

GONDOLKODÓ



Feladatok kezdőknek

*Szerkesztő: Borbás Réka és Zagyi Péter
(rborbas02@gmail.com, zagyi.peter@gmail.com)*

Megoldások

K171. A dörzsölés, súrlódás (lényegét tekintve munkavégzés) hatására töltésszétválás következik be. Elektronok átlépése miatt a vonalzó és a dörzsölésre használt textilálya egymással ellentétes töltésre tesz szert. (Értelemszerűen az elektronhiányos anyag pozitív, az elektrontöbblettel rendelkező anyag pedig negatív töltésűvé válik.) Az elektromosan töltött vonalzó elektromos erőtere kölcsönhatásba lép a töltött részecskékből felépülő molekulákkal. Az anyagokban – a rácsátompustól függetlenül – az elektronok a mozgékonyak. Ezért a vonalzó (megdörzsölt anyag) töltésétől függően a papírszeletke vagy a vízszugár molekuláiban az elektronokat vonzza vagy taszítja. Vagyis az apoláris molekulákat polarizálja, a polárisakat kedvezőbb helyzetbe (kisebb energiájú állapotba) forgatja, illetve a térerősségtől függően még tovább polarizálja. Ennek eredményeképpen a vonalzó és a vizsgált anyagok között mindenképpen vonzóerő ébred. A papírszeletke „hózzáragad” a vonalzóhoz, a vékony vízszugár a vonzóerő irányába térül.

A galvánelemmel végzett kísérlet esetében a versenyzők fele rejtélyes jelenségről számolt be. Azt tapasztalták ugyanis, hogy a galvánelem valamelyik pólusa vagy a papírszeletkét, vagy a vízszugarat, vagy mindkettőt vonzotta. Én sajnos több elemmel próbálkozva sem tapasztaltam ezt a jelenséget.

A galvánelemek nem kondenzátorok, pólusaikon nem jelenik meg töltésfelesleg. Ezért (normális körülmények között) elektromos erőterrel sem rendelkeznek.

Térben szétválasztott redoxireakció játszódik le bennük, és a folyamatos működés feltétele éppen az, hogy a töltések mindig kiegyenlítődjenek. Az elektronok onnan indulnak, ahol az oxidáció történik (a hagyományos „szén-cink” elemekben ez a cinkelektrod), és a külső áramkörön keresztül oda folynak, ahol a redukció következik be (a hagyományos „szén-cink” elemekben mangán-dioxid redukálódik). A pólusokon feltüntetett jel tehát az áramkörben indított egyenáram irányának meghatározására szolgál.

(Róka András)

K172.

a) 6 l/100 km-es benzinfogyasztás mellett 400 km megtételéhez 24 l benzin szükséges.

4 kg hidrogéngáz térfogata a megadott körülmények között:

$$V(\text{H}_2) = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot p} = \frac{4000 \text{ g} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 49,06 \text{ m}^3 = 4,906 \cdot 10^4 \text{ dm}^3$$

Ez alapján $4,906 \cdot 10^4 / 24 = 2044$ -szer nagyobb térfogatú hidrogéngáz szükséges az út megtételéhez.

b) 1 l hidrogéngáz tömege 750 bar nyomáson és 25 °C-on:

$$m(\text{H}_2) = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T} = \frac{750 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 61,15 \text{ g}$$

Tehát a térfogatsűrűség kb. 61,2 g/l, ami valóban kevesebb, mint 70 g/l.

(Megjegyzés: Valójában ilyen nagy nyomáson az ideális gáztörvény már nem használható a számításhoz. Az új feladatsor K182. feladata éppen erről a problémáról szól.)

A folyékony hidrogén esetén a térfogatsűrűség a folyadék sűrűsége, azaz $70,8 \text{ kg/m}^3 = 70,8 \text{ g/l}$.

Mivel mindkét esetben tiszta hidrogénről van szó, elvileg 100% a kérdéses tömegarány. Ne feledjük azonban, hogy mind a nagy nyomású, mind a folyékony hidrogént csak speciális tartályokban lehet tárolni, amelynek a tömege sokszorosa a benne lévő hidrogénének, és emiatt az egész rendszerre vonatkozóan már csak jóval kisebb (jellemzően 10 tömegszázalék alatti) tömegarány érhető el. A tárolóedény az oka annak is, hogy a folyékony hidrogén esetén végeredményben 70 g/l alatti térfogatsűrűséget kapunk.

c) $M(\text{LaNi}_5\text{H}_6) = 438,52 \text{ g/mol}$

438,52 g (1 mol) anyag 6·1,01 g hidrogént tartalmaz. Így a vegyület hidrogéntartalma $(6,06/438,52) \cdot 100 = 1,38$ tömegszázalék.

1 cm³ anyag tömege 8,4 g, ebből $8,4 \cdot 0,0138 = 0,116$ g hidrogén. Ebből a hidrogén térfogatsűrűsége a vegyületben $0,116 \text{ g/cm}^3 = 116 \text{ g/l}$.

d) 1 mol Mg_2NiH_x összegképletű hidrid x mol hidrogént tartalmaz. A megadott adatok szerint 1 cm³ anyag tömege 4,18 g, és ebből $150/1000 = 0,150$ g hidrogén. Ebből a hidrogéntartalom: $(0,150/4,18) \cdot 100 = 3,59$ tömegszázalék. Ezt felírva másképp is:

$$w\%(\text{H}) = \frac{x \cdot M(\text{H})}{2M(\text{Mg}) + M(\text{Ni}) + x \cdot M(\text{H})} \cdot 100 = \frac{x \cdot 1,01}{107,33 + x \cdot 1,01} \cdot 100$$

Az egyenlet megoldása: $x = 3,964 \approx 4$

Tehát a hidrid képlete: Mg_2NiH_4 .

