.

A legszebb megoldásokat Bolgár Péter, Czipó Bence és Zwillingner Márton készítették.

A leggyakoribb hibákat azon ismeret hiánya okozta, hogy amelyik molekulának van belső tükörsíkja, az soha, semmilyen esetben nem lehet királis. Sokan nem vették észre, hogy két, különbözőnek vélt molekula egyszerű forgatással fedésbe hozható.

(Koltai András)

H158. a) A tüdőbe jutó levegő mennyisége: $15 \cdot 0,5 \text{ dm}^3 = 7,5 \text{ dm}^3$ percenként, nyomása 100 kPa, hőmérséklete 310 K. Ebből kiszámolható az oxigén tömege $m(\text{O}_2) = (p \cdot V (\text{levegő}) \cdot 0,21 \cdot M(\text{O}_2)) / (R \cdot T) = 1,956 \text{ g}$.

b) A két telítettségi fokot megkapjuk, ha a megadott képletbe értelemszerűen behelyettesítünk. Így:

vénás vérben $\alpha_1 = 0,0533^{2,8} / (0,0533^{2,8} + 8,15 \cdot 10^{-5}) = 0,770$

verőeres vérben $\alpha_2 = 0,133^{2,8} / (0,133^{2,8} + 8,15 \cdot 10^{-5}) = 0,977$

c) Ebben a feladatrészen sok, az eredeti feladat pontatlan kitűzéséből eredő félreértéssel találkozott a javító. (A pongyolaságokért utólag is elnézést kér a szerkesztő!)

Az első probléma az volt, hogy a feladatból nem derült ki egyértelműen, hogy mi a hemoglobin oxigénfelvételének elméleti maximuma. Szóba jöhet a szerkezetből adódó maximum (hemoglobinonként 4 oxigénmolekula), ekkor:

$$n(\text{O}_2) = 4 \cdot \alpha_2 \cdot n(\text{Hb}) \quad *$$

De a Hill-összefüggés által sugallt hemoglobinonként 2,8 oxigénmolekula alapul vétele is teljes értékű megoldásnak számít. Ekkor:

$$n(\text{O}_2) = 2,8 \cdot \alpha_2 \cdot n(\text{Hb}) \quad **$$

A másik tisztázatlan pont a feladatban a „vérben az oxigén nyomása” megfogalmazás volt. Ez azt takarta, hogy a vérben oldott oxigén ilyen parciális nyomású gázzal volt egyensúlyban.

Ezek alapján a gáztérfogat (feltételezve hogy a hemoglobin maximum 4 oxigént köt meg) a testben lévő hőmérséklettel és a légköri nyomással számolva:

$$V(\text{O}_2) = n \cdot R \cdot T / p = 0,234 \text{ dm}^3$$

A szervezet által felhasznált oxigén mennyiségét jól tükrözi, ha a kötőhelyek telítettségét hasonlítjuk össze:

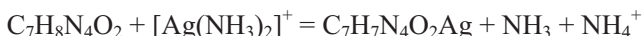
$$\eta = (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot 100 / \alpha_2 = 21,3 \%$$

d) A szervezet naponta $8000/400 \text{ mol} = 20 \text{ mol}$ oxigént fogyaszt. Ez percenként $20/1440 \text{ mol} = 0,0139 \text{ mol O}_2$. A vérben az előzőek alapján (* egyenlet) literenként $9,088 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ oxigén van. Ebből felhasználódik $1,933 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. Tehát a szív percenként $1/0,139 = 7,2 \text{ liter}$ vért pumpál. A ** egyenlet alapján számolva $10,2 \text{ liter}$ jön ki.

A feladatra összesen 28 megoldás érkezett. Az értelmezési nehézségek ellenére sokan adtak be szép megoldást.

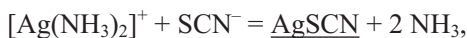
(Érsek Gábor)

H159. Az ammóniás AgNO_3 ($\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$) oldat a teobrominnal mindenképp reagál a feladat szövege szerint. A keletkező csapadék moláris tömege arra utal, hogy az 1:1 arányú ezüstsó keletkezik. Az ezüsttel reagáló másik vegyület a moláris tömege szerint a teofillin kell legyen, de ebben az esetben a kapott vegyület nem válik ki az oldatból. Mindkét esetben a vegyületekben található N-hez kötődő savas hidrogén reagál az alábbi bruttó egyenlet szerint:



A reakció során kivált $0,0975 \text{ g}$ teobromin-csapadék mennyisége:

$0,0975 \text{ g} / 287 \text{ g/mol} = 3,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Az AgNO_3 feleslegének titrálása:



a végpontjelzés:



Ezek alapján a teobrominos és a teofillines reakcióra fogyott AgNO_3 mennyisége: $0,0200 \text{ dm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 - 0,00975 \text{ dm}^3 \cdot 0,104 \text{ mol/dm}^3 = 9,86 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Ebből $3,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ fogyott a teobrominra és $6,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ a teofillinre. A fenti módszerrel e két összetevő mennyisége adható meg az oldatban: $3,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ teobromin; $0,0612 \text{ g}$ és $6,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ teofillin; $0,116 \text{ g}$.

(7 pont)

d) Az alkaloidok mennyiségére felírható az alábbi egyenletrendszer:

$$2,45 \cdot c_{\text{teobromin}} + 1,16 \cdot c_{\text{teofillin}} + 12,66/7,72 \cdot 0,05 \text{ g/dm}^3 / 194 \text{ g/mol} = 5,93 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$3,67 \cdot c_{\text{teobromin}} + 0,58 \cdot c_{\text{teofillin}} + 11,45/7,72 \cdot 0,05 \text{ g/dm}^3 / 194 \text{ g/mol} = 5,93 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Ebből $c_{\text{teobromin}} = 5,14 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ és $c_{\text{teofillin}} = 3,84 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$.

Ezek alapján a koncentrációk:

	B-oldat	C-oldat
$c_{\text{teobromin}}$	$1,26 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$	$1,88 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
$c_{\text{teofillin}}$	$4,45 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$	$2,22 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
c_{koffein}	$4,23 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$	$3,82 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

(3 pont)

A feladatra összesen 28 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 8,1 pont. Hibátlan megoldást 9 tanuló küldött be. Gyakori hiba volt a titrálás során a végpontjelzésnél lejátszódó reakció egyenletének hiánya.

