

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter

A megoldásokat 2024. március 11-ig lehet a pontversenybe benevezetteknek feltölteni. A nevezésre a kokel.mke.org.hu honlapon volt és van mód; a nevezés után az egész tanévre érvényes részletes tájékoztatás érkezik a feltöltés módjáról.

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.

K476. Vendel olyan sok pozitív visszajelzést kapott a titkosírási feladatairól, hogy kitalált egy újat. Több változatot fontolgatott a vegyjelek kódolására, de végül ezt a pdf formátumot választotta. Az étkezési szokásaival kapcsolatos kérdésre ad választ (és egyébként tudja, hogy a bálna emlős).

71pdf22p63pdf45pdf2p10p19p47pd15pd38pd29pd16p49pd10p46pdf62pd7p3p
29pd56pdf16p3p

Fejtsd meg a mondatot!

(Zagyi Péter)

K477. Az alkálifémek nem csak a jól ismert Me_2S összetételű szulfidokat képezik a kénnel, hanem olyan poliszulfidokat is, amelyek S_x^{2-} aniont tartalmaznak (ahol x értéke kis egész szám). Egy ilyen alkálifém-poliszulfid előállítását az alábbi recept alapján történik:

Oldjunk fel 2,00 g alkálifémet 30 ml abszolút alkoholban: ekkor a fém alkoxidjának ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OMe}$) oldatát kapjuk. Ezen az oldaton buborékol-tassunk át H_2S gázt: így gyakorlatilag az **A** vegyület alkoholos oldata keletkezik. Az **A** vegyület sztöchiometrikus mennyiségű elemi kénnel – H_2S gáz fejlődése közben – a kérdéses polyszulfidot adja. Esetünkben 3,28 g ez a sztöchiometrikus mennyiség, melynek hozzáadása után 1 óráig forraljuk a keveréket. Gondoskodjunk az oxigén teljes kizárásáról! Ezután az alkohol nagy részét vákuumban elpárologtatjuk. Az oldatból narancsvörös csapadék válik ki, amit hidrogénáramban kiszűrünk, majd vákuumban P_2O_5 fölött megszáritjuk.

- a) Számítással határozd meg az előállított alkálifém-poliszulfid képletét!
 b) Írd fel a lejátszódó reakciók egyenletét!

(Zagyai Péter)

K478. A periódusos rendszerben kiválasztunk egy ilyen, három mezőből álló alakzatot:



Az alakzat tetszőlegesen elforgatható, tehát pl. a H, Li és Be atomokat vagy a He, F és Ne atomokat is választhatjuk.) Miután kiválasztottuk az atomhármast, összeadjuk a benne szereplő atomok rendszámát.

- a) Melyik három atomot választhattuk ki, ha az összeg:
 a1) 80;
 a2) 85;
 a3) 209?
 b) Létezik-e olyan 209-nél kisebb összeg, amelyhez nem található megoldás? Ha igen, adj meg egy ilyen számot!

(Zagyai Péter)

K479. Vendel laborfőnöke egyik este kikészített hat vegyszeres üveget az asztalra, hogy másnap azokkal dolgozzon. Az anyagok képletének minden betűje és száma önálló matricával volt fölragasztva az üvegekre. Vendel elhatározta, hogy megvicceli a főnököt, ezért leszedte az összes

matricát az üvegekről, majd más sorrendben visszarakasztotta. Terve szerint úgy, hogy reális képleteket állítson elő.

Az új feliratok ezek lettek: Al_2O_3 , NiS , MgO , CaNO_2 , Sn , SbPO_4 .

A végén nagyon büszke volt magára, mert minden matricát felhasznált, és csak három olyan vegyjel lett az új feliratokban, ami az eredeti üvegeken is szerepelt, holott azokon kilenc különböző kémiai elem vegyjele volt feltüntetve.

a) *Mindegyik új képlet kémiailag reális lett? Ha nem, melyik hibás?*

Reggel a főnök irtózatosan berágott. Szinte biztos volt benne, hogy ki a tettes, és azt is tudta, hogy ezt nem ússza meg szárazon. De még hátravolt a feliratok visszarendezése. A hat szilárd anyag közül egy sárga, egy pedig fekete volt, ezeket könnyű volt azonosítani. A másik négy fehér anyag közül kettő vízdoldható volt, kettő pedig oldhatatlan. A vízdoldhatókat reagens nélkül (csapvízzel) is rövid idő alatt azonosítani tudta, de az oldhatatlanokkal meggyűlt a baja. Végül mindkettőt összerázta egy kellemetlen szagú színtelen oldattal. Az egyikben fekete szín jelent meg, ez segített az azonosításban.

b) *Mik lehettek az eredeti anyagok a hat üvegcsében?*

c) *Vajon hogyan sikerült egyszerűen azonosítani a két vízdoldható anyagot?*

d) *Milyen reagenssel, milyen reakcióval sikerült azonosítani a két vízdoldhatatlan anyagot?*

(Zagyai Péter)

K480. Vendel furcsa feladatot kapott a főnökétől a laboratóriumban.

„Az asztalon találsz négy mérőlombikot, **A–D** felirattal, mindegyikben van 100 cm^3 oldat. Az oldatok a következők (ismeretlen sorrendben):

- $0,0100\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsavoldat;
- $0,0100\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsav–hidrogén-klorid-oldat (együttes koncentrációjuk ennyi, tehát lehet pl. $0,00500\text{ mol/dm}^3$ H_2SO_4 -re és $0,00500\text{ mol/dm}^3$ HCl -re nézve);
- x tömegszázalékos KOH -oldat;
- KOH -ra és NaOH -re nézve együttesen x tömegszázalékos oldat.

Mindegyik oldat elég híg ahhoz, hogy a sűrűségét azonosnak vedd a tiszta víz sűrűségével.

A feladatod, hogy eldöntsd, melyik oldat melyik, és az ismeretlen koncentrációjúaknak megmondd a pontos összetételét. Titrálhatsz annyit, amennyit akarsz. Ha nem sikerül, repülsz.”

Vendel elsőre nagyon összezavarodott az abszurd feladattól, a sok ismeretlentől. Még kevésbé értette, hogy miért kapta ezt a büntetést, hiszen nemrég lepte meg a főnökét egy nagyon szórakoztató laboratóriumi tréfával.

Végül kidolgozott egy módszert. Először indikátorral azonosította a két savoldatot (**A** és **C**), valamint a két lúgoldatot (**B** és **D**).

Ezután elvégezte mind a négy párosításban a titrálást. Mindannyiszor $10,00 \text{ cm}^3$ savoldatot titrált metilnarancs indikátor mellett, először az egyik, majd a másik lúgoldattal. Három párhuzamos mérés átlageredményét jegyezte le:

A + B: $12,20 \text{ cm}^3$

A + D: $9,33 \text{ cm}^3$

C + B: $9,33 \text{ cm}^3$

C + D:

Az utolsó titrálás eredményét elfelejtette leírni, bosszankodott is emiatt nagyon. Arra viszont emlékezett, hogy ez a fogyás volt a legkisebb.

A kiértékelésnél össze kellett szednie minden tudását. Vajon végül sikerült neki megválaszolnia a kérdéseket?

a) *Azonosítsd az oldatokat és számítsd ki az ismeretlen koncentrációjú oldatok összetételét!*

b) *Mennyi volt a fel nem jegyzett fogyás?*

(Zagyai Péter)

K481*. $30,0 \text{ V/V} \%$ szén-dioxid-tartalmú szénhidrogén–szén-dioxid gázelegyet pontosan húszszoros térfogatú azonos állapotú levegőben lehet tökéletesen elégetni. A vízmentes égéstermék szén-dioxidra vonatkoztatott sűrűsége $0,696$.

a) *Számítással határozd meg a szénhidrogén molekulaképletét!*

b) Legfeljebb hány egymástól különböző izomer tartozhat a molekula-képlethez?

(A levegő összetétele: 21 V/V % oxigén, 79,0 V/V % nitrogén.)

(Prókai Szilveszter)

K482*. Ha kálium-hidroxid-oldathoz kétszeres térfogatú desztillált vizet öntünk 2,70 %-os térfogatcsökkenést (ún. térfogati kontrakció) tapasztalunk. Az oldat 21,0 m/m %-os lesz, sűrűsége 1,20 g/cm³.

a) Hány m/m %-os volt a kiindulási kálium-hidroxid-oldat?

b) Mekkora volt a kiindulási kálium-hidroxid-oldat sűrűsége?

c) Mekkora térfogatra kell hígítani a hígított oldat 10,0 cm³-ét, hogy az oldat pH-ja 12,5 legyen?

(Prókai Szilveszter)

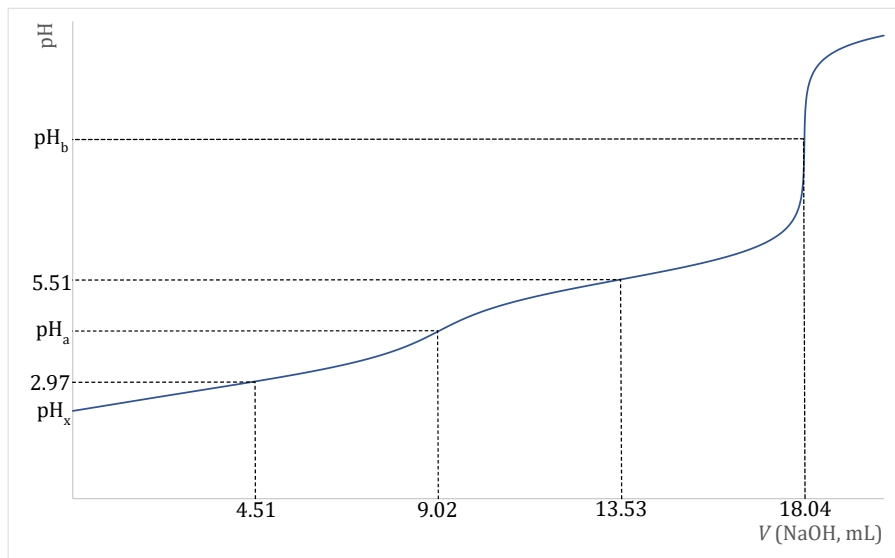
K483*. Mekkora tömegű, ill. milyen tömegszázalékos összetételű kalcium-dihidrogén-foszfátból $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ és karbamidból $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ álló keverékkel helyettesíthető 1,00 kg ammónium-hidrogén-foszfát $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ műtrágya, ha a növényeket azonos mennyiségű nitrogénhez és foszforhoz szeretnénk juttatni?