e) $2 \text{ NaAlH}_4 = 2 \text{ NaH} + 2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2$

$2 \text{ Ca}(\text{AlH}_4)_2 = 2 \text{ CaH}_2 + 2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2$

f) $M(\text{NaAlH}_4) = 54,01 \text{ g/mol}$

1 mol nátrium-alumínium-hidridből 1,5 mol hidrogén szabadítható fel, a keresett hidrogéntartalom tehát $(3,03/54,01) \cdot 100 = 5,6$ tömegszázalék. A sűrűség alapján 1 cm³ anyag tömege 1,24 g, amiből $(3,03/54,01) \cdot 1,24 = 0,0696$ g hidrogén szabadítható fel, tehát a térfogatsűrűség 69,6 g/l.

g) Annál nagyobb a fém-alumínium-hidrid hidrogéntartalma, minél kisebb a fém tömege egységnyi mennyiségű anyagban. Így csak a legkisebb atomtömegű fémek (Li és Be) hidridjei jöhetnek szóba.

Akár a felszabadítható, akár a teljes hidrogéntartalmat tekintjük, a $\text{Be}(\text{AlH}_4)_2$ tartalmazza a legnagyobb tömegszázalékban a hidrogént.

(Babinszki Bence)

K173.

a) (1 pont)

A dinitrogén-oxidot a gyógyászatban érzéstelenítő, fájdalomcsillapító szerként használják. Speciális lángokban égést tápláló gázként alkalmazzák, a belső égésű motorok üzemanyagához keverve jelentősen növeli a motorok teljesítményét oxidáló hatása miatt, ami fokozza az égést. Az autós szakzsargonban a dinitrogén-oxidot egyszerűen „nitronak” nevezik.

Ezenkívül hajtógázként elsősorban habszifonokban találkozhatunk vele, egyesek pedig a „kéjgáz” elnevezést ihlető tulajdonságát kihasználva kábítószerként használják.

b) (1 pont)

A formális reakcióegyenlet:



vagy csak az ammóniumiont tekintve:



c) (3 pont)

Avogadro törvénye alapján a térfogatarány megegyezik az anyagmennyiségek arányával. Az anyagmennyiség és a moláris tömeg szorzata a tömeg. Ezt felhasználva a dinitrogén-oxid tömegtörtje:

$$w(\text{N}_2\text{O}) = \frac{m(\text{N}_2\text{O})}{m(\text{levegő})} = \frac{n(\text{N}_2\text{O}) \cdot M(\text{N}_2\text{O})}{n(\text{levegő}) \cdot M(\text{levegő})} = \frac{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 324 \cdot 10^{-9} = 492 \cdot 10^{-9} = 492 \text{ ppbw}$$

d) (2 pont)

$$m(\text{N}_2\text{O}) = 492 \cdot 10^{-9} \cdot 5,15 \cdot 10^{18} \text{ kg} = 2,53 \cdot 10^{12} \text{ kg}$$

e) (3 pont)

Évente a légkörbe kerülő dinitrogén-oxid tömege:

$$m(\text{N}_2\text{O}) = \frac{M(\text{N}_2\text{O})}{M(\text{N}_2)} \cdot m(\text{N}_2) = \frac{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 18,8 \cdot 10^{12} \text{ g} = 2,95 \cdot 10^7 \text{ t}$$

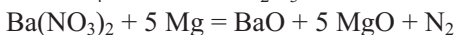
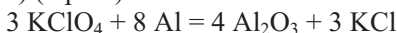
Összesen 29 megoldás érkezett, köztük 5 db 10 pontos. A pontszámok átlaga 5,57. Kiemelkedő megoldást nyújtott be Baglyas Márton.

A leggyakoribb hiba az volt, hogy az e) feladat végeredményét nem a feladat által kért mértékegységgel adták meg a megoldók, valamint ugyanebben a feladatban sokan az „évente 18,8 Tg nitrogén kerül dinitrogén-oxid formájában a levegőbe” mondatot rosszul értelmezve a megadott N_2 tömegével megegyező tömegű N_2O -t számoltak. Ezzel szemben nyilvánvalóan az N_2O tömege lényegesen nagyobb.

(Koltai András)

K174.

a) (1 pont)



b) (2 pont)

Sztöchiometrikus összetételű KClO_4 / Al keverékre:

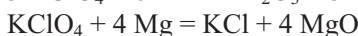
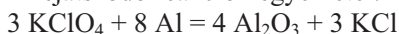
$$\frac{3 \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16)}{3 \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16) + 8 \cdot 27} \cdot 100\% = 65,8 \text{ m/m}\% \text{ KClO}_4 \text{ és } 34,2 \text{ m/m}\% \text{ Al}$$

Sztöchiometrikus összetételű $\text{Ba(NO}_3)_2$ / Mg keverékre:

$$\frac{137,3 + 2 \cdot (14 + 48)}{137,3 + 2 \cdot (14 + 48) + 5 \cdot 24,3} \cdot 100\% = 68,3 \text{ m/m}\% \text{ Ba(NO}_3)_2 \text{ és } 31,7 \text{ m/m}\% \text{ Mg}$$

c) (3 pont)

A lejátszódó reakciók egyenletei:



Tegyük fel, hogy a keverékben x_1 mol KClO_4 van, mely az alumíniummal, és x_2 mol KClO_4 , mely a magnéziummal reagál. Ekkor $\frac{8}{3}x_1$ mol Al és $4x_2$ mol Mg van a keverékben.