(Vörös Tamás)

H160.

a) A hevítés hatására keletkező fém-oxidról feltételezve hogy M_2O_x összetételű, felírhatjuk az alábbi egyenletet, ahol M -mel az **M** fém moláris tömegét jelöljük:

$$\frac{2M}{16x + 2M} = 0,7688$$

Ezeket egész x értékekre ($x = 1-8$) megoldva csak $x = 7$ esetén kapunk reális, a feladat további részének megfelelő értéket. Ekkor $M = 186,2 \text{ g/mol}$ -nak adódik, ami a rénius (Re) moláris tömege. A **G**-vel jelölt sóban az alkálifém feltételezhetően kálium, mivel csak ezt az alkálifémet adtuk a rendszerhez a reakciók során. Továbbá sejthető, hogy **G** brómot is tartalmaz. A $(m/m)\%$ -os összetétel értékek alapján **G** összetételére $K_2\text{Re}_2\text{Br}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ adódik (0,6 pont). A további, betűvel jelölt vegyületek:

A: Re_2O_7

B: HReO_4

C: ReO_3

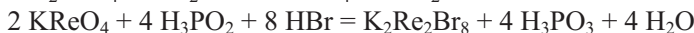
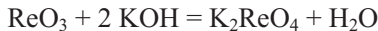
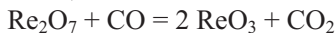
D: K_2ReO_4

E: ReO_2

F: KReO_4

(6·0,4 = 2,4 pont)

A lejátszódott reakciók egyenletei:



(6·0,5 = 3,0 pont)

b) A ReO_3 egy elemi cellájában 1 Re atom és 3 O atom található, ennek tömege összesen:

$$\frac{186,2 \text{ g/mol} + 3 \cdot 16,00 \text{ g/mol}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} = 3,889 \cdot 10^{-22} \text{ g},$$

az elemi cella térfogata: $\alpha^3 = (3,734 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3 = 5,206 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$.

Ez alapján **C** sűrűsége:

$$\rho_C = \frac{3,889 \cdot 10^{-22} \text{ g}}{5,206 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3} = 7,470 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3 = 7,470 \text{ g/cm}^3$$

(1 pont)

c) 1,000 g **B**-t 0,500 dm³ vízben oldva a kapott oldat koncentrációja:

$$c_0 = 7,962 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$10^{-pK_s} = \frac{[\text{H}^+][\text{ReO}_4^-]}{c_0 - [\text{H}^+]}, \text{ ebből } [\text{H}^+] = 7,962 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3; \text{ pH} = 2,10.$$

(1 pont)

d) A töltésmérleget felírva: $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{ReO}_4^-]$

Ebbe behelyettesítve a $\text{pH} = 6,10$ -hez tartozó $[\text{H}^+] = 7,94 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ értéket, valamint a vízionszorzatból számolható $[\text{OH}^-] = 1,26 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$ értéket $[\text{ReO}_4^-]$ értékére $7,81 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ adódik. Ezt behelyettesítve a

$$10^{-pK_s} = \frac{[\text{H}^+][\text{ReO}_4^-]}{[\text{HReO}_4]}$$

képletbe, $[\text{HReO}_4] + [\text{ReO}_4^-]$ értékére $7,81 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ -t kapunk, ami 0,100 dm³ oldat esetén $1,96 \cdot 10^{-5} \text{ g B}$ anyagot jelent. (2 pont)

A feladatra összesen 28 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 7,2 pont. Hibátlan megoldást küldött be Berencei László és Sályi Gergő. Gyakori hiba volt a megadott pK_s értékből történő rossz savállandó számítása, valamint a d) feladatrészen a víz autoprotolízisének figyelmen kívül hagyása.

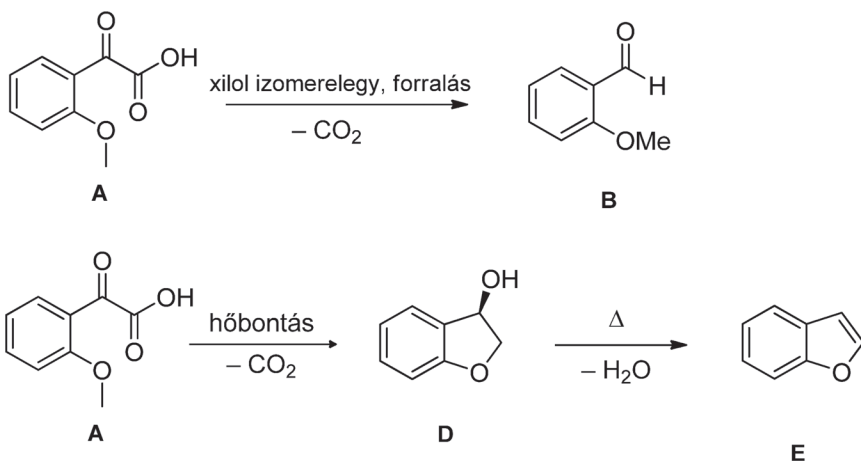
(Vörös Tamás)

HO-76. Az **A** vegyület 35,52 (m/m) %, míg **E** 13,54 (m/m) % oxigént tartalmaz, ez alapján $M(\mathbf{A}) = n \cdot 45,05$ g/mol és $M(\mathbf{E}) = m \cdot 118,2$ g/mol, ahol m és n egész számok. Mivel **E** biciklusos és heteroaromás, így a tömege és az oxigéntartalma alapján csak a benzofurán – $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}$ – lehet. **C** gáz CO_2 , **F** pedig H_2O , amit az $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{D} \rightarrow \mathbf{E}$ irányba csökkenő oxigéntartalom is igazol. A **E** vegyület **D**-ből keletkezik vízkilépéssel, így **D** összegképlete $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$, s mivel biciklusos, de nem tartalmaz két aromás gyűrűt, ezért a második gyűrűben lévő kettős kötés csak a víz kilépésével keletkezhett, tehát **D** benzofuranol.

A CO_2 -kilépés és a savas kémhatás alapján **A** egy karbonsav lehetett, aminek első lépésben a decarboxileződése játszódott le, majd egy vízkilépéssel benzofurán keletkezett belőle. **A** tehát 4 O atomot tartalmaz, moláris tömege $M(\mathbf{A}) = 180,2$ g/mol, összegképlete pedig $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$. **B** az ánizsban is megtalálható $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ összegképletű 2-metoxi-benzaldehyd az **A**-ból CO_2 -kilépés mellett képződik.

