

GONDOLKODÓ



Feladatok

*Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Varga Szilárd,
Zagyi Péter*

A megoldásokat 2019. január 14-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:

KÖKÉL Gondolkodó

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A **K** feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

K307. A kémiadolgozat egyik feladata: Az **A** anyag színtelen kristályokat alkot normálállapotban (101325 Pa, 0 °C). Ezeknek m grammját 10 tömegszázalékos sósavhoz adjuk. Az így kapott 5 tömegszázalék hidrogén-klorid-tartalmú oldatot nátrium-hidroxiddal semlegesítjük, és bepároljuk. 16,03 g tiszta nátrium-kloridot kaptunk így. Mi volt **A**, és mennyi volt m ?

Persze Vendel percek alatt választ adott. Aztán még egyet, és még egyet. Eztán megállt, és elgondolkodott. Hasonló válaszokból akár ötöthet is tudnék írni, de van két megoldásötletem, amivel bosszanthatnám Szecsői tanár urat. Kis utánaszámolás után az egyik lehetőséget végül elvetette.

Mik lehettek Vendel válaszai és ötletei?

(orosz feladat nyomán)

K308. Van Vendelnek pár, vékony vasdrótokból álló hálója. Úgy gondolta, hogy ezek házi laborjában szűrőként szolgálhatnának. Eldöntötte, hogy savas közegben nem szeretné ezeket használni, de semleges vagy lúgos vizes oldatokból esetleg nagyobb szemcseméretű anyagokat megszűrnie a hálókön. Sajnos az egyik már kissé rozsdás, de a többit szeretné a korróziótól megvédeni.

a) *Miért nem célszerű a hálót savas oldatban használni?*

Utánanézett, hogy egy cég elfogadható áron galvanizálná, és a réz-nikkel-króm bevonatrendszer ajánlja: azaz először rézzel, majd nikkel-lel, végül krómmal vonja be a vastárgyat. A cég a leírás szerint a fémal-katrészt katódnak, negatív pólusnak köti be egy egyenáramú rendszer-be, és a fémalatrészt elektrolitba meríti, amelybe a védő fém merül anódként (jelen esetben a réz, a nikkel, illetve a króm). Ez lesz a pozitív pólus. A védő fém így előbb beoldódik az elektrolitba, majd a védendő fémtárgyon kiválik.

b) *Érdemes-e Vendelnek a kissé már rozsdás fémhálóját is a fenti bevo-natrendszerrel védeni?*

c) *Megoldható lenne-e a bevonatkészítés egyszerűen úgy, hogy a vashá-lót először réz(II)-szulfát-oldatba merítjük, amíg megfelelő vastag-ságú bevonat képződik, aztán nikkel(II)-szulfát-oldatba, végül króm(III)-szulfát-oldatba?*

d) *Miért lehet hatékony a réz-nikkel-króm bevonatrendszer ilyen sor-rendben?*

Válaszaidat indokold! Ahol lehet, írd reakcióegyenletet is!

(Borbás Réka)

K309. Egy rádiócsillagász kutatócsoport 2014-ben egy szokatlanul hideg fehér törpét azonosított. A fehér törpék egyes csillagok fejlődés-ének végállapotát jelentik: a csillag pályafutása vége felé külső rétegei-től megválnak, majd magjából egy nagyon nagy sűrűségű objektum jön létre. A fehér törpék főként szénből és oxigénből állnak, és nagyon las-san hűlnek, majd évmilliárdok múlva végleg elhalványodnak. Ez a ne-vezett objektum kb. 11 milliárd éves, és legnagyobb részben szénből áll. Tömege a Nap tömegének kb. 1,05-szerese, hőmérséklete nem mag-a-sabb 3000 K-nél. A kutatók úgy vélik, hogy egy ilyen „hideg”, összeros-kadt csillag nagymértékben kristályos szénből áll, szokás azt állítani,

hogyan tulajdonképpen gyémánt. (Jól hangzik, hogy Föld méretű gyémántok csillognak az űrben. A fehér törpék mérete ugyanis jellemzően összehasonlítható a bolygónkéval.)

a) *Ha a fehér törpe tiszta szén, akkor hány szénatombból áll? Mekkora lenne a térfogata, és ez hogyan aránylik a Földéhez?*

A számításhoz vegyük a fehér törpe hőmérsékletét 2800 K-nek. Ezen a hőmérsékleten a gyémánt sűrűsége $3,39 \text{ g/cm}^3$.