Az ismert tömegszázalékos összetétel alapján felírható:

$$\frac{(x_1 + x_2) \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16)}{(x_1 + x_2) \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16) + \frac{8}{3}x_1 \cdot 27 + 4x_2 \cdot 24,3} = 0,633$$

$$\text{Ebből: } x_2 = 0,4936x_1$$

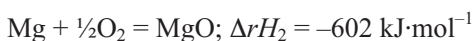
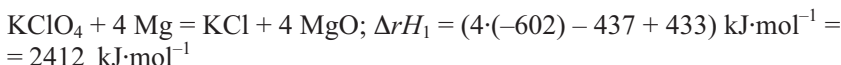
A magnárium $m/m\%$ -os Al-tartalmára felírható:

$$\frac{\frac{8}{3}x_1 \cdot 27}{\frac{8}{3}x_1 \cdot 27 + 4x_2 \cdot 24,3} \cdot 100\%, \text{ melybe az előbbieken kapott } x_2 \text{ értéket behelyettesítve a}$$

tömegszázalékos Al-tartalomra $60,0 \text{ m/m}\%$ adódik.

d) (4 pont)

A lejátszódó reakciók egyenletei a megfelelő reakcióhő értékekkel:



Legyen az egységnyi tömeg 100 g! Ekkor az első esetben ebben y_1 mol KClO_4 és $4y_1$ mol Mg van, míg a második esetben y_2 mol KClO_4 és $4,4 y_2$ mol Mg.

Ekkor felírható:

$$y_1 \cdot (39,1 + 35,45 + 64) + 4y_1 \cdot 24,3 = 100$$

$$y_2 \cdot (39,1 + 35,45 + 64) + 4,4y_2 \cdot 24,3 = 100$$

Ezekből: $y_1 = 0,4242$ mol és $y_2 = 0,4074$ mol

Tehát az első, sztöchiometrikus esetben $0,4242 \text{ mol} \cdot 2412 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1023 \text{ kJ}$ hő szabadul fel, míg a második esetben $0,4074 \text{ mol} \cdot 2412 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 0,4074 \text{ mol} \cdot 0,4602 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1081 \text{ kJ}$ hő szabadul fel, tehát valóban jobb fémfelesleget alkalmazni.

A feladatra összesen 27 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga: 6,33 pont. Hibátlan megoldást küldött be: Baglyas Márton, Gizella Hajnalka, Hegyi Zoltán, Koch Lilla, Polgár Patrícia, Szabó Pál, Turjányi Lilla. Gyakori hiba volt a d) részben az egységnyi tömeg helyett egységnyi anyagmennyiségre számított hőfelszabadulás, valamint ebben a feladatrészben több esetben is hiányzott a szöveges válasz.

(Vörös Tamás)

K175.

a) (5 pont)

A feladat megoldásánál vegyük figyelembe, hogy a szagot az előírás alapján akkor is éreznünk kell, ha a földgáz százszorosára hígul!

Vegyünk 1 m^3 földgázt! Ha ez a levegőben százszorosára hígul, az így kapott 100 m^3 gázelegyen az előírásnak megfelelően 3 ppbv TBM kell, hogy legyen. Tehát a 100 m^3 gázelegyen $3 \cdot \frac{1}{10^9}$ részét a TBM gőzei teszik ki.

$$V_{\text{TBM}} = 100 \text{ m}^3 \cdot 3 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

A gáztörvény alkalmazásával kiszámítjuk a TBM anyagmennyiségét:

$$n_{\text{TBM}} = \frac{pV}{RT} = 1,21 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

A TBM moláris tömege $90,2 \text{ g/mol}$, tehát a TBM tömege:

$$m_{\text{TBM}} = 1,21 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 90,2 \text{ g/mol} = 1,09 \text{ mg}$$

A THT esetén azonos a megoldás menete.

$$V_{\text{THT}} = 100 \cdot 4 \cdot 10^{-9} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$n_{\text{TBM}} = \frac{pV}{RT} = 1,61 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

A THT moláris tömege $88,2 \text{ g/mol}$.

$$m_{\text{TBM}} = 1,61 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 88,2 \text{ g/mol} = 1,42 \text{ mg}$$

b) (5 pont)

Ki kell számítani, hogy hány m^3 levegőt képes 5 ml folyékony TBM „szagosítani”.

$$m_{\text{TBM}} = \rho \cdot V = 4 \text{ g}$$

$$n_{\text{TBM}} = 4,43 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$V_{\text{TBM}} = \frac{nRT}{p} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{levegő}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{3 \cdot 10^{-9}} = 3,67 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

A feladat megoldásánál gyakori hiba volt, hogy a szabvány által előírt hígítást nem vették figyelembe. Néhányan nem számoltak a megadott hőmérséklettel és nyomással. A feladat pontátlagos: 6,56.

Hibátlan megoldást küldött be: Szabó Pál, Volford András, Baglyas Márton és Kertész Soma Marcell.

(Zwillinger Márton)

Feladatok

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2013. február 11-ig postára adva a következő címre várjuk:

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

K181. Helyezzünk egy gyufaszálat a gyertyaláng magjába olyan rövid időre, hogy ne gyulladjon meg! (Kis gyakorlással meg is foghatjuk!)

Újabb és újabb gyufaszállal pásztázzuk körbe a lángot! Figyeljük meg, hogy a különböző irányokból (oldalról és felülről) közelítve milyen távolságban lobban lángra a gyufaszál „feje”!

Milyen következtetést vonhatunk le a tapasztaltakból?

A gyertyához hasonlóan kezdetben a gyufaszál (vagy a fa) is lángol, csak később kezd izzani. Mi a láng, és mi a lángoló égés feltétele?

(Róka András)

K182. a) Számítsd ki a hidrogéngáz sűrűségét 750 bar nyomáson és 25 °C-on az ideális gáztörvény segítségével!

