

Feladatok haladóknak

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

Feladatok

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

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

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

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

Metán	$-74,82 \text{ kJ mol}^{-1}$
Szén-dioxid	$-393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$
Víz	$-285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

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

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

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

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

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

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

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

a) A vasérc fő komponense a Fe₂O₃. Vagy közvetlenül a kokszt, vagy pedig a belőle keletkező CO gáz redukálja. Írja fel a kétféle redukció egyenletét!

b) Az érc a 90%-nyi főkomponensen felül meddőt is tartalmaz, pl. 7 m/m% SiO₂ és 3 m/m% Al₂O₃. Ez a koksztban levő meddővel és a CaO-val reagálva adja a végül salakként jelentkező oxidolvadékot. Hány kg salak keletkezik egy kg nyersvas előállítása során? Tegyük fel, hogy a CaO-ot olyan arányban keverik be, hogy tömege a SiO₂ tömegével egyezzen.

- c) A konverterben a széntartalmat O_2 gáz befúvásával távolítják el a nyersvasból. Ha a termékekben a CO és CO_2 anyagmennyisége megegyezik, hány liter $27\text{ }^\circ\text{C}$ -os és $2,026 \times 10^5\text{ Pa}$ nyomású O_2 gáz szükséges a szén teljes eltávolításához 1,00 kg nyersvasból?
- d) Hány kg CO_2 keletkezik 1,00 kg tiszta vas előállításakor? Vegyük úgy, hogy a nagyolvasztóban csak a CO redukál, illetve, hogy a konverterben keletkező CO-t is elégetik. Ne hagyjuk ki a számításból a CaO mészkőből történő előállításakor keletkező gázt sem!
- e) A vas szobahőmérsékleten tércentrált köbös rácsot alkot. A feladat adatai alapján mi a vas atomsugara?

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

- 0,1000 g acélmintát 20 ml forró kénsavban ($1,8\text{ mol l}^{-1}$) feloldottak.
 - 4 ml cc. salétromsav hozzáadása után 10 percig melegítették a mintát. Az oldat színe kékről zöldre változott.
 - 10 ml 0,5% ezüst-nitrát-oldat és 6 g ammónium perszulfát ($(NH_4)_2S_2O_8$) együttes hozzáadása után 20 percig, az ammónium-perszulfát elbomlásáig tovább melegítették. Ekkor az oldat narancssárga színű.
 - 10 ml 5% NaCl-oldatot adtak hozzá.
 - 20 ml $1,00 \times 10^{-1}\text{ mol l}^{-1}$ ammónium-vas(II)-szulfát ($FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$) vizes oldatát pipettázták a mintához.
 - $2,00 \times 10^{-2}\text{ mol l}^{-1}$ $KMnO_4$ oldattal titráljuk halványlila szín megjelenéséig.
- Milyen formában van a króm az i, ii és iii lépés után? Írja fel az egyes lépések során lejátszódó reakciókat!
 - Miért van szükség a iv) pontban lejátszódó reakcióra?
 - A végső lépésben a fogyás 12,00 ml volt. Mi volt a minta krómtartalma?

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

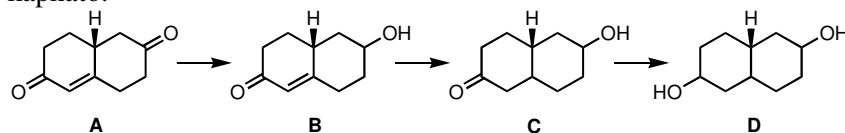
A folyadékból 10 ml mintát vettek és az összes kéntartalmat szulfáttá oxidálták. Híg sósavval enyhén megsavanyítva és 20 ml 10% $BaCl_2$ -oldatot hozzáadva fehér csapadék vált le, aminek tömege szárítás után 0,30 g volt.

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

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

- Mi lehet X és Y?

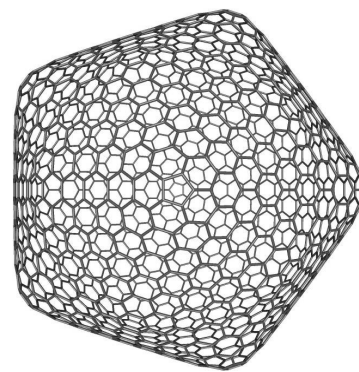
H110. Az A vegyület egyik karbonilcsoportját redukálva keletkezik a B vegyület, aminek két sztereoizomerje van. Az izomerek elválasztása után B1 és B2 esetében is egy szén-szén kötés redukációjával kapható a C vegyület, ami ismét két-két sztereoizomer keveréke. Az izomereket szeparálva végül négyféle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



- Van-e a nyolcféle Dijjk (i, j, k = 1, 2) kódú vegyület között azonos? Ha igen, rajzolja fel a szerkezetüket!
- Van-e a nyolcféle Dijjk (i, j, k = 1, 2) kódú vegyület között olyan, amelyik nem forgatja el a polarizált fény síkját? Ha igen, rajzolja fel a szerkezetüket!
- Van-e a nyolcféle Dijjk (i, j, k = 1, 2) kódú vegyület között enantiomer pár? Ha igen, rajzolja fel a szerkezetüket!

HO-58. A fullerének ma már jól ismert új szén allotrópok, amelyekre az üreges gömbszerű szerkezet a jellemző. Az n szénatomot tartalmazó fullerének szerkezete 12 ötszöget és $(n/2-10)$ hatszöget tartalmaz, ha n egy 20-nál nagyobb páros szám.

Tételezzük fel, hogy a fullerénekben mindegyik szén-szén kötés 0,14 nm hosszú.



Egy C_{1500} fullerén

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

HO-59.

A CeO_2 kristályának elemi celláját mutatja az ábra.

- Hány kation és anion van egy elemi cellában?

Ha egy kevés Y_2O_3 keveredik homogén módon a CeO_2 -hoz, akkor egy szilárd oldat kapható, aminek az összetétele $Ce_{1-x}Y_xO_{2-y}$. A szerkezetben egyenletesen oszlanak el a Ce^{4+} és az Y^{3+} ionok a kationok helyén, és az anionhelyek egy része viszont üresen marad.

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

A sok betöltetlen anionpozíciót tartalmazó, fentivel analóg szerkezetű oxidok

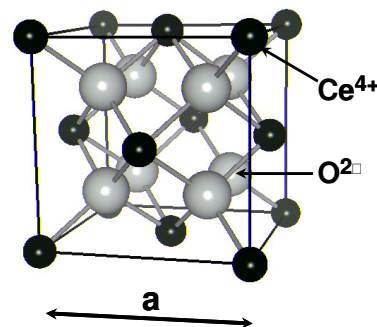
magas hőmérsékleten vezetővé válnak, mégpedig az oxidionok mobilitása révén. Az ilyen szilárd elektrolitok hasznosak lehetnek oxigén-szenzorok, oxigén pumpák, üzemanyagcellák tervezésekor.

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

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

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

- Mekkora elektromotoros erő lenne mérhető, ha az oxigén parciális nyomása az egyik elektródnál a másiknál tapasztalható parciális nyomás százszorosa lenne 800 °C-on?



HO-60.

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