A helyesen elvégzett számolás súlyos ellentmondásra vezet.

Vendel egyik barátja szerint arról lehet szó, hogy a csillag összeroskadása során bizonyára nagy nyomás uralkodott, így a gyémántnak egy nagyobb sűrűségű „változata” lehet jelen, ahol a kötéshosszak kisebbek, mint a légköri nyomású gyémántban: egyfajta összepréselt gyémánt.

Vendel ezt nem tartja lehetségesnek – és igaza van.

b) *Miért? Érvelj az „összepréselt gyémánt” hipotézis ellen! Ha nem arról van szó, hogy a gyémánt szerkezet zsúfolódott némiképp össze, akkor vajon hogyan képzelhető el a szénatomokból ilyen nagy sűrűségű objektum létrejötte?*

Vendel odáig merészkedett, hogy a feladat első kérdését is hibásnak, félrevezetőnek tartja.

c) *Mit tart benne problémásnak? Mi a véleményed arról, hogy a fehér törpe anyagát sokszor a gyémánthoz hasonlítják? Miben hasonlíthat, miben térhet el attól?*

(Borbás Réka és Zagyi Péter)

K310. Egy 500 gramm klóros vizet tartalmazó lombikot hosszasan intenzív napfénynek teszünk ki. Lassú gázfejlődés tapasztalható, a fel szabaduló gáz 0,48 l térfogatú 0 °C hőmérsékleten és 101310 Pa nyomáson.

a) *Milyen gáz fejlődik az oldatból?*

b) *Legalább hány tömegszázalék klórt tartalmazott a klóros víz?*

(ukrán feladat)

K311. A kandírozás fortélyai kémiai szemmel: Először egy szirupot készítünk úgy, hogy 0,50 kg cukrot (tekintsük tiszta répacukornak)

elkeverünk 0,50 liter vízzel. A szirupot addig forraljuk, ameddig szálát nem húz, azaz forráspontja eléri a 104 °C-ot.

a) *Mekkora a cukor tömegszázaléka ekkor a szirupban? Mennyi vizet párologtattunk el eddig?*

Ezután hozzáadjuk a kandírozni kívánt gyümölcsöt (ekkor mennyiségű sziruphoz kb. 0,6-0,7 kg számítható), és 30-60 percen át főzzük, vagy kb. 3 napra a szirupban hagyjuk állni, a kívánt állag eléréséig. A szirupból kivett gyümölcsöt szárítjuk, és cukorba forgatjuk. A gyömbért kandírozás előtt célszerű fél-egy órán át főzni, esetleg a főzővizet cserélve. Ekkor víztartalma megnő. A főtt gyömbért tesszük bele a szirupba, és tovább főzzük, vagy hosszabb ideig állni hagyjuk.

b) *Milyen fizikai folyamat játszódik le a gyümölcsben a kandírozás során?*

c) *Miért tartósít a kandírozás, azaz miért nem penészedik, rothad meg a kandírozott gyümölcs?*

Egy alkalommal olyan szirupot készítettünk, amelynek forráspontja 108,3 °C volt, és a fenti recept szerint készült. Ebbe 650 gramm főtt gyömbért tettünk. A forralási idő végén a szirup forráspontja 105,1 °C lett. A forralás során a szirup és a gyümölcs együttes tömege 820 grammra csökkent, amiből 440 gramm kandírozott gyömbért szűrtünk ki.

d) *Hogyan változott a szirup víztartalma a kandírozás végéig?*

e) *Mekkora lett a kandírozott gyömbér (amelynek saját cukortartalma elhanyagolható) tömegszázalékban kifejezett cukortartalma?*

Tegyük fel, hogy a szirup forráspontja csak a cukortartalomtól függ. A répacukoroldat forráspontjának és tömegszázalékos cukortartalmának kapcsolatát az alábbi táblázat összegzi.

$m/m\%$ cukor	10	20	30	40	50	60	70	80	90,8
forráspont (°C)	100,4	100,6	101	101,5	102	103	106,5	112	130

(Borbás Réka)

K312.* A szén-tetrakloridot karcinogén és ózonpajzs-károsító hatása miatt igyekeznek száműzni a laboratóriumokból. De az oldhatóság szemléltetésére, a jód apoláris oldószerben való oldására, illetve vizes oldatból való kivonására igen hatékony volt. Egy forrás a Volasil nevű terméket ajánlja a szén-tetraklorid helyett. Hasonlítsuk össze a szén-tetraklorid és a Volasil hatékonyságát!