Ilyen nagy nyomáson azonban a hidrogén már nem ideális gázként viselkedik, tehát nem használhatjuk az ideális gáztörvényt a sűrűség kiszámításához. Úgy találták, hogy a következő összefüggés (ún. állapotegyenlet) 25 °C-on helyesen írja le a hidrogéngáz viselkedését még nagy nyomásokon is:

$$\frac{pV_m}{RT} = 1 + 5,30 \cdot 10^{-6} \cdot (p/\text{kPa}) + 3,41 \cdot 10^{-12} \cdot (p/\text{kPa})^2$$

V_m a moláris térfogat, a zárójeles tagokat pedig úgy értelmezhetjük, hogy oda a kPa-ban kifejezett nyomás számértéke kerül.

- b) Ideális viselkedés esetén hogyan festene ennek az egyenletnek a jobb oldala?
 c) Ezen egyenlet alapján mekkora a hidrogéngáz sűrűsége 750 bar nyomáson és 25 °C-on?

Egy hidrogénmeghajtású jármű üzemanyagtartálya 4,0 kg 25 °C-os hidrogént tartalmaz, 750 bar nyomásra komprimálva. Szeretnénk meghatározni az elégetéséhez szükséges levegő mennyiségét.

- d) Hány százalékos hibát ejtünk a számítás során, ha ideálisnak tételezzük fel a hidrogéngáz viselkedését?

(Zagyai Péter)

K183. Az 1890-es években Lord Rayleigh több mérést végzett a levegőből kivont tiszta nitrogénnel. A vízgőztől, szén-dioxidtól és oxigéntől elválasztott nitrogént egy üvegedénybe töltötte, majd megmérte a berendezés tömegét. Ismerte az edény saját tömegét, ki tudta számítani a benne lévő gáz tömegét is. Több mérés átlagaként 2,3102 g-ot kapott.

- a) Javasolj egy-egy módszert a vízgőz, a szén-dioxid és az oxigén levegőből történő eltávolítására!
 b) Feltéve, hogy a méréseket szobahőmérséklet közelében és túlnyomás nélkül végezte, hozzávetőleg mekkora térfogatú volt Rayleigh kísérleti edénye?

Méréseit megismételte olyan nitrogénnel is, amit nem a levegőből különített el, hanem nitrogéntartalmú anyagokból kémiai reakcióval állított elő, többek között az alábbi módszerekkel: (a) nitrogén-monoxidot vezetett izzó vasra; (b) dinitrogén-oxidot vezetett izzó vasra; (c) ammónium-nitrit-oldatot melegített.

- c) Írd fel a három említett reakció egyenletét! (Az első két folyamatban Fe_2O_3 keletkezik, a harmadikban pedig a nitrogénen kívül nem észlelhető más termék.)

Érdekes módon az így előállított nitrogén tömege (ugyanabban az üvegedényben, ugyanazon a hőmérsékleten és nyomáson mérve) csak 2,2990 g-nak adódott.

Az eltérés magyarázatára Rayleigh egyik feltevése az volt, hogy a kémiai úton előállított nitrogénben a nitrogénmolekulák egy része disszociált állapotban (atomosan) található. Rayleigh kémikus kollégái (ő maga ugyanis fizikus volt) azonban meggyőzték arról, hogy ez nem valószínű.

d) *Vajon mivel érveltek Rayleigh feltevése ellen?*

e) *A mérési eredmények alapján a „kémiai” nitrogénben a molekulák hány százalékának kellett volna disszociálnak lennie?*

Nagyon valószínűnek tűnt, hogy a levegőből származó nitrogénben van egy ismeretlen, a nitrogénnél nagyobb sűrűségű gáz. Ezért később Rayleigh és Ramsey újabb kísérletet végzett. A levegőből a korábban már jól bevált módszerekkel eltávolították a vízgőzt, a szén-dioxidot és az oxigént. Ezután a maradékot magas hőmérsékleten magnéziummal reagáltatták, tudva, hogy azzal a nitrogén is reakcióba lép, magnézium-nitrid keletkezése közben. A várakozásoknak megfelelően a reakció teljes lejátszódása után is visszamaradt még valamennyi gázhalmazállapotú anyag.

f) *Írd fel a magnézium és a nitrogén között lejátszódó reakció egyenletét!*

Egyik mérésükben 7925 cm^3 száraz levegőből $65,0 \text{ cm}^3$ gáz maradt, amely semmilyen reakcióban nem vett részt.

g) *Mai ismereteink szerint mennyire volt pontos ez a mérés?*

h) *Számítsd ki, hogy a mérési eredményekből mekkora moláris tömeg adódik az ismeretlen gázra!*

Más – itt nem részletezett – kísérletek során az is bebizonyosodott, hogy a kérdéses gáz egyatomos. Így világossá vált tehát, hogy egy új elemről van szó, melyet a felfedezőik argonnak neveztek el. (Később más nemesgázokat is el tudtak különíteni a levegőből.) 1904-ben Rayleigh fizikai, Ramsey pedig kémiai Nobel-díjat kapott munkásságáért.