Az **A** karbonsav szerkezete az összegképlete és a két reakciója alapján meghatározható. A karboxilcsoport a képződött termékek alapján egy ketocsoporton keresztül kapcsolódik a molekulához, így tehát az **A** vegyület az (*o*-metoxifenil)-glioxálsav. Ez alapján a **D** vegyület pontos szerkezete tehát 2,3-dihidrobenzofuran-3-ol, mely egy kiralitáscentrumot tartalmaz.

A végbement reakciók egyenlete:



A feladat a vártnál nehezebbnek bizonyult, a legnagyobb probléma az A vegyület szerkezetének meghatározása volt. A feladatot hibátlanul oldotta meg Berta Dénes (Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest). Kiemelést érdemel még Sulyok-Eiler Máté (Eötvös József Gimnázium, Budapest), aki szintén helyesen oldotta meg a feladatot, de nála a gondolatmenet részletezését hiányoltam.

(Sarka János)

HO-77. a) A **B**, **C** és **D** vegyületek egyre növekvő tömegszázalékos fémtartalma alapján, valamint abból, hogy az **A** anyagot növekvő mennyiségű **E**-vel reagáltatva **B**, **C**, majd **D** anyagot is megkaphatjuk, sejthető, hogy **A** egy többértékű sav. A tömegszázalékos összetételt vizsgálva megállapítható, hogy a vegyületek:

A: H_3PO_4

B: NaH_2PO_4

C: Na_2HPO_4

D: Na_3PO_4

E: NaOH

F: H_2O

(6 pont)

b) (Sályi Gergő megoldása alapján) Vizsgáljuk meg az oldatok kémhatását, majd az oldatokból AgNO_3 -tal teljes mértékben leválasztott csapadékok feletti oldat kémhatását! Ekkor az alábbiakat tapasztaljuk, mely alapján eldönthető, hogy mi volt a kiindulási oldat:

(2 pont)

Ismeretlen oldat	Ismeretlen oldat kémhatása	Csapadék feletti oldat kémhatása
NaH_2PO_4	gyengén savas	savas
Na_2HPO_4	gyengén lúgos	gyengén savas
Na_3PO_4	lúgos	semleges

(2 pont)

c) (Sályi Gergő megoldása alapján) Több lehetőség is van ilyen egyenlet írására, ahol az együtthatók összege 14, pl.:



(1 pont)

Ahogy az a fenti egyenletben is látszódik, az együtthatók összege mindig páros szám. Ennek oka, hogy az előbbi képletekkel felírható egyenletek mindegyike cserebomlás, azaz n kiindulási anyagból n termék képződik, összesen $2n$ együttható szerepel az egyenletekben, tehát olyan egyenlet nem írható fel, amelyekben az együtthatók összege 2011.

(1 pont)

A feladatra összesen 20 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 8,95 pont. Hibátlan megoldást 7 tanuló küldött be.

(Vörös Tamás)

HO-78. a) A feladat megoldásának egyik legfontosabb lépése a foszforsav disszociációja következtében keletkező anionok koncentrációjának meghatározása (megbecslése). Ezt a megadott koncentrációtartomány ($5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 < c_0 < 0,05 \text{ mol/dm}^3$) mindkét szélén érdemes volt elvégezni (hiszen ebben a tartományban az ionszorzatok a foszforsav-koncentráció monoton függvényei). Többen tévesen azt feltételezték, hogy a foszforsavoldatban a hígulás során minden speciesz koncentrációja csökken. Az alábbi ábra mutatja, hogy a HPO_4^{2-} koncentrációja lényegében nem változik, míg a $[\text{PO}_4^{3-}]$ és a $[\text{OH}^-]$ nő a hígítás során.

A foszforsav disszociációs állandóinak több nagyságrendnyi különbsége miatt a pH számítása során elegendő a



egyensúlyt figyelembe venni ilyen töménységű oldatok esetén. A pH ismeretében a további specieszek koncentrációi például az alábbi egyenletek alapján számíthatók:

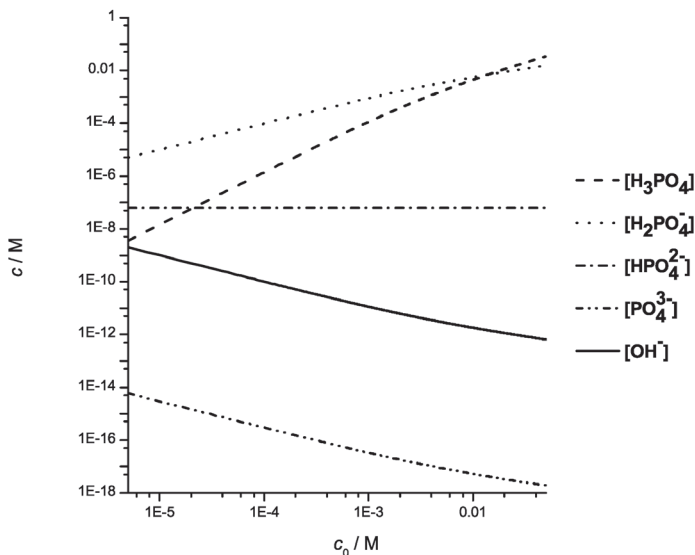
$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = K_1 \cdot [\text{H}_3\text{PO}_4] / [\text{H}^+] \quad (2a)$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{H}_3\text{PO}_4] / [\text{H}^+]^2 \quad (2b)$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot [\text{H}_3\text{PO}_4] / [\text{H}^+]^3 \quad (2c)$$

$$[\text{OH}^-] = K_v / [\text{H}^+], \text{ ahol } K_v \text{ a vízionszorzat.}$$

Többen ügyesen észrevették, hogy ha a pH számításnál az (1) közelítéssel élünk ($[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$), akkor a $[\text{HPO}_4^{2-}] = K_2 \cdot [\text{H}_2\text{PO}_4^-] / [\text{H}^+]$ összefüggés alapján a $[\text{HPO}_4^{2-}] = K_2$ és $[\text{PO}_4^{3-}] = K_2 \cdot K_3 / [\text{H}^+]$ alakra egyszerűsíthető.