A következő adatok állnak rendelkezésünkre. A megoszlási hányados (K_D) 25 °C-on a szén-tetraklorid esetében 89,9, a Volasil esetében 49,0 vízzel szemben. A megoszlási hányados a szerves oldószerben oldott jód egyensúlyi koncentrációjának ($[I_2(\text{szolv})]_e$) és a vízben oldott jód egyensúlyi koncentrációjának ($[I_2(\text{aq})]_e$) hányadosa, azaz

$$K_D = \frac{[I_2(\text{szolv})]_e}{[I_2(\text{aq})]_e}$$

50,0 cm³ 0,100 g/dm³ töménységű vizes jóddoldatot rázótlöcsérben összerázunk 10,0 cm³ szén-tetrakloriddal, illetve egy másik kísérletben ugyanilyen mennyiségeket használva Volasillel.

- Mekkora tömegű jód került az egyes esetekben az apoláris fázisba? Hány százaléka ez a víz teljes eredeti jódtartalmának?*
- Ebben a kísérletben hány százalékkal több jódot tudott a szén-tetraklorid „eltávolítani” a vizes fázisból, mint a Volasil?*
- Hogyan változna a kétféle apoláris fázisba kerülő jód százalékos mennyisége, és a hatékonyságok aránya, ha az egyszeri 10,0 cm³ helyett kétszer 5,00 cm³ apoláris oldószert használnánk a kiindulási 50,0 cm³ 0,100 g/dm³ töménységű vizes jóddoldathoz, és a két részletet az elválasztások után egyesítenénk?*

(Borbás Réka)

K313.* A szertárban elfogyott az analitikai tisztaságú szóda. Találtunk szennyeződést is tartalmazó, technikai tisztaságú szódát, amit átkristályosítással szeretnénk megtisztítani. Kinéztük a megfelelő adatokat az átkristályosításhoz, amelyek az alábbi táblázatban szerepelnek.

hőmérséklet (°C)	0	15	28	35	42	60	100
oldhatóság (g Na ₂ CO ₃ /100 g víz)	7,0	16,4	34,1	48,7	48,1	45,6	43,6

Az adatok alapján azt terveztük, hogy pontosan 35 °C-on készítünk telített oldatot, majd ezt lehűtjük 0 °C-ra, és a kapott, kivált kristálysódát használjuk a későbbiekben a laborban. Először egy kisebb adaggal próbát végeztünk. Ezért kimértünk annyi 25 °C-os vizet, hogy 5 gramm Na_2CO_3 -tal 35 °C-on telített oldatot kapjunk, majd ebbe beleosztottuk az 5 gramm sót. Ekkor meglepődve tapasztaltuk, hogy a teljes sómennyiség feloldódott, csak némi oldhatatlan, szürke por maradt a főzőpohár alján. (Az oldhatatlan por tömege többszöri méréssel 0,315 grammnak adódott átlagosan.) Ezért lehűtöttük az oldatot, de csekély mértékű sókiválást is csak 0 °C környékén tapasztaltunk. Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a vegyszeres dobozban nem technikai Na_2CO_3 van, hanem annak kristályvizes változata. Ezért 10,0 gramm technikai tisztaságú kristályvizes szódát 130 °C-on melegítettük tömegállandóságig, így tömegének 59,0 %-át elvesztette.

a) *Mekkora volt az oldhatatlan szennyező tömegszázaléka a mintában?*

b) *Mi volt a dobozban található szóda összetétele?*

Végül a dobozban található maradék 227,3 gramm anyagot feloldottuk annyi vízben, hogy ha tiszta kristályszóda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) lenne, akkor 35 °C-on telített oldatot kapjunk, majd lehűtöttük 0 °C-ra.

c) *Mennyi vizet használtunk az oldáshoz?*

d) *Mennyi tiszta kristálysódát nyerhettünk így?*

(Borbás Réka)