(Prókai Szilveszter)

H401. Ali a laborban két kétértékű karbonsav, **B** és **C** vizsgálatát kapta feladatul.

I. rész.

Megfigyelése szerint a **B** vegyület fehér szilárd anyag, amely vízben kevésbé oldódik. Ali 200 cm³ törzsoldatot készített 1,2000 g **B** vegyületből, és 25,00 cm³ törzsoldatot titrált 0,1000 mol/dm³ NaOH-oldattal. Talált egy pH-mérőt, így a hozzáadott NaOH-oldat térfogatának függvényében figyelemmel tudta kísérni az oldat pH-változását. Az alábbi grafikon a kísérleti eredményeit mutatja.



A grafikon alapján Ali sok mindent megtudott a dikarbonsavról (**B**) és oldatáról. (Ebben a koncentrációtartományban az oldatok térfogata aditív.)

- Számítsd ki a **B** vegyület móltömegét!
- Határozd meg a **B** vegyület savi disszociációs állandóit az ábra alapján!

A **B** vegyület moláris tömegét felhasználva kikövetkeztette annak molekulaképletét. Ezután K_a adatok után nézett, és kezdeti megállapításai segítségével sikeresen azonosította a szerkezetet.

Rájött, hogy a diagramból kapott disszociációs állandók egyike valószínűleg nem túl megbízható. A pontosság javítása érdekében úgy döntött, hogy a K , a kumulatív savi disszociációs állandó (a $\text{H}_2\text{A} \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + \text{A}^{2-}$ folyamaté) irodalmi értékét használja, ami **B** esetén $3,99 \cdot 10^{-9}$.

- Reprodukáld Ali érvelését úgy, hogy kiválasztod a helyes alternatívákat az alábbi mondatban, és reprodukáld a számolását is!

K_{ax} (x 1 vagy 2) a grafikonról valószínűleg pontatlan a következő két ok miatt: a sav teljes koncentrációja a titrált oldatban viszonylag túl (magas/alacsony), míg a kérdéses K_{ax} -érték viszonylag túl (nagy/keves).

- d) Számítsd ki a diagramon pH_a -ként jelölt értéket (az első ekvivalenciapontot)! Használd a legpontosabb adatokat a számításhoz! Válaszod két tizedesjeggyel add meg!
- e) Megfelelő közelítések alkalmazásával számítsd ki a kiindulási törzsoldat pH -ját (pH_x a grafikonon) és a második egyenértékpont, pH_b , pH -ját! Válaszod két tizedesjeggyel add meg!

Ali egy **B**-t mérő titrálást szeretne beállítani diáktársai számára sav-bázis indikátor használatával. A következő adatokat találta:

Indikátor	A színváltozás pH-tartománya
timolftalein	9,3–10,5
fenolftalein	8,3–10,0
krezolvörös	7,2–8,8
brómtimolkék	6,0–7,6
metilvörös	4,4–6,2
metilnarancs	3,1–4,4
timolkék	1,2–2,8

- f) Válaszd ki a titrálás legjobb indikátorát!

(Villányi Attila)

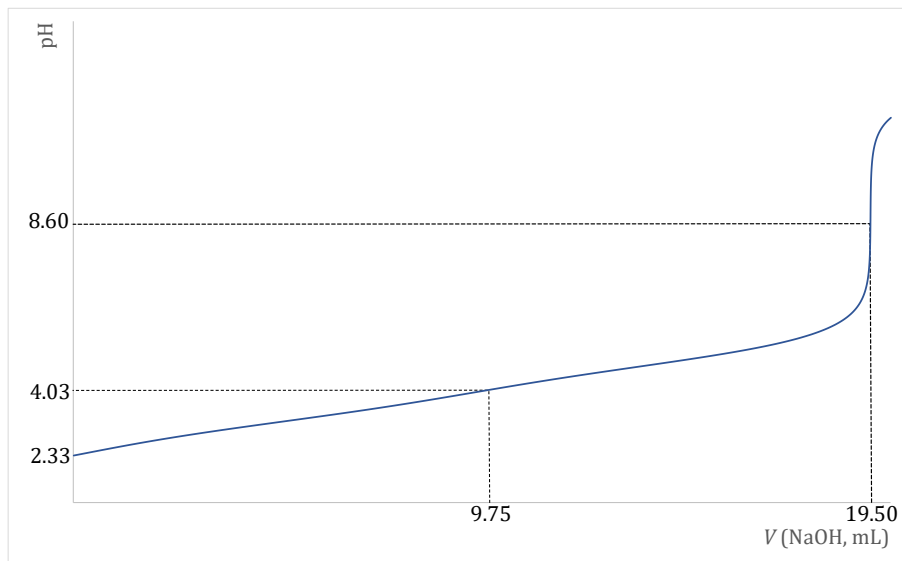
H402.

II. rész.

A **C** vegyület is fehér, de kiválóan oldódik vízben. Bár a név hiányzott a palackról, a savi disszociációs állandókat ráírták:

$$K_{a,1}(\mathbf{C}) = 6,03 \cdot 10^{-4}, K_{a,2}(\mathbf{C}) = 1,41 \cdot 10^{-5}$$

Ali 200 cm^3 oldatot készített $1,1700 \text{ g}$ száraz, vízmentes **C** vegyületből, és $25,00 \text{ cm}^3$ törzsoldatot titrált ugyanazzal a NaOH -oldattal, mint korábban, miközben a pH -t pH -mérővel figyelte. A következő grafikon az kísérleti értékei alapján készült. A titrálás adataiból Ali megállapította, hogy a **C** vegyület móltömege 150 g mol^{-1} .



Ali C mérésére is szeretne eljárást adni, sav-bázis indikátor használatával.

- Válassz egy megfelelőt a fenti listából!
- Számítsd ki a savból származó három speciesz koncentrációarányát $pH = 4,03$ esetén! Az eredményt így add meg: $[H_2A] : [HA^-] : [A^{2-}] = \dots : \dots : 1!$
- Számítsd ki a C második deprotonálódási lépéséből származó H^+ ionok százalékos arányát a kiindulási oldatban ($pH = 2,33$)!

III. rész.

Ismert, hogy mindkét sav csak C, H és O atomokat tartalmaz. A két ismeretlen vegyület közül az egyik optikailag inaktív, de két kiralitáscentrum van benne, a másik pedig aromás vegyület.

- Rajzold le a két ismeretlen sav lehetséges szerkezetét (szükség esetén sztereokémiával és a kiralitáscentrumok R/S jelölésével)!

(Villányi Attila)

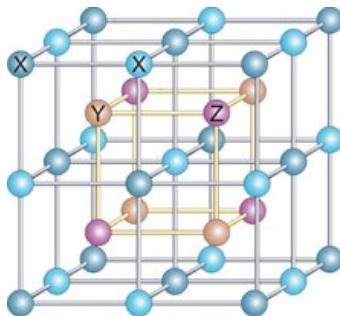
H403. A fémes alumínium normál körülmények között $2,710 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű, lapcentrált köbös (FCC) kristályt képez. Érdekes módon szerkezeti változáson megy keresztül nagy nyomáson.

213 GPa nyomáson az FCC szerkezet még mindig stabil, de az elemi cella mérete 324,6 pm-re változik. Amikor a mintát gyémántullók között tovább préselték 310 GPa fölé, átalakulást észleltek olyan tércentrált köbös (BCC) szerkezetté, amelynek az elemi cellája 250,5 pm-es volt.

a) Számítsd ki és hasonlítsd össze a különböző nagy nyomású módosulatok sűrűségét (g/cm^3)!

b) Számítsd ki az Al fémes sugarát a három módosulatban!

Egy mágneses ötvözetcsalád elemi cellája látható az ábrán. Ha az ötvözetek Al-t tartalmaznak, akkor az Al atomok általában a Z-vel jelölt pozíciókat foglalják el. Az ötvözet másik két fémje általában átmenetifém. Érdekes lehetőségek adódnak abból, hogy bizonyos ötvözetekben az összes kék (sötét és világos) helyzetben X atomok vannak, más esetekben pedig csak a sötétkék atomok helyén.



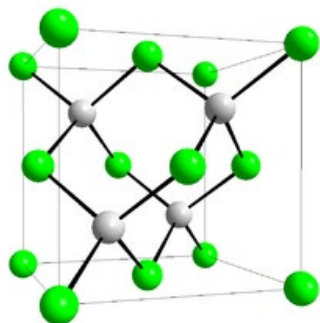
c) Azonosítsd a csak a Z atomok által alkotott rács típusát (primitív köbös, FCC, BCC, valami más)! Azonosítsd a kék (sötét és világos) atomok által alkotott rács típusát!

d) Határozd meg az ötvözet tapasztalati képletét, ha minden kék helyzetben X atomok vannak! Hány X, hány Y és hány Z atom a legközelebbi szomszédja egy Z atomnak?

e) Azonosítsd a sötétkék atomok által alkotott rács típusát! Határozd meg az ötvözet tapasztalati képletét, ha csak a sötétkék helyeken vannak X atomok!