(Zagyai Péter)

K184. Ebben a feladatban a magnézium-klorid-hexahidrát ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) hevítésekor lejátszódó folyamatokat vizsgáljuk. Ha az anyag $200,0$ grammját 100°C körüli hőmérsékletre hevítjük, megkezdődik a kristályvíz elvesztése. Egy kísérletben a lassan kb. 110°C -ra hevített minta tömegét egy idő után megmértük, és azt tapasztaltuk, hogy az a kiindulási hexahidráténál $10,50\%$ -kal kisebb.

a) *Átlagosan hány mol kristályvíz jut 1 mol MgCl_2 -ra ebben az anyagban?*

Ha tovább folytatjuk a hevítést, fokozatosan tovább csökken a minta tömege. Fontos tudni azonban, hogy a hevítés során kapott, látszólag nem sztöchiometrikus összetételű anyagok valójában jól meghatározott, egyértelmű összetételű fázisok keverékei. A magnézium-klorid esetén pl. a hexahidrát mellett csak a tetrahidrát, a dihidrát, a monohidrát és a vízmentes $MgCl_2$ létezhet $20\text{ }^\circ\text{C}$ fölötti hőmérsékleteken.

b) *Feltéve, hogy a 10,50 %-os tömegveszteség után visszamaradó anyag a hexahidrát és a tetrahidrát keveréke, számítsd ki a két fázis tömegarányát a vizsgált mintában!*

Ha a mintánkat $200\text{ }^\circ\text{C}$ fölé hevítjük, érdekes módon nem csak vízgőz, hanem hidrogén-klorid távozását is tapasztaljuk. Ennek az az oka, hogy hidrolízis játszódik le, és bázisos magnézium-klorid, $Mg(OH)Cl$ is képződik. Ilyen magas hőmérsékleten hexahidrát és tetrahidrát már biztosan nincs jelen a rendszerben.

c) *Írj fel egy reakcióegyenletet, amely a bázisos klorid képződését mutatja!*

Egy mintában, amelyet 39,38 %-os tömegcsökkenés után kaptunk, háromféle fázis volt kimutatható. Meghatároztuk a Cl:Mg anyagmennyiség-arányt is, amely 1,93-nak adódott.

d) *Hány gramm vízgőz távozott el e pillanatig a kiindulási hexahidrátból a hevítés során?*

e) *A korábban felsoroltak közül elvileg mely anyagok alkothatták a vizsgált mintát?*

Ha a hevítést $500\text{--}550\text{ }^\circ\text{C}$ -ig folytatjuk, 80,18 %-os tömegveszteség után állandóvá válik a hevítési maradék tömege.

f) *Milyen szilárd anyag keletkezik ilyen körülmények között? Írd fel a hexahidrátból való képződésének egyenletét!*

Érdekes megfigyelés, hogy ha a hevítést HCl-áramban (vagyis hidrogén-klorid-gáz jelenlétében) végezzük, már jóval $500\text{ }^\circ\text{C}$ alatt állandóvá válik a szilárd anyag tömege, mégpedig 53,17 %-os tömegveszteség után.

g) *Mi a hevítési maradék ekkor?*

h) *Mivel magyarázható az eltérés a végterméket illetően?*

(Zagyai Péter)

K185. A nátrium három legismertebb oxigénvegyülete a nátrium-oxid, a nátrium-peroxid és a nátrium-szuperoxid. A peroxidion képlete O_2^{2-} , a szuperoxidioné O_2^- .

a) *Írd fel a három említett vegyület képletét!*

Közönséges körülmények között a nátrium és száraz levegő (vagy oxigén) reakciójában főleg nátrium-peroxid képződik.

b) *Milyen más anyag képződését várjuk, ha az égetéshez használt oxigén vízgőzt is tartalmaz?*

A nátrium-oxid és a nátrium-szuperoxid előállítása nem könnyű feladat. Előbbit például úgy kaphatjuk, ha fémnátriumot sztöchiometrikus mennyiségű oxigénnel viszonylag alacsony hőmérsékleten (150–200 °C-on) reagáltatunk.

c) *1,00 g nátriumhoz mekkora térfogatú 25 °C-os, 101 kPa nyomású oxigén szükséges?*

Egy másik lehetőség az egyszerű oxid előállítására a fémnátrium és a nátrium-peroxid reakciója.

d) *Írd fel a reakció egyenletét!*

A nátrium-szuperoxid egyik előállításmódja a folyékony ammóniában oldott nátrium reakciója tiszta oxigénnel. Ekkor azonban bizonyos mennyiségű peroxid is képződik.

e) *Hány tömegszázalék nátrium-peroxidot tartalmaz az az így előállított anyag, amelynek összetételét az $\text{NaO}_{1,67}$ tapasztalati képlet írja le?*

Nagyobb tisztaságú szuperoxid nyerhető nátrium-peroxid és nagy (kb. 10 MPa) nyomású oxigén reakciójában 450 °C körüli hőmérsékleten. Az így kapott anyag is tartalmaz azonban kis mennyiségű peroxidot. A termék összetételét legegyszerűbben úgy határozhatják meg, hogy ismert tömegű részletét feloldják vas(III)-kloridot is tartalmazó sósavban. Ekkor mindkét anyag nátrium-klorid, víz és oxigén keletkezése közben reagál (a vas-klorid a katalizátor szerepét tölti be). A képződő oxigén térfogatából kiszámítható a keverék összetétele.

f) *Írd fel a nátrium-peroxid és a nátrium-szuperoxid sósavval való reakciójának egyenletét!*

g) *Hány tömegszázalék nátrium-szuperoxidot tartalmaz az a minta, amelynek 1,000 grammjából 296,9 cm³ 0 °C-os, 101 kPa nyomású oxigén fejlődött?*

(Zagyi Péter)

Feladatok haladóknak

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

Megoldások

H171.

a) Először kiszámítjuk a különböző definíciók használatával kapott moláris térfogatokat.

$$V_m = \frac{RT}{p}, \text{ ahol } R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tanár	25 °C; 1 atm	$T = 298,15 \text{ K}; p = 101325 \text{ Pa}$	$V_m = 24,4640 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
1.	0 °C; 1 bar (100 kPa)	$T = 273,15 \text{ K}; p = 100000 \text{ Pa}$	$V_m = 22,7097 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
2.	0 °C; 1 atm	$T = 273,15 \text{ K}; p = 101325 \text{ Pa}$	$V_m = 22,4127 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
3.	20 °C; 1 atm	$T = 293,15 \text{ K}; p = 101325 \text{ Pa}$	$V_m = 24,0538 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
4.	25 °C; 1 bar (100 kPa)	$T = 298,15 \text{ K}; p = 100000 \text{ Pa}$	$V_m = 24,7882 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