K314.* Egy különleges ionvegyületnek mind a kationja, mind az anionja fémion. Vízzel készségesen, maradéktalanul reagál. Ekkor a kationfémnek vízben jól oldódó, erős bázisként viselkedő hidroxidja keletkezik, az anionfém pedig ionosból elemi állapotúvá válik, és oldatlan formában marad. A vegyületnek 3,1973 g-ját apró részletekben kb. 10 cm³ vízzel reagáltatjuk (ez bőséges felesleget jelent), s a reakcióban intenzív gázfejlődést tapasztalunk. Miután az összes gáz eltávozott, az oldatot leszűrjük – ezzel eltávolítva az elemi fémet –, majd pontosan 100,00 cm³-re hígítjuk. Az így előállt törzsoldatnak 10,00 cm³-es részleteit titráljuk 0,1 mol/dm³ névleges koncentrációjú, 0,984 faktorú sósav mérőoldattal metilvörös indikátor jelenlétében. Az átlagfogyás: 9,85 cm³. Egy másik, ugyancsak 10,00 cm³-es törzsoldatrészletből he-

xakloro-cerát(IV)-ionok $[\text{CeCl}_6]^{2-}$ feleslegének segítségével 0,2998 g csapadék választható le.

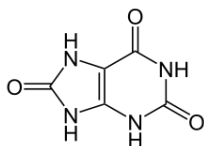
Írd fel a különleges vegyület vízzel való reakciójának rendezett egyenletét!

(Varga Bence)

A következő feladatok megoldásához hasznos segítséget nyújthatnak a KÖKÉL korábbi számaiban megjelent összefoglalók. Ehhez a feladat-sorhoz a következők áttekintését javasoljuk:

- A kristályok szerkezetéről, KÖKÉL 2004/2.
- A pH hatása a csapadékok oldhatóságára, KÖKÉL 208/5., 355. o.
- Spektroszkópia, abszorbancia, KÖKÉL 2009/5., 359. o.

H296. A húgysav a gerinces nitrogénanyagcsere egyik fontos végterméke, nevének megfelelően az emlősök vizeletében is előfordul. Nem túl jól oldódik, 1 liter vízben 64 mg. Első laboratóriumi előállításánál karbamidot és glicint reagáltattak, ekkor keletkezett a húgysav.



a) *Írd fel a képződés reakciójának rendezett egyenletét!*

A fent feltüntetett, stabil semleges szerkezet nem magyarázza, hogy a húgysav többértékű savként viselkedik. Az ismert pK_a értékek: 5,4 és 11,3.

b) *Rajzolj fel olyan szerkezetet, ami megmagyarázza a savas viselkedést! Mekkora a telített vizes húgysavoldat pH-ja?*

c) *Mekkora a disszociálatlan húgysav koncentrációja a vizeletben (tipikus húgysavtartalom 400 mg/liter, pH 5,9), és a vérplazmában (húgysav 40 mg/l, pH 7,4)?*

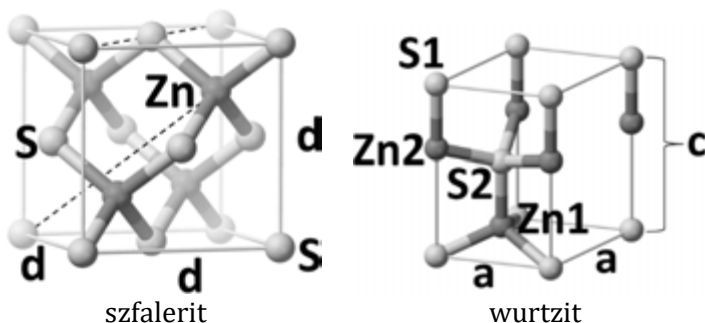
A húgysav a biológiai folyadékokban az aszkorbinsavhoz hasonló anti-oxidáns, azaz redukálószer. Egyes elméletek szerint ennél fogva az emberi evolúcióban kulcsszerepet játszott, az intelligencia, illetve az éhe-

zéstűrés, és így a civilizációs elhízás egyik kulcsvegyülete. Gyakori oxidációs terméke a szimmetrikus, C-C kötést nem, de három C=O csoportot tartalmazó triuret ($\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_3$) molekula.

d) Írd fel a húgysav és hidrogén-peroxid triuretet eredményező reakciójának rendezett egyenletét! Mi a triuret szerkezete? Van-e köze a közismert biuretpróbához?

(Magyarfalvi Gábor)

H297. A cink(II)-szulfidnak két közismert kristályos módosulata is létezik, a szfalerit és a wurtzit. A szfalerit elemi cellája köbös, a wurtzité hexagonális, az atomok elhelyezkedését a mellékelt ábrák mutatják.