Egy alumíniumtartalmú félvezető a következő elemi cellával rendelkezik. A rácsállandó 613,5 pm, az anyag sűrűsége $4,277 \text{ g}/\text{cm}^3$.

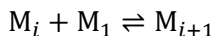
f) Határozd meg a félvezető tapasztalati képletét! Azonosítsd a másik elemet!



(Magyarfalvi Gábor)

H404. A nanorészecskék az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb tudományos érdeklődést váltanak ki. A nanorészecskék fizikai, optikai és elektronikus tulajdonságait a hasonló kémiai összetételű tömbfázisokhoz képest alapvetően méretük határozza meg. Ez a méret azonban soha nem egységes, mivel minden valódi mintában különböző méretű részecskék vannak jelen. Ennek eredményeként a méretet nem lehet egy egyszerű számmal jellemezni, még átlaggal sem. A nanorészecskék méreteloszlását általában kísérletileg kell meghatározni.

A nanoszemcsék méreteloszlásának egy egyszerűsített modellje a következő. Feltételezzük, hogy az M_1 monomer egység egyensúlyi reakciók sorozatában vesz részt, amelyekben növekvő nanorészecskék keletkeznek. M_i jelöli a részecskét, amelyben pontosan i db monomer egység van. Az egyensúlyokat a következő általános reakció írja le:



Első közelítésben az összes ilyen folyamat egyensúlyi állandóját (K) egyenlőnek tételezzük fel, így független lesz az i értékétől.

$$\frac{[M_{i+1}]}{[M_i][M_1]} = K$$

Képzeljünk el egy kísérletet, amelyben az M_1 kezdeti koncentrációja (a nanorészecskék kialakulása előtt) T volt, és az M_1 móltömege W .

a) *Vezess le egy képletet, amely megadja a T , W és K függvényében a képződött nanorészecskék átlagos moláris tömegét!*

Tipp: szükség lehet az alábbi összefüggésre végtelen geometriai sorozatok összegzéséhez:

$$\sum_{k=0}^{\infty} a r^k = \frac{a}{1-r} \quad \text{ha } |r| < 1$$

Az egyes nanorészecskék mérete nem egyenesen arányos a tömegükkel. Ha feltételezzük, hogy a részecskék megközelítőleg gömb alakúak, akkor a részecske mérete (d_i) arányos a moláris tömeg köbgyökével, amely közvetlenül arányos i -vel, a monomer egységek számával. Tehát összességében:

$$r_i = r_0 \sqrt[3]{i}$$

Itt r_0 az egyetlen monomer egységet tartalmazó „nanorészecske” hipotetikus méretét megadó állandó.

Az eloszlásokat gyakran illusztrálják hisztogramokkal, azaz olyan oszlopdiaagramokkal, amelyeknek x tengelye a kérdéses tulajdonság tartományait jeleníti meg, míg a sávok magassága arányos annak valószínűségével, hogy a tulajdonságot a megadott tartományon belül találjuk meg.

b) *Táblázatkezelő szoftver segítségével hozz létre két hisztogramot a választott rendszerre! A számításokhoz legyen $T = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ és $K = 10^6 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3$. Az első hisztogramnak a nanorészecskék moláris tömegének eloszlását kell ábrázolnia, 100 W tartományszélességgel. Ez azt jelenti, hogy az első oszlop a 0–100 W, a második a 100–200 W és így tovább moláristömeg-tartományt képviseli. A második hisztogramnak a nanorészecske-méreték eloszlását kell megjelenítenie, ahol r_0 a tartomány szélessége.*

(Lente Gábor)

H405. A fémorganikus hálózatok (MOF-ok) olyan koordinációs polimerek, amelyek jellemzően egy átmenetifém-ből és egy több koordináló funkciós csoportot tartalmazó szerves kapcsolóelemből épülnek fel. Nagy üregeik és nagy porozitásuk miatt jelentős szerepet játszhatnak a hidrogén vagy ammónia tárolásában és a katalízisben. A kapcsolóelemek méret, alak és koordináló funkciós csoport tekintetében széles skálája, valamint a rendelkezésre álló változatos fémek sok különböző MOF-ot eredményezhetnek.

A rézalapú **MOF-a** ígéretes ammóniatároló anyag. A szerkezet szintézise az **A** réz(II)-só és a **B** kétfunkciós kapcsolóelem egyenlő mennyiségének DMF-ben (N,N-dimetil-formamid) történő reakciójával kezdődik, ami kék oldatot eredményez. Ezt az oldatot 16 órán át 90 °C-on keverjük, ami zöldeskék csapadék képződéséhez vezet. Szűrés után a csapadékot háromszor mossuk DMF-fel, majd 24 órán át metanolban áztatjuk. Ezt az áztatási eljárást friss metil-alkohollal megismételjük, mielőtt külön adag metanolban tárolnánk el az anyagot. Az **A** elemzéséhez lassú fűtést alkalmaztak inert gázáramban, és figyelemmel kísérték a tömegcsökkenést. 120 °C körül 19,4%-os súlycsökkenést figyeltek meg, ami a vízvesztésnek tulajdonítható. 250 °C elérése után fekete **C** anyag maradt, és vöröses gázkeverék távozott. A teljes tömegvesztés eddig a pontig, beleértve a vizet is, 65,8 m/m% volt.

A gázáramot hidrogénre váltva és a fűtés folytatásával a fekete anyag további 20,1% -ot veszített súlyából, és réz maradt hátra.

a) *Add meg A és C képletét, számolásaid alapján!*

A **B** kapcsolóelem egy szimmetrikus molekula, amely csak 3 elemet tartalmaz, és moláris tömege 172 g/mol. Szimmetriacentruma van, és nem színteleníti el a brómos vizet. 0,500 g **B** kifejezetten savas oldatának titrálásához 11,6 ml 0,500 M NaOH oldatra volt szükség. **B**-nek 3 különböző jele van a ^{13}C -NMR-ben.

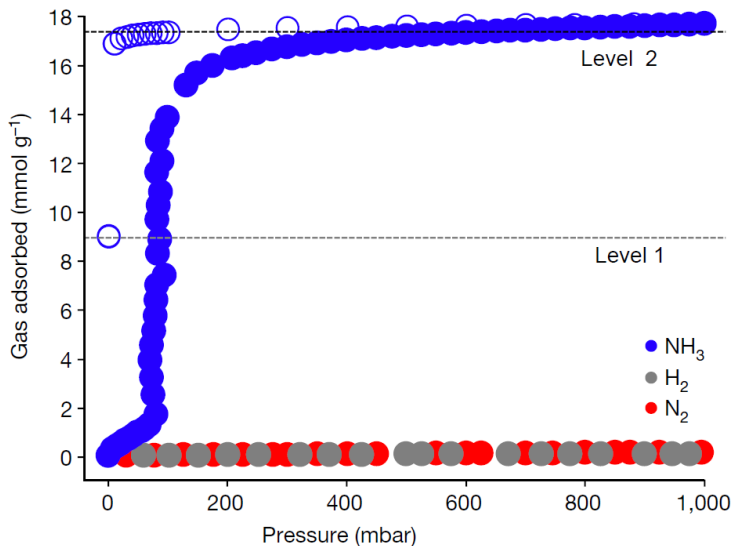
b) *Rajzold fel B szerkezetét! Vannak sztereoiszomerei?*

Egy porózus anyag felületének becslésére szolgáló egyik módszer az, hogy nitrogéngázt bocsátanak az evakuált mintára, és követik a nyomást. Az **MOF-a**, esetében a nitrogénfelvétel $5,0 \cdot 10^{-3}$ mol/g környéken ellaposodó görbét mutatott, majd nyomásnövelésre ismét növekedni kezdett. Ezt az ellaposodó tartományt úgy értelmezik, hogy megfelel a felületen lévő monomolekuláris réteg képződésének.

c) *Számítsd ki a MOF-a fajlagos felületét m^2/g egységben, ha tudjuk, hogy egy nitrogénmolekula a felületen $0,162 \text{ nm}^2$ -t foglal!*

Az **MOF-a** fém koordinációs környezete egyedülálló, és ez eredményezi térhálós szerkezetet. Minden rézatom 4 különböző kapcsolóelem 4 oxigénatomjához kapcsolódik megközelítőleg síknégyszetes geometriával. Így két Cu atom egymás közelébe kerül, és minden rézhez egy 5. kapcsolóelem oxigénatomja is kapcsolódik.

Amikor az ammónia-, nitrogén- és hidrogénadszorpciókat szobahőmérsékleten vizsgálták, az **MOF-a** jelentős mennyiségű ammóniát adszorbeált a nitrogénhez és a hidrogénhez képest, amint azt az alábbi grafikon összefoglalja. A zöld színű szilárd anyag ammóniával (tele körök) érintkezve megkékül, és ammónialeadás (deszorpció) során (üres körök) lila színűvé válik. A grafikonon két szint van megjelölve fontosságuk miatt. A 2. szint (Level 2) az ammóniával való telítettség, az 1. szint (Level 1) pedig a szobahőmérsékleten 1 mbar nyomáson történő deszorpció végpontja. Óvatos fűtéssel innen az eredeti **MOF-a** visszanyerhető volt.



d) Számítsd ki az egyes Cu-atomokhoz koordinált ammóniamolekulák számát az 1. és 2. szintnek megfelelő szerkezetben. A MOF-a 27,2 tömegszázalék rézet tartalmaz.