Ezután számítsuk ki, hogy a különböző moláris térfogatok esetén milyen átlagos moláris tömeget ($\overline{M} = \rho \cdot V_m$) várunk az ismeretlen összetételű gázelegy esetén:

T	$\overline{M} = 30,1152 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
1.	$\overline{M} = 27,9556 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
2.	$\overline{M} = 27,5900 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
3.	$\overline{M} = 29,6102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
4.	$\overline{M} = 30,5143 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tudjuk, hogy a tanár a javítás közben azzal szembesült, hogy különböző definíciókat használva előfordulhat az az eset, hogy a feladat nem megoldható. A CO_2 moláris tömege $44,0 \text{ g/mol}$, tehát a fenti információból kiindulva azt mondhatjuk, hogy a másik gáz moláris tömege legalább $27,59 \text{ g/mol}$, legfeljebb $30,12 \text{ g/mol}$ lehetett. (A tanár szerint ugyanis $30,12 \text{ g/mol}$ a gázelegy átlagos moláris tömege. Ha ennél nagyobb a másik gáz moláris tömege, akkor már az eredeti elképzelés szerint is ellentmondásra vezet a feladat. $27,59 \text{ g/mol}$ -nál kisebb moláris tömeg esetén viszont biztosan van megoldás.) Ebben az esetben a 2. és 3. definíció használatakor jutunk ellentmondáshoz. Ennél alacsonyabb moláris tömeg feltételezésekor nem jutunk ellentmondáshoz.

Ekkor a lehetséges gázok:

N₂	28,02 g/mol	C₂H₆	30,07 g/mol
CO	28,01 g/mol	B₂H₆	27,67 g/mol
C₂H₄	28,05 g/mol	CH₂O	30,03 g/mol
NO	30,01 g/mol		

b) A CO₂ móltörtjét (x) megadhatjuk a következő összefüggések segítségével:

$$\bar{M} = x \cdot M(\text{CO}_2) + (1 - x) \cdot M(\text{A})$$

$$x = \frac{\bar{M} - M(\text{A})}{M(\text{CO}_2) - M(\text{A})}$$

A CO₂ tömegszázalékos aránya megkapható a következő összefüggés segítségével:

$$w(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{\sum m} = \frac{x \cdot M(\text{CO}_2) \cdot \sum n}{\bar{M} \cdot \sum n} = \frac{\bar{M} - M(\text{A})}{M(\text{CO}_2) - M(\text{A})} \cdot \frac{M(\text{CO}_2)}{\bar{M}}$$

A fenti képletek segítségével a standardállapot különböző definícióit alkalmazva a következő táblázatban gyűjthetjük össze az eltérő gázelegyek összetételét tömegszázalékosan jellemző adatokat:

	Tanár	1.	2.	3.	4.
CO ₂	19,15	-0,63	-4,29	14,78	22,50
N ₂	80,85	100,63	104,29	85,22	77,50
CO ₂	19,23	-0,54	-4,19	14,86	22,57
CO	80,77	100,54	104,19	85,14	77,43
CO ₂	18,91	-0,93	-4,60	14,53	22,27
C ₂ H ₄	81,09	100,93	104,60	85,47	77,73
CO ₂	1,10	-23,10	-27,57	-4,24	5,20
NO	98,90	123,10	127,57	104,24	94,80
CO ₂	0,28	-14,22	-16,90	-2,92	2,74
C ₂ H ₆	99,72	114,22	116,90	102,92	97,26
CO ₂	21,87	2,75	-0,78	17,65	25,11
B ₂ H ₆	78,13	97,25	100,78	82,35	74,89
CO ₂	0,89	-23,36	-27,84	-4,46	5,00
CH ₂ O	99,11	123,36	127,84	104,46	95,00

A táblázatban dőlttel azok az összetételek szerepelnek, melyekkel a feladat megoldása során ellentmondásba ütközünk. Félkövérrrel azok az eredmények láthatóak, amelyeket a tanárnak el kellett fogadnia a feladat javítása során.

(Pós Eszter Sarolta)

H172. A 6 összetételi változó páronkénti egyezéséhez 15 kombinációt kell megvizsgálni. Jelölje a továbbiakban az elegy összterfogatát, tömegét és anyagmennyiségét V , m és n . Az egyes komponensek megfelelő mennyiségét indexelt, az oldószer esetén *olsz* indexes változók jelzik. Kezdjük a százalékokkal.

a) Ha a térfogatszázalék és a mólszázalék egyezik meg:

$$\frac{V_i}{V} = \frac{n_i}{n} \Rightarrow \frac{V_i}{n_i} = \frac{V}{n}$$

Azaz az adott komponens és az elegy moláris térfogata kell megegyezzen. A legkézenfekvőbb példa ideális gázok elegye, de pl. izotópcserélt anyagok (pl. benzol és deuterobenzol) elegye esetén is könnyen feltehető egyezés.