A szfalerit sűrűsége $4,090 \text{ g/cm}^3$.

a) Számold ki ebből a Zn-S kötéstávolságot, a d cellaállandót, és adj meg felső korlátot a kénatom kovalens sugarára! Számold ki a wurtzité sűrűségét és cellaállandóit (a és c) azt feltételezve, hogy benne a Zn-S kötéstávolság megegyezik a szfaleritével!

Ez a két kristályszerkezet igen elterjedt a természetben. A gyémánt, a szilícium és a szilícium-karbid is szfalerit típusú rácsban kristályosodik. A gyémántnak létezik a természetben nagyon-nagyon ritkán előforduló wurtzité típusú módosulata is, ennek a neve lonsdaleit. A gyémánt sűrűsége $3,52 \text{ g/cm}^3$, az elemi szilíciumé $2,33 \text{ g/cm}^3$.

b) Ebből a két adatból becsüld meg a szilícium-karbid és a lonsdaleit sűrűségét!

A 0°C -on $0,917 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű jég is wurtzité szerkezetű. Itt minden rácspontban egy vízmolekula van, amelyben a kötésszög $104,5^\circ$, az oxigén-hidrogén kötéstávolság pedig 96 pm .

c) *Becsüld meg a H...O hidrogénkötésben lévő atommagok távolságát ezekből az adatokból!*

(Lente Gábor)

H298. A cianidok vizes oldatában a cianidionok meghatározására számos módszert dolgoztak ki. Egy $0,500 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KCN-oldatot fogunk vizsgálni. A titráláshoz $0,100 \text{ mol/dm}^3$ AgNO_3 -oldatot fogunk használni.

A cianidoldat $10,00 \text{ cm}^3$ -es részletét 100 cm^3 -re egészítjük ki desztillált vízzel, és hozzáadunk 5 cm^3 5 mol/dm^3 -es ammóniaoldatot és 2 cm^3 $0,1 \text{ g/cm}^3$ -es KI-oldatot. Majd az AgI sárga színének megjelenéséig titráljuk.

a) *Mennyi az ezüst-nitrát-mérőoldat fogyása (V_f)?*

b) *Írd fel a lejátszódó folyamatok egyenleteit! Mi az ammónia szerepe a folyamatban?*

A továbbiakban szükséges adatokat, állandókat a szakirodalomból javasoljuk megkeresni.

c) *A végpontban mennyi az egyes ionok koncentrációja (az ammónia jelenlététől eltekintve)?*

A fenti titrálás elvégezhető elektrokémiai végpontjelzéssel is. Ebben az esetben a következő galvánelemet állítjuk össze: az egyik félcella telített kalomelelektród, a másik félcellában ezüst elektróda jelenlétében titráljuk a cianidoldatot (az eredeti oldat $10,00 \text{ cm}^3$ -ét 100 cm^3 -re egészítjük ki desztillált vízzel).

d) *Mennyi a két cella közötti potenciálkülönbség*

i. $0,1 V_f \text{ cm}^3$ ezüst-nitrát-mérőoldat hozzáadása után?

ii. $V_f \text{ cm}^3$ ezüst-nitrát-mérőoldat hozzáadása után?

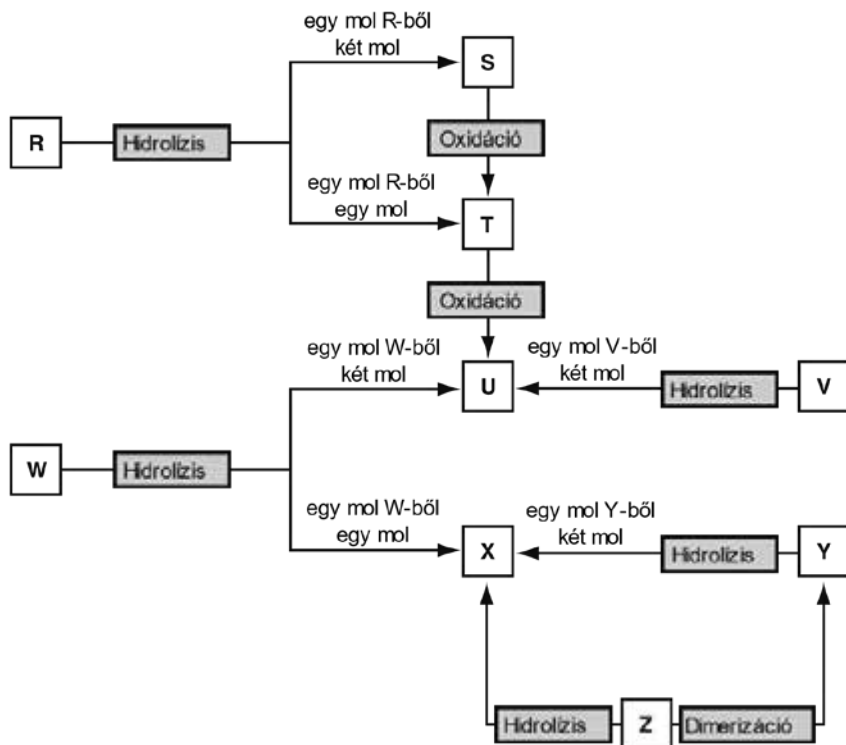
iii. $2V_f \text{ cm}^3$ ezüst-nitrát-mérőoldat hozzáadása után?