A röntgendiffrakciós mérések megállapították, hogy mindkét szerkezet egydimenziós (azaz az összekapcsolt Cu atomok egyenes vonalban rendeződnek el), és mindkét szerkezetben a rézatomok két **B** ligandumból két oxigénatomot koordinálnak.

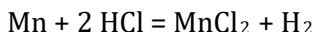
e) Milyen a rézatomok elsődleges koordinációs környezete a két szerkezetben?

(diákolimpiai feladat)

Megoldások

K460. a) 25 dm^3 gáz anyagmennyisége $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on a megadott nyomáshatárok között mérve $0,505 \text{ mol}$ és $1,515 \text{ mol}$ között lehet.

A 25 g ötvözetnek $25 \text{ m/m}\%$ -a mangán, ami $6,25 \text{ g}$, azaz $0,114 \text{ mol}$. Eből ugyanennyi H_2 fejlődik az



egyenlet szerint.

Mivel az ötvözetben a mangán tömegszázaléka és anyagmennyiség-százaléka egyenlő, a többi összetevő átlagos moláris tömege $54,9 \text{ g/mol}$ kell legyen (azaz egyenlő a mangánéval).

Hiányzik legalább $0,505 - 0,114 = 0,391 \text{ mol}$ H_2 , aminek $0,456 - 0,114 = 0,342 \text{ mol}$ fémből kell képződnie.

Ez azt jelenti, hogy szükség lesz egy három vegyértékű fémre, amely az átlagos moláris tömeget is figyelembe véve célszerűen az alumínium.

Ha az összes hiányzó hidrogént alumínium fejleszti, akkor legalább $0,391/1,5 = 0,261 \text{ mol}$ alumíniumra van szükség. Ennek tömege $7,05 \text{ g}$.

Ekkor a maradék fém tömege $25 - 6,25 - 7,05 = 11,7 \text{ g}$, anyagmennyisége pedig $0,456 - 0,114 - 0,261 = 0,081 \text{ mol}$.

Ez $11,7 / 0,081 = 144,4 \text{ g/mol}$ moláris tömeget jelent.

A kiindulópontunk az volt, hogy csak a mangán és az alumínium fejleszt hidrogént. Az ötvözet további komponensei tehát lehetnek pl. Cu és Au vagy Ag és Au – ha két komponensben gondolkodunk.

Cu és Au esetén például $x \text{ mol}$ Cu és $(0,081 - x) \text{ mol}$ Au feltételezésével felírható:

$$63,5x + 197(0,081 - x) = 11,7$$

Ebből $x = 0,032 \text{ mol}$.

Ebben az esetben tehát az ötvözet összetétele:

Mn:	$6,25 \text{ g}$	$0,114 \text{ mol}$
Al:	$7,05 \text{ g}$	$0,261 \text{ mol}$
Cu:	$2,04 \text{ g}$	$0,032 \text{ mol}$
Au:	$9,66 \text{ g}$	$0,049 \text{ mol}$

Ez azonban csak egy lehetőség a nagyon sok (végtelen sok) közül. Egyrészt emelhetjük a nyomást, ekkor nagyobb mennyiségű alumíniumra lesz szükség.

Másrészt lehetséges olyan további összetevőt használni, amely szintén fejleszt hidrogént.

Harmadrészt az esetlegesen hidrogént nem fejlesztő fémek száma és mólaránya rendkívül széles határok között változtatható.

Érdekes megvizsgálni, hogy megoldható-e a feladat háromkomponensű ötvözzel.

54,9 g/mol átlagos moláris tömeget számos pozitív standard potenciálú fémmel elérhetünk. Legalább 0,261 mol (7,05 g) alumíniumra van szükség, tehát alsó korlát lesz a másik fém moláris tömegére, mégpedig

$$M_x > 144,4 \text{ g/mol}$$

Ha a másik fém az arany, akkor $25 - 6,25 = 18,75$ g tömegű Al–Au keverék tehát 0,342 mol. x mol Au és $(0,342 - x)$ mol Al esetén

$$197x + 27(0,342 - x) = 18,75$$

$$x = 0,056 \text{ mol}$$

Tehát 0,056 mol Au (11,03 g) mellett 0,286 mol Al (7,72 g) van a keverékben.

A fejlődő hidrogén összesen $0,114 + 1,5 \cdot 0,286 = 0,543$ mol.

Ha a harmadik fém is fejleszt hidrogént, akkor kevesebb Al kell.

Ha a harmadik fém 2 vegyértékű, akkor x mol fém és $(0,342 - x)$ mol Al esetén a fejlődő H_2 anyagmennyisége

$$x + 1,5(0,342 - x) = (0,513 - 0,5x) > 0,391 \text{ mol}$$

Tehát $x < 0,244$ mol

Ez azt jelenti, hogy legalább 0,098 mol Al szükséges, ami 2,65 g, vagyis a másik fém moláris tömege

$$M > (18,75 - 2,65) / 0,244 = 66,0 \text{ g/mol}$$

Pl. Al–Sn párosítás esetén

$$118,7x + 27(0,342 - x) = 18,75$$

$$x = 0,104 \text{ mol}$$

Tehát 0,104 mol Sn és 0,238 mol Al összesen 0,461 mol H₂-t fejleszt.

Végül egy biztosan megvalósítható eset: ha mindkét fém három vegyértékű, hiszen ekkor 0,342 mol fém 0,513 mol H₂-t fejleszt, összesen pedig 0,627 mol H₂ képződik.

Az átlagos moláris tömeg 54,9 g/mol, tehát pl. Al–Y vagy Sc–Y párosítások jöhetnek szóba.

Al–Y esetén

$$88,9x + 27(0,342 - x) = 18,75$$

$$x = 0,154 \text{ mol}$$

Tehát 0,154 mol Y (13,69 g) mellett 0,188 mol Al (5,06 g) van a keverékben.

b) A fenti első példában a minimális, azaz az 50 kPa nyomás valósult meg.

A második példában az Mn–Al–Au ötvözet 0,543 mol H₂-t fejleszt, amelynek nyomása 53,8 kPa.

A harmadik példában az Mn–Al–Sn ötvözet 0,575 mol H₂-t fejleszt, amelynek nyomása 57,0 kPa.

A negyedik példában az Mn–Al–Y ötvözet 0,627 mol H₂-t fejleszt, amelynek nyomása 62,1 kPa.

Érdekes lehet megvizsgálni, hogy légköri nyomáson mérve is sikerülhetne-e teljesíteni a feltételeket.

Ekkor 1,01 mol hidrogénnek kell fejlődnie, vagyis a hiányzó 0,896 mol H₂-nek 0,342 mol fémből kellene képződnie. Ez 2,62 mol H₂ / 1 mol fém arányt jelent, amit nem tudunk elérni.

Nem vártuk el a lehetőségek ilyen széleskörű végiggondolását, a maximális pontszámhoz elegendő volt egyetlen helyes összetételt találni

(Zagyi Péter)

K461. a) 100 g telített oldatban 22,7 g NH₄Cl van, ami 0,424 mol.

Ehhez 0,424 mol HCl kell, ami 15,5 g; valamint

0,424 mol NH₃, ami 7,23 g.

A felhasználandó oldatok:

15,5/0,2 = 77,5 g sósav;

$7,23/0,25 = 28,9$ g ammóniaoldat.

Az összeöntéssel kapott oldatból aztán el kell párologtatni 6,4 g vizet.

b) A felhasználandó oldatok:

$15,5/0,25 = 62$ g sósav;

$7,23/0,25 = 28,9$ g ammóniaoldat.

Hozzá kell még öntenünk 9,1 g vizet is.

c) Vegyünk 100 g-ot az oldatokból.

40 g NH_3 anyagmennyisége 2,35 mol, 10 g HCl anyagmennyisége 0,27 mol.

Keletkezik 0,27 mol NH_4Cl , ami 14,4 g, megmarad 2,08 mol NH_3 , ami 35,4 g.

A kapott rendszer tehát NH_4Cl -re nézve 7,2 $m/m\%$ -os, NH_3 -ra nézve 17,7 $m/m\%$ -os lesz.

Egyértelmű, hogy még ammóniafelesleg nélkül is oldatban maradna ennyi NH_4Cl , tehát nem lesz kristálykiválás.

d) Vegyünk ismét 100 g-ot az oldatokból.

10 g NH_3 anyagmennyisége 0,59 mol, 40 g HCl anyagmennyisége 1,1 mol.

Keletkezik 0,59 mol NH_4Cl , ami 31,6 g, megmarad 0,51 mol HCl, ami 18,6 g.

A kapott rendszer tehát NH_4Cl -re nézve 15,8 $m/m\%$ -os, HCl-re nézve 9,3 $m/m\%$ -os lesz.

Az adatokra tekintve látható, hogy ebben az esetben kristálykiválás várható.

A feladat nem bizonyult nehéznek, sok hibátlan megoldás érkezett.