1. ábra Az oldat anionjainak számított koncentrációváltozása a foszforsavkoncentráció függvényében logaritmus skálán ábrázolva. (Érdemes megfigyelni, hogy a disszociációnak köszönhetően a $[\text{PO}_4^{3-}]$ a hígabb oldatokban magasabb.)

Miután megállapítottuk, hogy az egyes specieszek milyen koncentrációtartományokban mozognak, az oldhatósági szorzatok segítségével eldönthető, hogy csak az oktaalcium-foszfát csapadék válhat le az adott körülmények között. A csapadék megjelenésének feltétele ($[\text{Ca}^{2+}] = 0,025 \text{ mol/dm}^3$;

$$K_2 = 6,17 \cdot 10^{-8}; K_3 = 4,79 \cdot 10^{-13}; L = 2,51 \cdot 10^{-97}):$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}]^2 [\text{PO}_4^{3-}]^4 > 1,65 \cdot 10^{-84}$$

$$K_2^2 [\text{PO}_4^{3-}]^4 > 1,65 \cdot 10^{-84}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] > 4,56 \cdot 10^{-18}$$

$$K_2 \cdot K_3 / [\text{H}^+] > 4,56 \cdot 10^{-18}$$

$$[\text{H}^+] < 6,47 \cdot 10^{-3}$$

$$c_0 = [\text{H}^+]^2 / K_1 + [\text{H}^+] \rightarrow c_0 < 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \text{ a } 100 \text{ cm}^3\text{-es oldatban}$$

A csapadékképződéshez $0,025 \text{ mol/dm}^3$ -esnél *hígabb* foszforsavoldatot kell használnunk.

Fontos megjegyezni, hogy az oldhatósági szorzat a szilárd és az oldott anyag közti egyensúlyt jellemzi, és nem az oldatban lévő ionok koncentrációarányaira ad megkötést. Jellegzetes hiba volt például, hogy oktaalcium-foszfát oldhatósági szorzatából és az ismert $[\text{Ca}^{2+}]$ -ból a $[\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{PO}_4^{3-}]^2$ arányra kívántak következtetni, amit ebben a rendszerben a pH és a $K_{1,3}$ határoz meg.

I. táblázat Az egyes specieszek koncentrációja a vizsgált foszforsav-koncentrációtartomány határain mol/dm^3 -ben kifejezve.

c_0	pH	$[\text{OH}^-]$	$[\text{H}_3\text{PO}_4]$	$[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$	$[\text{HPO}_4^{2-}]$	$[\text{PO}_4^{3-}]$
$5,00 \cdot 10^{-2}$	1,81	$6,47 \cdot 10^{-13}$	$3,45 \cdot 10^{-2}$	$1,55 \cdot 10^{-2}$	$6,17 \cdot 10^{-8}$	$1,91 \cdot 10^{-18}$
$5,00 \cdot 10^{-6}$	5,30	$2,00 \cdot 10^{-9}$	$3,61 \cdot 10^{-9}$	$5,00 \cdot 10^{-6}$	$6,17 \cdot 10^{-8}$	$5,91 \cdot 10^{-15}$

II. táblázat A specieszek koncentrációinak megfelelő hatványon vett szorzata adott c_0 (mol/dm^3) koncentrációjú foszforsavoldatban összevetve az oldhatósági szorzattal.

A megadott tartományban az ionszorzatok c_0 -nak monoton függvényei: ha a koncentrációtartomány mindkét határán oldatban marad az adott csapadék, akkor a köztes esetekben sem válik le. ($[\text{Ca}^{2+}] = 0,005 \text{ mol/dm}^3$)

	c_0	$5,00 \cdot 10^{-2}$	$5,00 \cdot 10^{-6}$	L
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	$[\text{Ca}^{2+}][\text{H}_2\text{PO}_4^-]^2$	$5,97 \cdot 10^{-6}$	$6,24 \cdot 10^{-13}$	$7,24 \cdot 10^{-2}$
CaHPO_4	$[\text{Ca}^{2+}][\text{H}_2\text{PO}_4^-]$	$1,54 \cdot 10^{-9}$	$1,54 \cdot 10^{-9}$	$1,26 \cdot 10^{-7}$
$\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$[\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$	$5,69 \cdot 10^{-41}$	$5,45 \cdot 10^{-34}$	$3,16 \cdot 10^{-26}$
$\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$[\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$	$5,69 \cdot 10^{-41}$	$5,45 \cdot 10^{-34}$	$1,26 \cdot 10^{-29}$
$\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$[\text{Ca}^{2+}]^8[\text{H}_2\text{PO}_4^-]^2[\text{PO}_4^{3-}]^4$	$7,71 \cdot 10^{-99}$	$7,06 \cdot 10^{-85}$	$2,51 \cdot 10^{-97}$
$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$	$[\text{Ca}^{2+}]^5[\text{PO}_4^{3-}]^3[\text{OH}^-]$	$4,40 \cdot 10^{-74}$	$4,03 \cdot 10^{-60}$	$3,98 \cdot 10^{-59}$

b) Az előző eredményekből sejthető, hogy lúgosítás hatására is az oktaalcium-foszfát csapadék válik le először. Az ennek megfelelő pH az alábbi egyenletek alapján határozható meg ($[\text{Ca}^{2+}] = 0,005 \text{ mol/dm}^3$; $c_0 = 0,005 \text{ mol/dm}^3$):

$$[\text{Ca}^{2+}]^8[\text{H}_2\text{PO}_4^-]^2[\text{PO}_4^{3-}]^4 > 2,51 \cdot 10^{-97}$$

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{PO}_4^{3-}]^2 > 8,02 \cdot 10^{-40}$$

$$K_1^3 \cdot K_2^3 \cdot K_3^2 \cdot [\text{H}_3\text{PO}_4]^3 / [\text{H}^+]^8 > 8,02 \cdot 10^{-40}$$

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] = c_0 \cdot (1 + K_1/[\text{H}^+])^{-1}$$

A legutolsó egyenlet továbbra is csak abban az esetben érvényes, ha a többszörösen disszociált ionok az összes foszforsav elhanyagolható részét adják. Az utolsó két egyenlet segítségével számítható, hogy milyen pH-n jelenik meg a csapadék (pH > 2,86). Itt már nem használhattuk a $[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ közelítést. A felhasznált NaOH mennyisége a töltésmérleg alapján az alábbi egyenletből becsülhető:

$$[\text{Na}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] - [\text{H}^+]$$