- b) A tömeg- és mólszázalék egyezésének feltételét a fentiekhez hasonlóan felírva a kritérium a kérdéses komponens és az elegy moláris tömegének egyezése. Ez izomerek (pl. etil-benzol és xilol) esetében nyilván teljesül, de más, azonos moláris tömegű anyagok is teljesítik.
- c) A térfogat- és tömegszázalék egyezésének feltétele, hogy a kérdéses komponens és az elegy sűrűsége egyezzen meg. Jó közelítéssel ez igaz híg oldatok esetén az oldószerre. Az egyezés megvalósulhat egyező sűrűségű anyagok elegyénél, ha a térfogati kontrakció elhanyagolható, ami jó eséllyel ismét izomereknél és gázoknál állhat fenn. Ez utóbbi két esetben mindhárom százalékos változó megegyezik.
- d) A tömegkoncentráció és az anyagmennyiség-koncentráció egyezése 1 g/mol moláris tömegű komponensek esetén valósulhat meg. Ilyen anyagnak a fémekben (pl. palládium) atomosan oldódó hidrogén megfelel. A H^+ ionra is fennáll formálisan az egyezés, de lévén hogy nem önálló összetevő, a H^+ tömegkoncentrációjáról nem szokás beszélni.
- e) A koncentráció és a mólszázalék értékének egyezését tekintve:

$$\frac{n_i}{V} = \frac{n_i}{n} 100 \Rightarrow \frac{V}{n} = V_M = 0,01 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Tehát az egyezés akkor áll fenn, ha az elegy moláris térfogata 10 cm^3/mol , ami kondenzált fázisú elegyeknél lesz lehetséges. A réz és a CCl_4 moláris térfogata pl. ennél az értéknél kisebb, az ón és a benzol moláris térfogata pedig nagyobb, így léteznie kell a kritériumnak megfelelő bronz ötvözetnek, illetve CCl_4 /benzol elegynek.

f) A koncentráció és térfogatszázalék esetében hasonló a kép:

$$\frac{n_i}{V} = \frac{V_i}{V} 100 \Rightarrow \frac{V_i}{n_i} = V_{M,i} = 0,01 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Csakhogy itt nem az elegy, hanem a kérdéses komponens moláris térfogatára kapunk megkötést. Valószínűleg van szerves vegyület is, aminek épp ekkora a moláris térfogata, de szerencsére egy elem, az alumínium is megközelítően hozza a várt értéket. Tehát alumínium-ötvözetekben az Al koncentrációja és térfogatszázaléka megegyezik. Feltehetően ezt persze senki nem vette észre, hisz ezek a változók ötvözetek esetében nem használatosak.

- g) A koncentráció és a tömegszázalék értékének egyezésekor

$$1000 \frac{n_i}{V} = \frac{m_i}{m} 100 \Rightarrow \rho (\text{g/cm}^3) = \frac{m}{V} = \frac{100}{1000} \frac{m_i}{n_i} = 0,1 M_i (\text{g/mol})$$

Tehát az oldott anyag moláris tömegének értéke az elegy sűrűségének (g/cm^3 -ben) tízszerese. Ez vizes oldatoknál nem lehetséges, de nagyobb sűrűségű oldószerekkel vagy ötvözetekkel megeshet. Sályi Gergő javaslata CH_2I_2 (op. 6 °C, $\rho = 3,32 \text{ g/cm}^3$) oldószerben oldott metanol, amelynek nyilván lesz a feltételnek megfelelő sűrűségű összetétele.

- h) A tömegkoncentráció és tömegszázalék értéke akkor egyezik meg, ha

$$1000 \frac{m_i}{V} = \frac{m_i}{m} 100 \Rightarrow \rho = 0,1 \text{ g/cm}^3$$

Ilyen sűrűségű elegyet nem könnyű találni, hisz oldatok ebben a sűrűség tartományban nemigen léteznek, gázok esetében viszont elég nagy nyomás szükséges ekkora sűrűség eléréséhez. Nagy moláris tömegű gázok, például xenon és kripton esetében néhány tucat atmoszféra elegendő.

- i) A tömegkoncentráció és a térfogatszázalék egyezése analóg az előző esettel:

$$1000 \frac{m_i}{V} = \frac{V_i}{V} 100 \Rightarrow \rho_i = 0,1 \text{ g/cm}^3$$

Azaz itt a feltétel, hogy a kérdéses komponens sűrűsége legyen $0,1 \text{ g/cm}^3$. Ez ismét nagy nyomású gázok bizonyos állapotaiban állhat fenn.

- j) A tömegkoncentráció és a mólszázalék számértékének egyezése esetén:

$$\frac{m_i}{V} = \frac{n_i}{n} 100 \Rightarrow M_i (\text{g/mol}) = 100 \frac{V}{n} (\text{dm}^3/\text{mol})$$

Így az oldott anyag moláris tömege és az oldat moláris térfogata közti kapcsolat megléte a kritérium. Oldatok és ötvözetek esetén jellemző moláris térfogatok esetén a várt moláris tömeg túl kicsi, atmoszférikus nyomású

gázok esetén viszont túl nagy. Kézenfekvő példa tehát nem adódik, de nagy nyomású gázok elegyeiben nem lehetetlen az egyezés.

- k) A Raoult-koncentráció és a tömegszázalékos összetétel értékének egyezése:

$$1000 \frac{n_i}{m_{olsz}} = \frac{m_i}{m} 100 \Rightarrow 1000 \frac{m}{100 m_{olsz}} = \frac{m_i}{n_i} \Rightarrow \frac{1000}{m\%_{olsz}} = M_i$$

Azaz az egyezéshez az oldott anyag moláris tömegének és az oldószer tömegszázalékának értékét összeszorozva 1000 a szükséges eredmény. Oldószernek tekintjük a legalább 50 tömegszázalékos komponenst, így az oldott anyag moláris tömege 10 és 20 g/mol között lehet. Sok ilyen anyag nincs, de pl. ha víz az oldott anyag, akkor bármilyen (pl. etanol) is lehet az oldószer, ha az az oldat 55,5 tömegszázalékát teszi ki.