A kalomelelektrodát szeretnénk lecserélni egy olyan elektródra, amelynek potenciálja a titrálás végpontjában megegyezik a cianidos félcella potenciáljával.

e) *Javasolj olyan „referencia” cellákat, amelyek nem tartalmazzak: i) ezüstiont, ii) cianidiont, iii) egyiket sem!*

(Varga Szilárd)

H299. Az ábra az **R-Z** szerves vegyületek reakcióit mutatja. A vegyületek csak szén, hidrogént és oxigént tartalmaznak. Minden egyes szénatom pontosan csak egy másik szénatomhoz kapcsolódik minden egyes vegyületben. Ez a kötés csak egyszeres, egyik vegyületben sincs szén-szén többszörös kötés.



Rajzold fel a vegyületek szerkezetét!

(brit feladat)

H300. NaBH_4 és NiCl_2 vizes oldatainak összekeverésekor fekete csapadék keletkezik, amely számos szerves szintézisben használható katalizátorként. A reakció részletes vizsgálatához $0,1200 \text{ mol/dm}^3$ NiCl_2 és

0,1000 mol/dm³ NaBH₄-oldatokat készítünk. A folyamatot spektrofotométerrel (is) vizsgáljuk, ehhez referenciaként 1,000 cm-es küvetát használva megmérjük a készített NiCl₂-oldat abszorbanciáját 395 nm-en, amely 0,674-nak adódik.

Az első kísérletben 100,0 cm³ NiCl₂-oldatot keverünk 100,0 cm³ NaBH₄-oldattal, ekkor gáz- és csapadék képződését is megfigyeljük. Az oldatot megszűrjük, és a szűrletet 250,0 cm³-re hígítjuk. Ennek az oldatnak a 395 nm-en mért abszorbanciája 0,157. Sósav hozzáadására ez az oldat nem változik, NaOH hatására gélyszerű, zöld csapadék válik le belőle.

Egy másik kísérletben 100,0 cm³ NiCl₂-oldatot 300,0 cm³ NaBH₄-oldattal kevertünk. 101325 Pa nyomáson és 25,0 °C hőmérsékleten a keletkező gáz térfogata 1835 cm³. A fekete csapadék tömege szűrés és szárítás után 769,1 mg. A szűrletet 500,0 cm³-re hígítjuk, ezen oldat abszorbanciája 395 nm-en 0,000. Az oldat NaOH-hozzáadására nem változik. Az oldat 250,0 cm³-éhez metilvörös indikátort adva 6,00 cm³ 0,5000 mol/dm³ sósavra van szükség ahhoz, hogy az indikátor sárgából átmeneti színűvé váljék, s közben 294 cm³ gáz is keletkezik (101325 Pa és 25,0 °C, a gáz azonos azzal, amely a NiCl₂ és NaBH₄ reakciójában korábban már keletkezett). A semlegesített mintához mannitot adva az indikátor színe vörösbe vált át, ezt 8,00 cm³ 1,500 mol/dm³ NaOH-oldat hozzáadásával lehet ismét átmeneti színűre visszaállítani.

a) Állapítsd meg a fekete csapadék összetételét, és írd fel keletkezésének rendezett reakcióegyenletét!

A folyamat messze legdrágább reagense a NaBH₄.

b) Hogyan lehetne ugyanezt a terméket NiCl₂-ból kevesebb NaBH₄ felhasználásával előállítani?

(Lente Gábor)