(Zagyi Péter)

K462. a) A két stabil nuklid az ^{55}Mn és a ^{47}Ti , előbbiben 25 proton, utóbbiban 25 neutron van.

b) Nincsen ilyen vegyület, de elképzelhető a két nuklid alkotta ötvözet.

c) Azok a számok, amellyel csak egyetlen stabil nuklid létezik, mind a protonszámot, mind a neutronszámot tekintve: 4 (^9Be , ^7Li), 9 (^{19}F , ^{17}O), 11 (^{23}Na , ^{21}Ne), 13 (^{27}Al , ^{25}Mg), 15 (^{31}P , ^{29}Si), 23 (^{51}V , ^{43}Ca), 27 (^{59}Co , ^{49}Ti),

33 (^{75}As , ^{61}Ni), 41 (^{93}Nb , ^{73}Ge), 53 (^{127}I , ^{95}Mo), 59 (^{141}Pr , ^{105}Pd), 65 (^{159}Tb , ^{115}Sn), 67 (^{165}Ho , ^{117}Sn), 69 (^{169}Tm , ^{119}Sn), 79 (^{197}Au , ^{135}Ba).

d) A fenti párosítások közül több esetben elképzelhető változatos összetételű ötvözet, továbbá a F és O esetén létezik OF_2 képletű vegyület is.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,4 pont, összesen 5 beküldő ért el maximális pontszámot. A leggyakoribb hiba a c) feladat-részben volt, többen olyan izotópokat írtak megoldásként az adott proton-számhoz, amelyből többféle neutronszámú stabil izotóp is létezik.

(Vörös Tamás)

K463. a) 25 elektronpárt tartalmazó molekula például: C_8H_{18} és izomerjei (25 db kötő elektronpár); $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{F}_2$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{Cl}_2$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{Br}_2$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{I}_2$ és izomerjei (19 db kötő- és 6 db nemkötő elektronpár).

b) 25 kötő elektronpárt tartalmazó molekula például: C_8H_{18} és izomerjei, propil-fenol és izomerjei ($\text{C}_3\text{H}_7\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$), hexán-1,2,3,4,5,6-hexol ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$).

c) 25 nemkötő elektronpár van többek között azokban a molekulákban, melyekben 8 db, egyenként 3-3 db nemkötő elektronpárt tartalmazó halogénatom mellett van 1 db egy nemkötő elektronpárt tartalmazó N-atom. Ilyen molekula például a nyolcszorosan klórszubsztituált butánamin ($\text{C}_4\text{H}_3\text{Cl}_8\text{N}$). A nemkötő elektronpárok száma nem változik, ha bármely halogént másikra cseréljük, valamint ha a szénláncot $\text{-CH}_2\text{-}$ csoportokkal bővítjük, mindez gyakorlatilag végtelen számú lehetséges választ eredményez.

A feladat molekulát felírását kérte, így az ionokat helyes válaszként nem tudtuk elfogadni. Mindhárom részfeladatra helyes megoldást küldött be Serfőző Antal.

(Vörös Tamás)

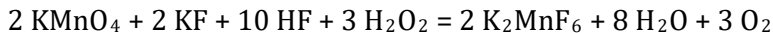
K464. a) Vörös színt kibocsátó (emittáló) anyagot jelent.

b) Vizsgáljunk 1,00 mol anyagmennyiségű mintát, melyben x mol K_2MnF_6 és $(1-x)$ mol K_2SiF_6 van. Az x mol K_2MnF_6 tömege $247,1x$ g és benne $54,94x$ g mangán van. Az $(1-x)$ mol K_2SiF_6 $220,3 \cdot (1-x)$ g. A vizsgált minta teljes tömege $220,3 + 26,8x$ g, ennek $2,6$ m/m%-a mangán, azaz felírható:

$$(220,3 + 26,8x) \cdot 0,026 = 54,94x$$

Ebből $x = 0,106$, tehát a szilíciumatomok 10,6%-át helyettesíti Mn^{4+} .

c) A K_2MnF_6 előállításának reakcióegyenlete:



A K_2SiF_6 előállításának reakcióegyenlete:



A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,6 pont, hibátlan megoldást 7 tanuló küldött be.

(Vörös Tamás)

K465. a) 100 g vegyületben 59,1 g fém mellett 40,9 g F van.

$n(\text{F}) = 2,153 \text{ mol}$, $n(\text{Me}) = n(\text{F})/x$, ahol x értéke egész szám.

A fém moláris tömege

$$M = 59,1x/n(\text{F}) = 27,45x$$

$x = 2$ esetén $M = 54,9 \text{ g/mol}$, ami a mangán moláris tömege. Az MnF_2 tehát a kérdéses vegyület.

b) Ha a fém-fluoridban a fém tömegtörtje y , akkor MeF_n képlet esetén fennáll a következő összefüggés:

$$M/(M+19n) = y$$

Ezt átrendezve:

$$M = 19ny/(1-y)$$

Ha két fém is kielégíti ezt a feltételt, akkor

$$M_1 = 19ny/(1-y)$$

$$M_2 = 19my/(1-y)$$

Vagyis $M_1/M_2 = n/m$

Olyan fémpárokat kell tehát keresnünk, amelyek moláris tömege kis egész számok hányadosa. De arra is figyelniük kell, hogy ezek a kis egész számok a fémek reális vegyértékét reprezentálják. A próbálgatás vezethet eredményre. Egy lehetséges pár az ittrium-ón. Moláris tömegük aránya kb. 4:3, az SnF_4 és az YF_3 pedig valóban létező vegyületek. A pontos fémtartalmuk 60,97, ill. 60,93 $m/m\%$.

Egy másik lehetséges pár a rénius-palládium, melyek moláristömegaránya kb. 7:4, az ReF_7 és a PdF_4 egyaránt létezik.

A pontos fémtartalmuk 58,33, ill. 58,34 $m/m\%$.

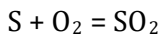
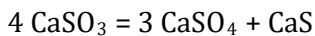
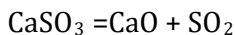
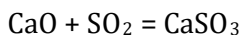
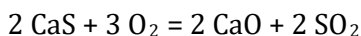
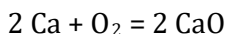
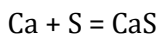
További jó megoldások: $\text{TiF}_2\text{-MoF}_4$, $\text{TiF}_3\text{-MoF}_6$, NaF-ZrF_4 , NaF-GaF_3 , $\text{GaF}_3\text{-ZrF}_4$, $\text{FeF}_3\text{-NbF}_5$, $\text{NbF}_3\text{-ReF}_6$ és a $\text{CuF}_2\text{-TeF}_4$, ha a tellúrt nem diszqualifikáljuk a félfémes jellege miatt.

Van még egy kézenfekvő megoldás: a kobalt és a nikkell. Ennek a két fémnek ugyanis olyan közel van a moláris tömege, hogy megfelelnek a feladat által előírt maximális eltérésnek. A $\text{CoF}_2\text{-NiF}_2$ és a $\text{CoF}_3\text{-NiF}_3$ is létező vegyülepár.

Sok beküldő talált legalább egy megfelelő vegyülepárt. Kiemelkedően sok megoldást talált Molnár Kristóf István.

(Zagyi Péter)

K466. Feltételezve, hogy a **V** anyag 1 mólja 1 mol Ca-t tartalmaz, a moláris tömege $M_V = 40,1 / 0,294 \text{ g/mol} = 136 \text{ g/mol}$, amely megfelel a CaSO_4 moláris tömegének. Ezek alapján az **A** és **B** elemek a kén és az oxigén, míg **C** anyag a kén-dioxid. Mivel **X** vegyület levegő jelenlétében történő hevítéséből lesz **Y** és SO_2 , **A** elem a S és **B** elem az O_2 . Az **X** vegyület a CaS, **Y** vegyület a CaO, míg **Z** a CaSO_3 . A lejátszódó reakciók egyenletei:



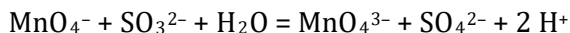
A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,0 pont, hibátlan megoldást 7 tanuló küldött be. A megoldók többsége rájött az A és B elemekre, a legtöbb pontvesztés a hiányosan rendezett egyenletekből adódott. Néhány megoldó nem ellenőrizte, hogy a V anyag valóban 29,4 $m/m\%$ kalciumot tartalmaz.

(Vörös Tamás)

K467. a) 100 gramm **A** vegyület 23,26 g, azaz 0,423 mol Mn-t és $(100 - 49,65 - 23,26)$ g = 27,09 g, vagyis 1,693 mol O-t tartalmaz. Tehát a vegyületben a Mn és az O anyagmennyiség-aránya 1:4, azaz az anion képlete MnO_4^{y-} . A fémion töltését jelölje z , ekkor a fémion képlete X^{z+} . Amennyiben y értéke 2, a keresett vegyület képlete $X_2(\text{MnO}_4)_z$. Ekkor a fémion tömegszázalék értékére a $(2M_X / (2M_X + 118,94z)) = 0,4965$ összefüggés írható fel, melyből $M_X = 58,64z$. Belátható, hogy nincs olyan z érték, mely kémiaiilag helyes megoldást eredményezne, tehát az anion töltése nem -2 . Amennyiben $y = 3$, úgy a keresett vegyület $X_3(\text{MnO}_4)_z$ képletű. Ekkor a $(3M_X / (3M_X + 118,94z)) = 0,4965$ összefüggés alapján $M_X = 39,10z$, melyből $z = 1$ értékére a kálium moláris tömege adódik. Tehát a keresett **A** vegyület képlete K_3MnO_4 .

A **B** vegyület O-tartalma $4 \cdot 18,60 / 54,94 = 16,00$ m/m% = 21,67 m/m%. Ezek alapján az **Y** fémionból $(100 - 13,24 - 18,60 - 21,67)$ m/m%-ot, vagyis 46,49 m/m%-ot tartalmaz. 100 gramm **B** vegyületet vizsgálva abban 13,24 g, azaz 0,3386 mol kálium és ugyanekkora anyagmennyiségű mangán van. Feltételezve, hogy az **Y** fémion $+1$ töltésű, a KY_2MnO_4 képlet adódik, ahol $M_Y = 46,49$ g / $(2 \cdot 0,3386$ mol), vagyis 68,65 g/mol. Ilyen moláris tömegű fém nem létezik. Amennyiben **Y** töltése $+2$, úgy a KYMnO_4 képlet alapján M_Y értékére $46,49$ g / $0,3386$ mol = 137,3 g/mol adódik, amely a bárium moláris tömege. A **B** vegyület képlete tehát KBaMnO_4 .

b) A MnO_4^{3-} előállításának ioneqyenlete:



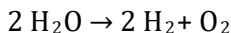
A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,1 pont, hibátlan megoldást 5 tanuló küldött be. A leggyakoribb hiba a b) rész egyenletének hiánya volt.