A specieszek koncentrációit a (2) egyenletek alapján határoztuk meg:

III. táblázat A NaOH-adagolás hatása a specieseloszlásra mol/dm³ mértékegységben kifejezve.

[Na ⁺]	pH	[OH ⁻]	[H ₃ PO ₄]	[H ₂ PO ₄ ⁻]	[HPO ₄ ²⁻]	[PO ₄ ³⁻]
0	2,47	2,97·10 ⁻¹²	1,64·10 ⁻³	3,36·10 ⁻³	6,17·10 ⁻⁸	8,77·10 ⁻¹⁸
2,80·10 ⁻³	2,86	7,30·10 ⁻¹²	8,27·10 ⁻⁴	4,17·10 ⁻³	1,88·10 ⁻⁷	6,56·10 ⁻¹⁷

A csapadék megjelenéséhez tehát 2,80·10⁻⁴ mol, azaz 11,2 mg NaOH-ot kell adagolni a 100 cm³ térfogatú oldatba.

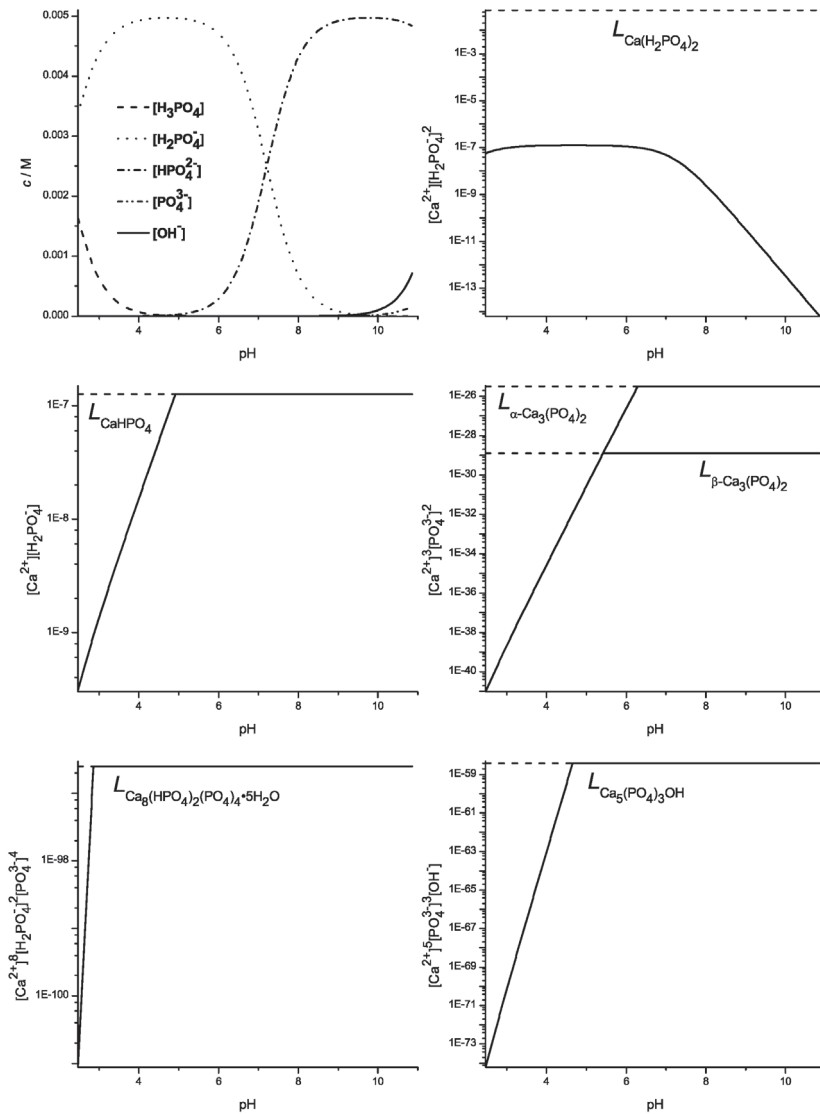
Természetesen a sejtésünket a többi vegyületen is ellenőrizni kell, hogy oldatban maradnak-e az adott pH alatt. Továbbgondolva a feladatot Zwillingér Márton az egyes csapadékokat egymástól függetlennek tekintve meghatározta azok leválásának küszöb pH-ját.

	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	CaHPO ₄	α-Ca ₃ (PO ₄) ₂	β-Ca ₃ (PO ₄) ₂	Ca ₈ (HPO ₄) ₂ (PO ₄) ₄ ·5H ₂ O	Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH
pH	-	4,91	6,29	5,42	2,86	4,66

Az alábbi ábrán összefoglaltuk az egyes specieszek koncentrációjának változását a pH függvényében; ezzel párhuzamosan követhetjük az oldhatóságok alakulását is (a töréspontoknak megfelelő pH-n jelenik meg a csapadék).

A feladatra összesen 15 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 4,63 pont. Hibátlan megoldást Bolgár Péter és Sályi Gergő küldött be. A számolások elvégzéséhez többen táblázatkezelő vagy egyenletmegoldó programokat hívtak segítségül. Ezek valóban hasznosak, de ügyeljünk arra, hogy a beküldött megoldás követhető, ellenőrizhető legyen (ne csak közöljük, hogy egyik gyök sem esik az értelmezési tartományba, hanem írjuk fel azokat; ha arra utalunk, hogy egy egyenletet grafikusán oldottuk meg, ismertessük a felhasznált egyenletet, esetleg mellékeljük az ábrát vagy az ábrázoláshoz készített táblázatot)!

(Mizsei Réka)



2. ábra Az oldhatóságok számított pH-függése

Feladatok

*A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk
2012. március 19-ig postára adva:*

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A rovat e fordulójába is beaválogattunk néhányat az idei, amerikai egyesült államokbeli diákolimpia gyakorló feladatai közül.

H166. Egy szerves folyadékot (**A**) vizsgáltunk, amelyet gyakran használnak alkilezési reakciókban. A nyílt láncú vegyületet három elem alkotja, széntartalma 56,73 (m/m)%, a hidrogéntartalma pedig 10,88 (m/m)%. Az **A** vegyületben található atomok között csak egyszeres kötés található.

Ha az **A** vegyületet vízzel forraljuk pár csepp tömény kénsav jelenlétében, a képződött termékekegyből desztillációval a **B** és a **C** szerves vegyületeket lehet elválasztani. 1,5 g **A** vegyület hidrolízise során keletkezett **B** folyadékból nátrium segítségével 248 cm³ 10⁵ Pa nyomású, 25 °C-os hidrogén fejleszthető. Ha a képződött **C** vegyületet oxigénfeleslegben elégetjük, majd a keletkező gázokat bárium-hidroxid-oldaton vezetjük át, 6,00 g csapadék válik le.

a) Írd fel az **A-C** vegyületek képletét!

b) Írd fel a lejátszódó folyamatok egyenleteit!

Megj.: Tételezzük fel, hogy a hidrolízis során teljes átalakulás történt, és a desztilláció nem járt anyagveszteséggel.

(Varga Szilárd)

H167. Ha különféle sóoldatokat magnéziumanóddal elektrolizálunk, érdekes jelenséget figyelhetünk meg. Egyrészt hidrogén fejlődik az anódon (illetve annak közelében), másrészt a magnéziumanód mért tömegcsökkenése számottevően nagyobb, mint a Faraday-törvény alapján várt érték. A jelenség egyébként más fémek esetén is ismert, az alumínium hasonló viselkedését már 1857-ben leírták.

A jelenség értelmezése máig vitatott. Az egyik elmélet szerint az anódos oxidáció során nem csak Mg²⁺, hanem Mg⁺ is keletkezik, amely képes redukálni a vizet (és esetleg az oldatban jelen lévő más részecskét). Számos vizsgálatot végeztek, amelyekben vizsgálták a magnéziumanód tömegcsökkenését és a fejlődő hidrogén mennyiségét az átfolyó töltésmennyiség függvényében.

Egy kísérletben $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú Na_2SO_4 -oldatot elektrolizáltak platinakatóddal és magnéziumanóddal, és az elektrolizáló cellán átfolyó töltést ezüst coulométerrel mérték.

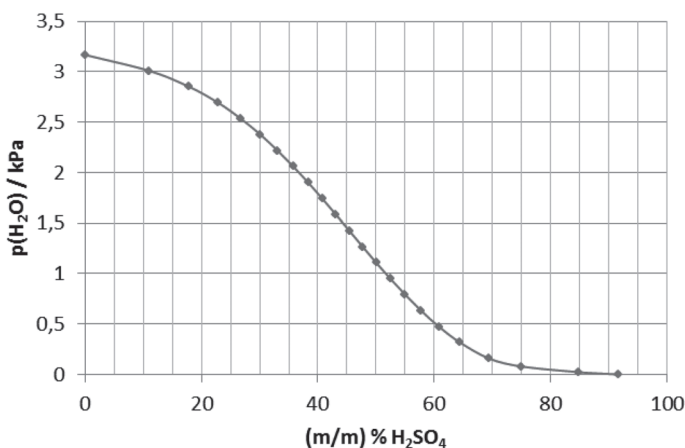
- A coulométerben levált ezüst tömegének (m_{Ag}) és a magnéziumanód tömegcsökkenésének (m_{Mg}) felhasználásával fejezd ki az oxidáció során keletkező magnéziumionok átlagos töltését, illetve az anódon keletkező hidrogén várt térfogatát (10^5 Pa nyomáson és 25°C -on)!*
- A tárgyalt esetben 1,41-nak adódott a magnéziumionok átlagos töltése. Ekkor hányszor nagyobb az anód tömegvesztése, mint azt a tisztán kételektronos oxidáció esetén várnánk?*
- Ha nem Na_2SO_4 -oldatot, hanem KClO_3 -oldatot elektrolizálunk, az anódon keletkező hidrogén térfogata kisebb lesz. Mi lehet a magyarázat?*

(Zagyi Péter)

H168. A kémiakönyvekben néha zavarba ejtő dolgokat olvashatunk. A kénsavról például azt állítják, hogy tömény oldata higroszkópos, ezért nyitott edényben tartva felhígul, míg a híg oldata – a kénsav víznél lényegesen magasabb forráspontja miatt – töményedik.

Vizsgáljuk meg ezt a problémát egy egyszerű modellkísérlettel! Helyezzünk 100 g adott töménységű kénsavoldatot $1,0 \text{ m}^3$ térfogatú zárt tartályba, amelyben 25°C -os, ismert páratartalmú levegő van. Határozzuk meg, hogy az egyensúlyi állapot eléréséig hogyan változik a kénsavoldat összetétele!

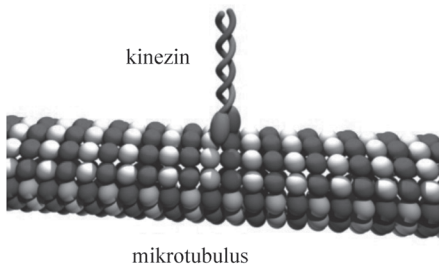
Rendelkezésünkre áll a következő diagram, amelyről bizonyos töménységű kénsavoldatokkal egyensúlyban lévő vízgőz nyomását olvashatjuk le.



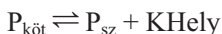
- a) Milyen irányban változik a következő töménységű kénsavoldatok összetétele a fent leírt kísérletben, ha a tartályban lévő 25 °C-os levegő vízgőztartalma 17,2 mg/dm³? Állításodat számítással igazold!
- a1) 96,0 (m/m)%
 a2) 70,0 (m/m)%
 a3) 50,0 (m/m)%
 a4) 10,0 (m/m)%
- b) Létezik-e olyan kénsavoldat, amelynek a fenti esetben egyáltalán nem változna a töménysége? Ha igen, határozd meg az összetételét!
- c) Valaki ezt állítja: „Ha 1,0 g 10 tömegszázalékos kénsavoldatot helyezünk el egy 1,0 m³-es, 25 °C-os levegővel töltött edényben, majd lezárjuk, az oldat akár 65 tömegszázalékosra is betöményedhet. Ugyanakkor, ha 1,0 g 65 tömegszázalékos oldatot helyezünk el a tartályban, akár 10 tömegszázalékosra is felhígulhat. A tartályban lévő levegő kiindulási összetétele ennyre erősen befolyásolja a történéseket.”
 Igaza van?