(Vörös Tamás)

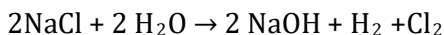
H391. Víz, levegő, márvány, vas és só áll rendelkezésünkre. Tegyük fel, hogy a márvány tisztán kalcium-karbonát. Tehát H, O, N, C, Ca, Fe, Na és Cl tartalmú vegyületeket keresünk megoldásként, tiszta formában. Valószínűleg egy iskolában sincs a levegő gázainak szétválasztására alkalmas készülék. Továbbá egy iskolai szertárban a legmagasabb hőmérsékletű láng max. 1500 °C kis túlzással, de ipari kohó vagy elektromos

ívkemence és 200 bar-os reaktor valószínűleg nincs, ezt figyelembe kell majd vennünk.

Vizsgáljuk meg, miket tudunk elemi formában kinyerni. Víz elektrolízisével mind a hidrogén, mind az oxigén tisztán nyerhető:



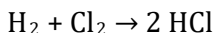
Nátrium-klorid oldatának elektrolízisével pedig klórt kaphatunk, és mellette persze NaOH-t, ha bepároljuk a maradék oldatot.



NaOH olvadékának elektrolízisével fémnátriumot kaphatunk, valószínűleg egyszerűbben, mint NaCl olvadékából:



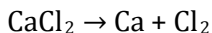
Ezek után a kapott hidrogén és klór reakciójával HCl-gáz állítható elő:



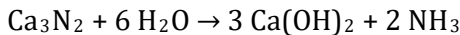
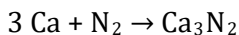
Ezt a márvánnyal reagáltatva szén-dioxidot és kalcium-kloridot kaphatunk:



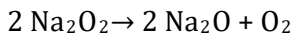
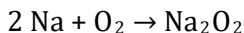
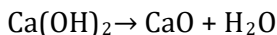
Ezt olvadékelektrolízisnek alávetve tiszta fémkalciumot nyerhetünk:



Vizsgáljuk meg a biner vegyületek előállítását. A kalcium és az – oxigéntől és víztől megtisztított – levegő reakciójában kalcium-nitrid keletkezik, amelyből vízzel való reakciójában ammóniát szabadíthatunk fel és közben kalcium-hidroxidot is kapunk:

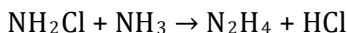


Utóbbi hevítéséből kalcium-oxidot, nátrium égetésével nátrium-peroxidot kaphatunk. Utóbbi hőbomlása nátrium-oxidot eredményez.

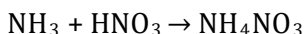
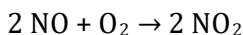
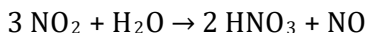
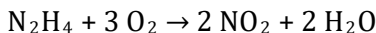


Nátrium-peroxidból vízzel hidrogén-peroxidot szabadíthatunk fel, ami- nek kérdéses a stabilitása tisztán szobahőmérsékleten, de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hoz- záadásával, majd a kiváló hidrát szűrés utáni melegítésével kalcium-per- oxidot előállíthatunk.

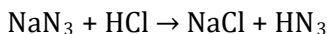
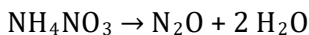
A klórgázt NaOH oldatába vezetve NaOCl -oldatot kapunk, amiben am- móniát elnyelve először monoklóramin-oldatot készítünk, majd fel- melegítve főlegben vett ammóniával hidrazint kapunk, amit aztán desztillációval és kalcium-kloridon való szárítással kinyerünk (Olin Raschig-eljárás, kissé módosítva a vegyszerhiány miatt):



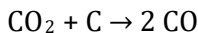
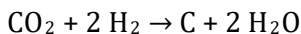
A hidrazin nagy feleslegű oxigénnel elégetve nitrogén-dioxidot ad (most tekintsünk el a dimerizációtól, de hűtéssel tisztán megkapjuk a dinitro- gén-tetroxidot), amit vízben elnyelve és további oxigén jelenlétében kellően tiszta salétromsavoldatot kapunk. Ebből ammónia hozzáadásá- val ammónium-nitrátot kristályosítunk ki:



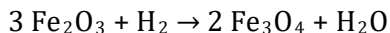
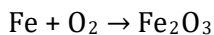
A kapott sót óvatosan hevítve abból dinitrogén-oxid szabadul fel. Utób- bit a nátrium-amiddal reagáltatva nátrium-azidot nyerhetünk, amiből savval természetesen felszabadíthatjuk a hidrogén-azidot:



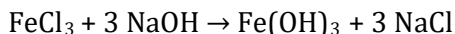
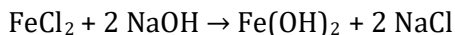
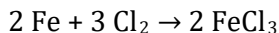
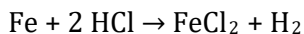
Vaskatalizátor jelenlétében a szén-dioxid és hidrogén akár szén képző- déséig hevíthető (Bosch-reakció), amely szén-dioxiddal újra felmele- gítve szén-monoxidot eredményez 800°C felett (Boudouard-reakció):



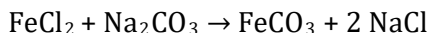
A különböző összetételű vas-oxidok előállítására is nyílik lehetőség, tiszta oxigénben égetve magas hőfokon vas(III)-oxid keletkezik, amit részleges redukcióval magnetitté alakíthatunk hidrogén segítségével:



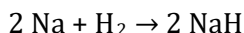
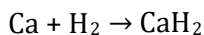
A vas sósavas oxidációja vas(II)-, klórral való reakciója vas(III)-kloridot eredményez, amelyek aztán csapadékként kiváló hidroxidokká hidrolizálhatók. Vas(II)-hidroxid hevítésével nem kapható egyszerűen FeO!



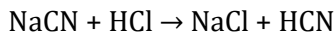
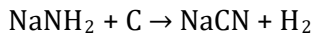
A szén-dioxid NaOH-dal reagáltatva nátrium-hidrogén-karbonátot ad, amely hevítve nátrium-karbonátot eredményez, ennek oldatába vas(II)-klorid adagolva pedig vas(II)-karbonát csapadékot kapunk. A többi vas-karbonát és -hidrogén-karbonát só nem izolálható.



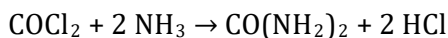
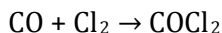
Mind a kalcium, mind a nátrium hidrogénatmoszférában való hevítése a megfelelő fém-hidridet eredményezi:



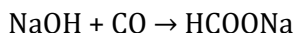
Nátrium-amid és szén hevítésével nátrium-cianid keletkezik. Savval felszabadítható szintén a hidrogén-cianid.



A szén-monoxidból később foszgén, majd ammóniával karbamid gyártható.



NaOH és szén-monoxid megnövelt nyomáson melegítés hatására nátrium-formiáttá egyesül:



Ebből erős savval felszabadítható a hangyasav.

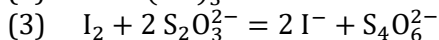
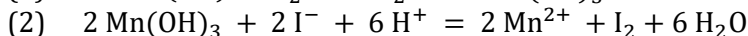
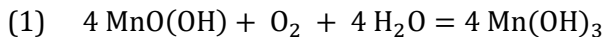
Létezik példa szén-dioxid vas-oxid katalizátoron történő hidrogénezésére metánig, illetve utóbbit a Fischer-Tropsch szintézis segítségével is kaphatunk nagyobb mennyiségben, ha magas hőmérsékleten csináljuk. A metán részlegesen acetiléné krakkolható laboratóriumi körülmények közt, amivel megnyílik az út a szerves kémia igen nagy része felé. Mivel kalcium-karbid előállításához nincs megfelelő hőmérsékletünk, csak ebben az útban bízhatunk.

Természetesen még további szervesetlen sókat is ki lehet kombinálni, nem tértem ki mindenre.

Bár voltak, akik az egyszerűbb vegyületekből is többet kihagytak, a feladat nem bizonyult nehéznek. Mások ellenben pont extrémebb reakciókat próbáltak kivitelezni egy iskolai szertárban. Fontos, hogy (akár több) hiteles forrásból megerősítve használjunk csak reakcióegyenleteket és nézzünk utána a folyamatok pontosabb körülményeinek!

(Szobota András)

H392. a) A szövegben említett reakciók:

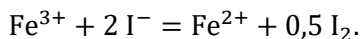


A fenti sztöchiometria szerint 4 mol tioszulfát 1 mol oxigénel ekvivalens. Így az eredeti oldat oxigén koncentrációja:

$$c(\text{O}_2) = \frac{0,02851 \cdot 8,79}{4} \cdot \frac{32.000}{97,8} = 20,5 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

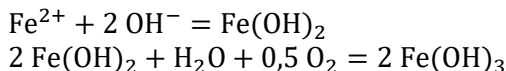
b) A búzakék szín elszíntelenedik, azaz színtelen lesz. (Hiszen bár, ha a titrálás elején adnánk hozzá az indikátort akkor sötét lenne, de a helyes titrálási menet során csak az ekvivalenciapont előtt kell hozzáadni a keményítőt.

c) A jelenlévő vas(III)-ionokat redukálják a jodidionok:



Ennek hatására több tioszulfát fog fogyni, így a valósnál nagyobb értéket fogunk kapni az oxigén koncentrációjára.

d) A lúgos (hiszen enélkül igen lassú lenne a folyamat, ez az oka annak hogy eredetileg mind a kettő anyag található a mintában.) közegben az a vas(II)-ionok az oldatban lévő oxigénnel fognak elreagálni, az alábbi reakciók szerint:

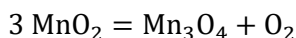


Így, mivel az oxigén egy része más reakcióban elreagált, kisebb koncentrációt fogunk mérni.