(Zagyi Péter)

H169. Motorfehérjéket sok célra használnak az sejtek. Ilyen például a sejt egyes részei közti szállítás. Az egyik fontos motorfehérje a kinezin, ami hosszú szálaikon, az úgy nevezett mikrotubulusokon lépked. A kinezin ezen felül ATP-bontó-enzimként is viselkedik, és az ATP hidrolíziséből nyeri a szükséges energiát.



Tekintsünk szabad kinezinmolekulák [P_{sz}] koncentrációjú oldatába helyezett hosszú mikrotubulust. Tételezzük fel, hogy a tubulushoz kötött (P_{köt}), és a szabad kinezinmolekulák, valamint a tubulus felületén levő kötőhelyek között egyensúly alakul ki.:



$$K_d = \frac{[P_{\text{sz}}][\text{KHely}]}{[P_{\text{köt}}]}$$

K_d itt a disszociációállandó, a koncentrációk pedig a teljes oldattérfogatra értendőek.

- Ha egy kinezinmolekula rákapcsolódik a mikrotubulusra, 640 nm/s sebességgel egy irányba mozog. A molekulák egymástól független mozognak.
- A mikrotubulus egy 5 nm-es hosszára 16 db kinezin kötőhely jut.
- Használjuk a következő paramétereket: $K_d = 0,5 \cdot 10^{-6}$,
 $[P_{sz}] = 100 \text{ nmol/dm}^3$ és $[KHely] = 10 \text{ } \mu\text{mol/dm}^3$!

Hány kinezinmolekula halad át a mikrotubulus egy pontja mellett másodpercenként?

(olimpiai előkészítő feladat)

H170. Bár a pH-t a leggyakrabban elektrokémiai módszerekkel határozzák meg, bizonyos esetekben előnyösebb indikátorfestékek koncentrációját követni spektrofotometriai módszerekkel. A koncentráció-meghatározás ezen módszereiről írt röviden a KÖKÉL 2009/5. száma (359. o.).

Például a tengervíz pH-jának elektrokémiai mérésénél a sok oldott só rendszeres hibát okozhat. A Csendes-óceán északi medencéjében a felület közelében mért pH évente mintegy -0,0017 egységgel változik az emberiség szén-dioxid-kibocsátása folytán. Az ilyen méréseket érdemes spektrofotometriai úton végezni.

A timolkék indikátor ($M = 466,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) egy kétértékű sav. A tengervíz pH-ján a semleges forma koncentrációja elhanyagolható. A sav második disszociációjának savi állandója 298 K-en, a tengervíz sótartalmának figyelembevételével $K_{a2} = 10^{-8,090}$. A kétféle ion két különböző hullámhosszon mérhető moláris abszorpciós koefficienseit tartalmazza a táblázat:

	$\varepsilon_{436 \text{ nm}} (\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$	$\varepsilon_{596 \text{ nm}} (\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$
HIn^-	13900	44,2
In^{2-}	1930	33800

Egy tengervízminta abszorbanciáját egy 10,00 cm hosszú küvétában megmérték ezen a két hullámhosszon:

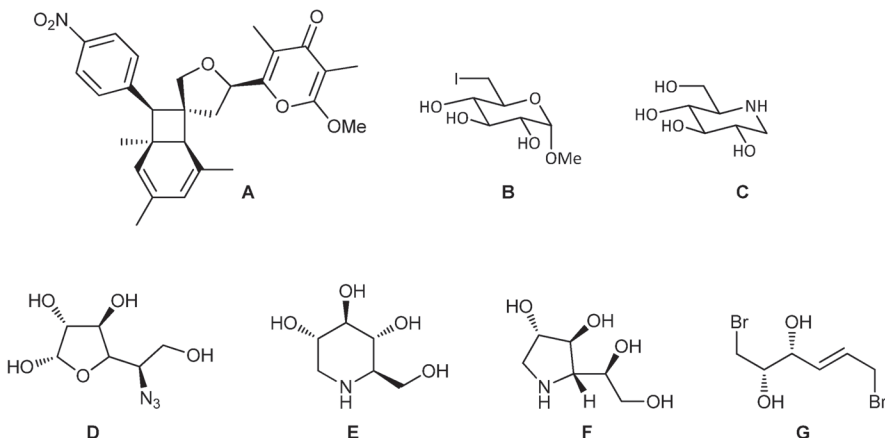
	$A (436 \text{ nm})$	$A (596 \text{ nm})$
Minta	0,052	0,023
Minta timolkék indikátorral	0,651	0,882

Számítsd ki a minta pH-ját és a timolkék koncentrációját!

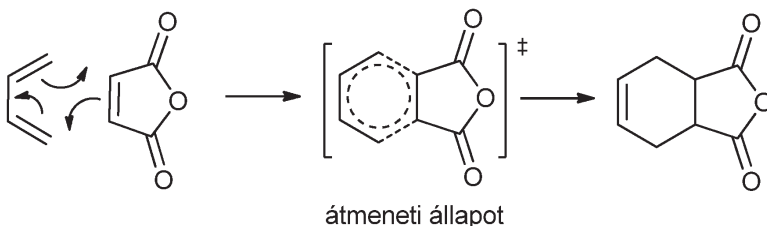
(olimpiai előkészítő feladat)

HO-82. Jelöld az **A-G** molekulákban *-gal a kiralitáscentrumokat! Add meg a CIP-konvenció szerint (lásd KÖKÉL 2004/4. szám, Szabó András: Optikai izoméria) a kiralitáscentrumok abszolút konfigurációját!

(Varga Szilárd)

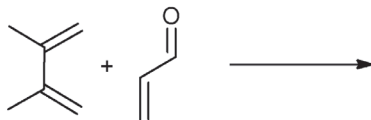


HO-83. A Diels–Alder-reakciók a gyökös, illetve ionos mechanizmus szerint végbemenő reakcióktól eltérő módon lejátszódó szerves kémiai átalakítások. Az átalakulás egy lépésben történik egy gyűrűs átmeneti állapoton keresztül, miközben egy dién és egy olefin alakul át egy gyűrűs vegyületté. Ilyen ún. [4+2] cikloaddíció – azaz Diels–Alder-reakció – a maleinsavanhidrid és a buta-1,3-dién között végbemenő alábbi átalakítás:

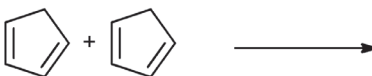


a) Rajzold fel a következő átalakítások során melegítés hatására képződő termék szerkezetét!

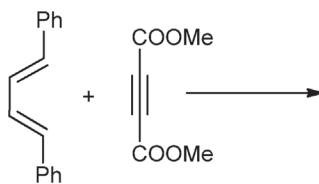
i)



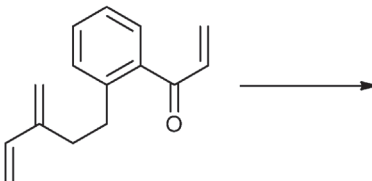
ii)



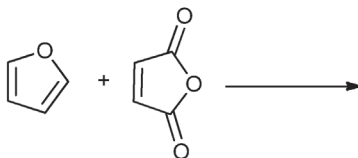
iii)



iv)

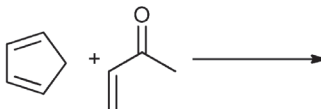


v)

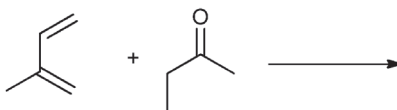


b) A következő melegítés hatására lejátszódó Diels–Alder-reakciókban milyen izomerek képződhetnek? Rajzold fel a szerkezetüket!

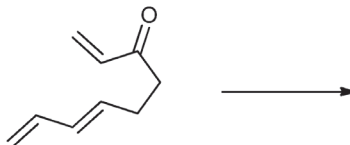
i)



ii)

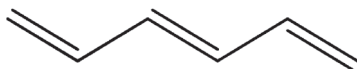


iii)



(Varga Szilárd)

HO-84. A konjugált elektronrendszereket tartalmazó molekulák π elektronjainak energiáit több eltérő pontosságú modell segítségével is kiszámíthatjuk. A legösszetettebb és legpontosabb eljárás a több részecskét leíró Schrödinger-egyenlet megoldása. Hatékony, de még mindig jól működő eljárás, ha az elektronokat a kötésrendszer mentén szabadon mozgó részecskének tekintjük. Ez az ún. dobozba zárt részecske modell hasznos a π elektronok energiájának kiszámítására. Az energiaszintek ismeretében pedig megkapható az is, hogy milyen hullámhosszú, mekkora energiájú fotonokat nyel el a rendszer, miközben az elektronok átkerülnek az egyik állapotból a másikba. A modell alkalmazható pl. az alábbi egyenes láncú molekula, a transz-1,3,5-hexatrién konjugált π elektronrendszerének leírására.

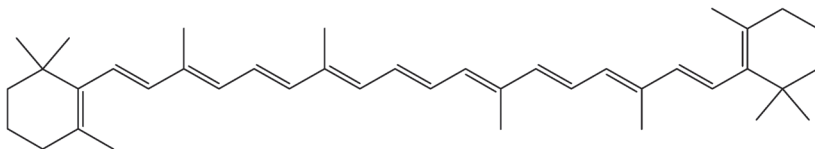


A lehetséges elektronállapotokra jellemző hullámhosszak értékére a modell a $2L/n$ összefüggést adja, ahol n egy kvantumszám, azaz egy egész, aminek értéke 1 vagy nagyobb egész szám lehet. L pedig a molekula hossza, amit etilén esetén 289 pm-nek, a fenti molekulára pedig 867 pm-nek vehetünk. Az egyes állapotokban a π elektronok energiáját pedig az alábbi egyenlet adja meg:

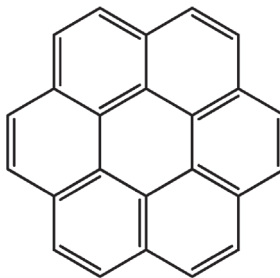
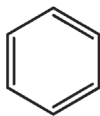
$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8m_e L^2}$$

Itt n a már említett kvantumszám, h a Planck-állandó, m_e az elektron tömege, L pedig a molekula hossza.

- Milyen energiákat ad a dobozba zárt részecske modell az etilénmolekula π elektronjainak első két, illetve az 1,3,5-hexatrién π elektronjainak első négy energiaszintjére?
- Mindkét esetben töltsd fel az energiaszinteket a molekulák π elektronjaival a Pauli-elvet szem előtt tartva. Milyen n kvantumszámú pályára kerülnek a legmagasabb energiájú elektronok a két esetben?
- A legnagyobb energiájú betöltött és a legkisebb energiájú betöltetlen pálya közötti energiakülönbséget felhasználva jósold meg az elektronok két szint közötti átmenetének gerjesztéséhez szükséges fény hullámhosszát a két esetben!
- A sárgarépa színét adó molekula a béta-karotin. Mekkora a modell szerint a legmagasabb betöltött és legalacsonyabb betöltetlen állapot közötti energiakülönbség? Ezen energia segítségével határozd meg a karotin által elnyelt fény maximális hullámhosszát! A karotin hosszát vedd 1850 pm-nek!



Vannak olyan molekulák, amelyekben a konjugált π elektronrendszer gyűrűs, ilyen molekula a benzol és a koronén.



Ez esetben a π elektronok energiaszintjeit az alábbi egyenlet adja meg:

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8\pi^2 m_e R^2}$$

Itt az n kvantumszám szintén egész értékeket vehet csak fel, de a 0 is egy lehetséges érték. Az egész számok közül sem csak a pozitív, hanem a negatív értékek is előfordulhatnak, ami leegyszerűsítve az óramutató járásával, illetve avval ellenkező irányú mozgásnak feleltethető meg. R a gyűrű sugara, ami a benzolnál 139 pm-nek, a koronénál 368 pm-nek vehető.

- e) Írd le a benzol és a koronén π elektronrendszerét a gyűrűbe zárt részecske modell segítségével! Vázold fel az energiaszintek diagramját a legalacsonyabb betöltetlen pályát is feltüntetve! A elektronok feltüntetésekor használd a Pauli-elvet és vedd észre, hogy ún. degenerált (azonos energiájú) állapotok is létezhetnek!
- f) Mekkora az energiakülönbség a legmagasabb betöltött és a legalacsonyabb betöltetlen pálya energiái között a két molekulában? Színes lesz-e valamelyik molekula azon megfontolás alapján, hogy ezen két állapot közötti átmenet határozza meg a molekula által elnyelt legnagyobb hullámhosszú fényt?

(olimpiai előkészítő feladat)