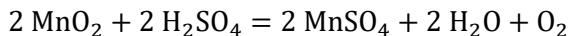
(Nemeskéri Dániel)

H393. A feladatban a mangánról, illetve annak vegyületeiről volt szó. A középpontban a mangán-dioxid (cselfőléleg) volt, mely a barnakő fő összetevője. A leírásban szerepeltek kicsit nehezebben felismerhető, egyes esetekben kicsit félrevezető nevek is, azonban egy kis kutatómunkával, valamint kémiai ismerettel mindegyik elem, illetve vegyület beazonosítható.

a) Az ismertető első reakciójában oxigén szabadul fel az alábbi egyenlet szerint:



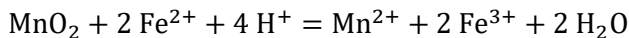
Ezt követően a mangán(IV)-oxid és kénsav reakciójáról olvashatunk:



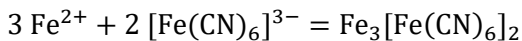
A következő reakcióban sósavval történő melegítés hatására klór fejlődik, melyet az alábbi egyenlettel tudunk leírni:



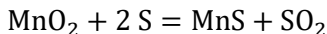
A második bekezdésben a barnakő összetételének meghatározásáról olvashatunk. Itt a mangán-dioxidot sósavas közegben kristályvizes vas(II)-szulfáttal (vasgálic) reagáltatják. Ekkor az alábbi (bruttó) reakció játszódik le:



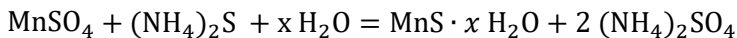
A mérés végpontjának meghatározása érdekében kálium-hexaciano-ferrát(III)-oldatba cseppentenek a vizsgált oldatból. Ebben a lépésben az alábbi reakció játszódik le:



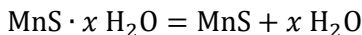
Az utolsó bekezdésben a mangán-dioxid és kén reakciójáról olvashatunk, mely során mangán(II)-szulfid és kén-dioxid keletkezik.



A következő sorokban arról olvashatunk, hogy a mangán(II)-ionok savas oldatából csak ammónium-szulfid hatására válik le csapadék, kénhidrogén hatására nem. Ez a csapadék a feladat szövege alapján kristályvizes formában válik ki.



A feladatban szereplő utolsó reakcióban a kivált szilárd anyag hevítés hatására végbemenő vízvesztéséről olvashatunk.



b) A tisztaság meghatározása céljából elvégzett mérés nagyon hasonló egy titráláshoz. A különbség az, hogy nem térfogatot, hanem tömeget mérünk. A barnakőben található mangán-dioxid a savas közeg, illetve a beadagolt vas(II)-szulfát hatására redukálódik. A reakció sztöchiometrikus lejátszódásához szükséges vas(II)-szulfát mennyiségének meghatározására pedig egy csapadékképződési reakciót használunk. A csapadék megjelenéséhez szükséges, hogy az oldatban vas(II)-, és vas(III)-ionok, valamint cianidionok is jelen legyenek. Ez azt jelenti, hogy a feladatban leírt eljárás során akkor tapasztalunk csapadékképződést, ha már a vas(II)-ionok feleslegbe kerültek a mangán-dioxidhoz képest.

c) A feladat szerint 300 szemernyi kristályvizes vas(II)-szulfát (vasgálic, $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$), valamint 47,5 szemernyi barnakő reagál úgy, hogy egyik vegyületből sem marad a reakció végére. A reakció egyenlete alapján 1 mol mangán-dioxid 2 mol vasgáliccal reagál, így a mai moláris tömegekkel számolva 300 g (1,08 mol) vasgálic 46,9 g mangán-dioxiddal reagálna, ami körülbelül 1,26%-kal tér el a feladatban szereplő értéktől. Figyelembe véve, hogy a 19. században kisebb pontossággal ismerték az atomtömegeket, pontosnak nevezhető a feladatban szereplő eljárás.

d) Ahogy a feladatban is jól nyomon követhető, a mangán-dioxid egy jó oxidálószer, így mennyisége titrálással könnyen meghatározható.

Egy lehetséges eljárás az, hogy tömény sósav segítségével, melegítéssel klórt fejlesztünk, melyet KI-oldatban nyeletünk el, és a keletkező jódot nátrium-tioszulfát-mérőoldattal, keményítő mellett megtitráljuk.

Egy másik lehetséges redoximetriás eljárás szerint a mangán-dioxidot savas közegben enyhe melegítés ($\sim 70^\circ\text{C}$) mellett oxálsavval redukáljuk, majd az oxálsav feleslegét kálium-permanganát-mérőoldattal visszamérjük.

A barnakő összetételét meghatározhatjuk spektrofotometriás módszerrel is, ha a mangán-dioxidot előbb mangán(II)-vé redukálva oldatba visszük (pl.: töményebb kénsavoldatban történő melegítéssel), majd peroxo-diszulfát-ionok segítségével permanganáttá oxidáljuk azt. A permanganát-ionok mennyisége pedig könnyen mérhető spektrofotometriásan.

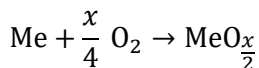
A mangán-dioxid mennyiségét más eljárásokkal is meghatározhatjuk miután azt mangán(II)-vé redukáltuk. Ismert komplexometriás, valamint permanganometriás titrálás, sőt gravimetriás mérés is.

A feladat nem bizonyult nehéznek, azonban sok figyelmetlenségből eredő hibát követtek el a beküldők. Az átlagpontszám 6,38 lett.

(Ficsór István Dávid)

H394. a) Az 1., 3., és 4. esetben látható, hogy a kapott szilárd anyag tömege kevesebb, mint a bemért fém és oxigén tömegének összege (8 g). Ez azt jelenti, hogy az oxigén részben a gázfázisban maradt, azaz nem reagált el teljes mértékben, tehát feleslegben volt. Ez alapján ebben a három esetben a bemért fém volt a limitáló komponens, azaz az teljes mértékben elreagált.

Tételezzük fel első lépésben, hogy a leggyakrabban előforduló oxidok keletkeznek, melyekben az oxigén oxidációs száma -2 . Legyen az ismeretlen fém Me , annak oxidációs száma az oxidjában x . Ekkor a fém égésére a következő egyenlet írható fel:



Legyen az elreagált oxigén tömege m g, ekkor anyagmennyisége az oxigénmolekula 32 g/mol-os moláris tömege alapján $\frac{m}{32}$ mol. A felírt

reakcióegyenlet alapján az elreagált fém anyagmennyisége az elreagált oxigén anyagmennyiségének $\frac{4}{x}$ -szerese, azaz

$$\frac{4}{x} \cdot \frac{m}{32} = \frac{m}{8x} \text{ mol}$$

Legyen ugyanezen mennyiségű elreagált fém tömege y g, így moláris tömege

$$M = \frac{y}{\frac{m}{8x}} = \frac{8xy}{m} \text{ g/mol}$$

Az 1., 3. és 4. esetben $y=2$, amit az előző képletbe helyettesítve

$$M = \frac{16x}{m}$$

Az elreagált oxigén m tömegét az 1., 3., 4. esetekben kiszámolhatjuk, ha a keletkezett szilárd oxid tömegéből levonjuk a (teljes mértékben elreagált) fém tömegét, azaz 2,00 g-ot. Ezt követően kiszámolhatjuk a lehetséges fémek moláris tömegeit, figyelembe véve, hogy x jellemzően kis pozitív egész szám lehet ($1 \leq x \leq 8$), vagy esetleg, ha a termékben a fém vegyes oxidációs számmal van jelen, akkor néhány egyéb tört, például az Fe_3O_4 vagy Mn_3O_4 esetén $x = \frac{8}{3}$ is előfordulhat.

A lehetséges megoldások ez alapján a következő táblázatban találhatóak.

Eset	m (g)	x	M (g/mol)	Lehetséges fém-oxid tapasztalati képlete
1.	1,39	1	11,5	-
		2	23,0	NaO
		3	34,5	-
		4	46,0	-
		5	57,6	-
		6	69,1	-
		7	80,6	-
		8	92,1	-
		2,67	30,7	-
3.	0,78	1	20,5	-
		2	41,0	-

		3	61,5	-
		4	82,1	-
		5	102,6	Rh ₂ O ₅
		6	123,1	-
		7	143,6	-
		8	164,1	-
		2,67	54,7	Mn ₃ O ₄
4.	0,09	1	177,8	Hf ₂ O
		2	355,6	-
		3	533,3	-
		4	711,1	-
		5	888,9	-
		6	1066,7	-
		7	1244,4	-
		8	1422,2	-
		2,67	474,1	-

Látható, hogy az 1. esetben a moláris tömegek alapján csak a NaO tapasztalati képletű oxid lehetséges. Ez a valóságban természetesen nem 2-es oxidációs állapotú nátriumot jelent, hanem Na₂O₂ összegképletű nátrium-peroxidot (melynek tapasztalati képlete NaO). A nátrium sósavból valóban gázt (hidrogéngázt) fejleszt, a nátrium-peroxid viszont sósavval hidrogén-peroxiddá alakul, ami – ha csak egyéb jelenlévő fém-szennyezők katalízise miatt bomlásnak nem indul – nem jár gázfejlődéssel.

A 3. esetben szóba jövő lehetséges oxidok az Rh₂O₅ és az Mn₃O₄, azonban a ródium oxidációs száma létező oxidjaiban 3 vagy 4, így az Rh₂O₅ megoldás elvethető. Az Mn₃O₄ jó megoldás, ez a mangánnak egy létező oxidja, mely sósavból valóban gázt (klórgázt) fejleszt, a mangán pedig szintén gázfejlődéssel járó reakcióban reagál sósavval (hidrogéngáz keletkezik).

A 4. esetben a táblázat alapján szóba jövő hafnium(I)-oxid megoldás elvethető, mivel a hafnium oxigéngázban 4-es oxidációs állapotig oxidálódik. Így más megoldás után kell néznünk. Szembetűnő a táblázatból,

hogy a 4. esetben a reagáló oxigéngáz tömegét mindössze egyetlen értékes jegy pontossággal tudjuk: 0,09 g. Ezt a pontatlanságot figyelembe véve a 4. eset fémének lehetséges moláris tömege a [168 g/mol; 188 g/mol] intervallumban van. (Az intervallum határait megkaphatjuk, ha a korábban levezetett $M = \frac{16x}{m}$ egyenletben az $x=1$ és az $m=0,085$, valamint az $m=0,095$ helyettesítést alkalmazzuk.)

Ez alapján a lehetséges fémek a Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W vagy Re, de ezek a fémek is tovább oxidálódhatnak magasabb oxidációs állapotig oxigénfeleslegben, tehát ezek egyike sem jó megoldás. Így csak egyetlen lehetőség maradt: mivel 1-esnél magasabb oxidációs állapotig a fém teljes mennyisége nem oxidálódhat (ez irreálisan nagy moláris tömeget eredményezne, lásd az előző táblázatban), de 1-es oxidációs állapot feltételzésével sem jutottunk eredményre, így csak az lehetséges, hogy a reakció nem ment végbe maradéktalanul az alkalmazott körülmények között, és valamilyen oxidkeverék keletkezett, melyben a fém átlagos oxidációs száma 1 és 2 között van (0 és 1 közt nem lehet, mivel elreagálatlan fém nem maradhatott, mivel ez azt jelentené, hogy a kapott szilárd anyagnak is gázt kellene fejlesztenie sósavból). Ez azt jelenti, hogy a fém lehetséges moláris tömege is az előző táblázatban az 1-es és 2-es oxidációs számok esetére számolt értékek (178 g/mol és 356 g/mol) közt van. Tekintve ezeket a fémeket, és figyelembe véve, hogy a fém sósavból lassan gázt fejleszt, a keletkező oxidjai viszont nem fejlesztenek gázt, az egyetlen lehetséges megoldás a tallium (204 g/mol), a keletkező oxidjai pedig a Tl_2O és a Tl_2O_3 (utóbbi kis mértékben).

A 2. eset megoldási menete némileg eltér az eddigiektől, hiszen nem tudjuk az elreagált oxigéngáz tömegét. Tételizzük fel elsőként azt, hogy a 2. esetben a fém teljes 2,00 g-os mennyisége elreagált. Ekkor a reakcióba lépett oxigén mennyisége $5,36 \text{ g} - 2,00 \text{ g} = 3,36 \text{ g}$. Ekkor az eddigiekhez hasonlóan elkészíthetjük a következő táblázatot, mely a lehetséges moláris tömegeket tartalmazza:

Eset	m (g)	x	M (g/mol)	Lehetséges fém-oxid tapasztalati képlete
2.	3,36	1	4,8	-
		2	9,5	-
		3	14,3	-

		4	19,0	-
		5	23,8	-
		6	28,6	-
		7	33,3	-
		8	38,1	-
		2,67	42,9	-

Látható, hogy nem kaptunk megoldást (mivel m értékét ezúttal 3 értékes jegyre tudjuk, így a kapott moláris tömegnek is ilyen pontossággal egyeznie kellene az adott fém valódi moláris tömegével). Ez alapján nem reagálhatott el a fém teljes mennyisége, azaz a fém volt feleslegben, és az oxigén volt a limitáló komponens.

A lehetséges moláris tömegre kapott képlet $M = \frac{8xy}{m}$ g/mol (lásd korábban). Ha nem reagált el a fém teljes tömege, akkor a számlálóban $y < 2$, a nevezőben pedig $m > 3,36$ (mivel az oxid 5,36 g-os tömegéből a fém 2,00 g-nál kevesebbet képvisel, így az oxigénre biztosan több jut, mint 3,36 g). Ez azt jelenti, hogy a számlálóba kisebb, a nevezőbe nagyobb szám kerül ahhoz képest, mint aminek a behelyettesítésével az előző táblázatban szereplő moláris tömegeket kaptuk. Ez azt jelenti, hogy a moláris tömeget megadó tört értéke biztosan csökken, tehát csak az előbbi táblázatban szereplő moláris tömegeknél kisebb moláris tömegek jöhetnek szóba. Figyelembe véve az adott moláris tömeghez, mint felső korláthoz tartozó oxidációs számokat is, a lehetséges oxidok a BeO és a Li_2O_2 (amit hasonlóan az Na_2O_2 esetéhez az $x = 2$ helyettesítéssel kaphatunk meg), a keresett fém pedig a berillium, illetve a lítium lehet. A lítium feltételezése esetén részben Li_2O is keletkezhet. A berillium sósavval való reakciója valóban gázfejlődéssel jár (hidrogéngáz keletkezik), és bár a berillium-oxid és sósav reakciójában nem fejlődik gáz (berillium-klorid és víz keletkezik, a berillium-klorid tovább hidrolizálhat), de a kapott szilárd anyag tartalmaz elreagálatlan berilliumot is, ami továbbra is hidrogéngázt fejleszt sósavból. Hasonló a helyzet a lítium esetén is, mely szintén gázfejlődéssel reagál sósavval, ami azonban az oxidjairól nem mondható el, így biztosan maradt elreagálatlan lítium is, tehát az oxigén ebben az esetben sem lehetett feleslegben.

b) Mivel a keletkezett 5,36 g szilárd anyag tömegéből 2,00 g-ot a fém képvisel (elemi állapotban, valamint az égéstermékben), így $5,36 - 2,00 = 3,36$ g tömeg jut az oxigénre, tehát ennyi oxigén reagált. Mivel az oxigén volt a limitáló komponens, így nem lehetett feleslegben, tehát a bemért oxigén teljes mennyisége szintén 3,36 g volt.

A feladat egyes részei (főként a 4. eset) nehézséget okozott a versenyzőknek, de ezzel is többen jól megbirkóztak. Teljesen hibátlan megoldást Éger Viktória és Molnár Kristóf István nyújtott be. Az átlagpontszám 7,38 volt.

(Csorba Benjámin)

H395. Fejezzük ki a különböző ezüstspeciesszeket az ammóniakoncentráció függvényében:

$$\begin{aligned} [\text{Ag}(\text{NH}_3)^+] &= K_1 \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{Ag}^+] \\ [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] &= K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2 \cdot [\text{Ag}^+]. \end{aligned}$$

Most írjuk fel az anyagmérleget:

$$\begin{aligned} c &= [\text{Ag}^+] + [\text{Ag}(\text{NH}_3)^+] + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] \\ &= [\text{Ag}^+](1 + K_1 \cdot [\text{NH}_3] + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2). \end{aligned}$$

Ebből az $[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+]$ mint az ammónia koncentráció függvénye:

$$\begin{aligned} [\text{Ag}(\text{NH}_3)^+] &= \frac{K_1 \cdot [\text{NH}_3] \cdot c}{(1 + K_1 \cdot [\text{NH}_3] + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2)} \\ &= \frac{K_1 \cdot c}{([\text{NH}_3]^{-1} + K_1 + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{NH}_3])}. \end{aligned}$$

Ennek a kifejezésnek a szélsőértékét, maximumát keressük, erre több lehetőségünk is van (iteráció, sorfejtés, ábrázolás), de annak ismeretében, hogy tisztában vagyunk azzal, hogy kell lennie maximumnak a feladat szerint, és tudjuk, hogy ott a derivált ennek következtében nulla, illetve ismerve a

$$\frac{d}{dx} u^{-1} = -\frac{u'}{u^2}$$

összefüggést:

$$\frac{d[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+]}{d[\text{NH}_3]} = \frac{K_1 \cdot c \cdot (-[\text{NH}_3]^{-2} + 0 + K_1 \cdot K_2)}{([\text{NH}_3]^{-1} + K_1 + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2)}$$

ennek kell nullával egyenlőnek lennie. Tört akkor nulla, ha a számlálója nulla:

$$K_1 \cdot c \cdot (-[\text{NH}_3]^{-2} + 0 + K_1 \cdot K_2) = 0$$

innen pedig: $[\text{NH}_3] = \frac{1}{\sqrt{K_1 \cdot K_2}} \approx 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ maximális

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+]$ -nál lévő ammóniakoncentráció.

Így ekkor az oldatban lévő ionok koncentrációja:

$$[\text{NH}_3] = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3,$$

$$[\text{NO}_3^-] = 0,1 \text{ mol/dm}^3,$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{c}{(1 + K_1 \cdot [\text{NH}_3] + K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{NH}_3]^2)} = 0,04 \text{ mol/dm}^3,$$

$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+] = K_1 \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{Ag}^+] = 0,02 \text{ mol/dm}^3,$$

$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = K_2 \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{Ag}^+] = 0,04 \text{ mol/dm}^3$$

(Nemeskéri Dániel)