- l) A mólszázalékos összetétel egyezése a Raoult-koncentrációval némileg hasonlít az előző esetre:

$$1000 \frac{n_i}{m_{olsz}} = \frac{n_i}{n} 100 \Rightarrow 1000 \frac{n_{olsz}}{m_{olsz}} = \frac{n_{olsz}}{n} 100 \Rightarrow \frac{1000}{M_{olsz}} = n\%_{olsz}$$

Ez esetben viszont az oldószer moláris tömegének és az oldószer mólszázalékának szorzata ad 1000-et a szokásos mértékegységekben. 50% feletti százalék csak 10 és 20 g/mol közötti moláris tömegű oldószerek esetén lehet, ami a vízre ráillik. 44,5 mólszázalék oldott anyag esetén tehát a vizes oldat mólszázaléka és Raoult-koncentrációja azonos.

- m) A Raoult-koncentráció és a koncentráció egyezéséhez 1 dm³ oldat elkészítéséhez 1 kg oldószer kell.

$$\frac{n_i}{m_{olsz}} = \frac{n_i}{V} \Rightarrow \frac{m}{m_{olsz}} = \frac{m}{V} \Rightarrow 100 = \rho m\%_{olsz}$$

Ez híg vizes oldatokra lesz jó közelítéssel igaz, de létezhetnek további olyan elegyek is (1 g/cm³ feletti és alatti sűrűségű komponensekből) amire ez teljesül. 2,8 mol/dm³ koncentráció körül a hexán/CCl₄ oldat lehet pl. ilyen Sályi Gergő becslése alapján.

- n) Az eddigi egyezések mögé könnyebben lehetett fizikai képet tenni. A további két esetben inkább csak véletlen numerikus egyezésről lehet szó, mert három jellemzőt érintő feltételnek kell teljesülnie. A tömegkoncentráció és a Raoult-koncentráció számértékének egyezése esetén:

$$\frac{n_i}{m_{olsz}} = \frac{m_i}{V} \Rightarrow \frac{V}{m} \frac{m}{m_{olsz}} = \frac{m_i}{n_i} \Rightarrow 100 = M_i \rho m\%_{olsz}$$

A feltétel tehát az oldott anyag moláris tömegét, az elegy sűrűségét és az oldószer tömegszázalékát érinti. A változók nagyságrendjei nem zárják ki, hogy létezzen az egyezés.

- o) A térfogatszázalék és Raoult-koncentráció értékeinek egyezése szintén ilyen eset.

$$1000 \frac{n_i}{m_{\text{olsz}}} = \frac{V_i}{V} 100 \Rightarrow 10 \frac{V}{m} \frac{m}{m_{\text{olsz}}} = \frac{V_i}{n_i} \Rightarrow 1000 = V_{M,i} \rho m \%_{\text{olsz}}$$

A három érintett változó itt tehát az oldott anyag moláris térfogata, az elegy sűrűsége és az oldószer moláris térfogata, ezeknél sem zárja ki a változók tartományát az esetleges egyezést.

Három változó egyezése nem lehetetlen, bár a 20 lehetséges kombináció zöme kizárható, mégsem kézenfekvő a százalékoknál említett eseten felül egy lehetőség sem.

A feladat megoldása során a legtöbben csak a kézenfekvő eseteket vizsgálták meg. A szokatlan és obskúrus egyezések részletes vizsgálatát nem is vártuk el a teljes pontszámért. Kiemelendően alapos volt Sályi Gergő és Palya Dóra munkája.

(Magyarfalvi Gábor)

H173. A feladatot a Balti Kémiaverseny is kitűzte, ezért a megoldást csak a következő számban közöljük.

H174. a) 25 °C-on, tiszta vízben a víz deprotonálódása egyensúlyban van a keletkezett ionok rekombinációjával, így a két reakció sebessége egyenlő.

$$v_1 = v_2, \text{ tehát } k_1 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = k_2 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2$$

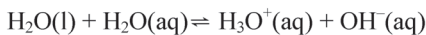
$$\text{Ebből } k_2 = k_1 \cdot \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = k_1 \cdot K_v \cdot [\text{H}_2\text{O}]^{-2}$$

Tiszta vízben 25 °C-on a víz koncentrációja 55,4 mol/dm³, tehát a reakció sebességi együtthatója 4,6 · 10⁻⁷ dm³ · mol⁻¹ · s⁻¹.

b) Az autoprotolízis sebessége az a) feladat alapján $v_1 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$, tehát 1 s alatt 0,25 liter vízben 0,35 mmol oxóniumion keletkezik. Így 0,7 mmol víz fogy, ami 4,2 · 10²⁰ darab molekulát jelent.

c) Az etanollal való összehasonlításhoz és a víz pK értékének meghatározásához számoljuk ki a víz disszociációjának egyensúlyi állandóját. Ehhez írjuk fel két vízmolekula sav-bázis reakcióját, és írjuk fel az egyik molekulára mint savra (ami a vízzel reagál) a savi disszociációs állandót. Ez így nem lesz korrekt

egyensúlyi állandó, de ebben a felírásban az etanol savállandójával összevethető mennyiséget kaptunk.



$$K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

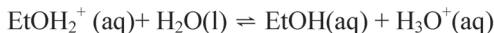
A képletbe behelyettesítve a víz pK_s -e 15,74-nek adódik, ami pont a feladatban megadott két érték közé esik. Ez alapján azt állíthatjuk, hogy az etanol sáverőssége közel azonos a vízével.

d) Az etanol disszociációja:



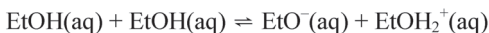
$$K_s(\text{EtOH}) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{EtO}^-]}{[\text{EtOH}]} = 10^{-15,7} \quad (\text{A két megadott } pK_s \text{ érték átlagát vettük.)}$$

Az etil-oxónium-ion disszociációja:



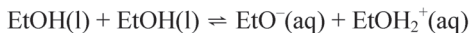
$$K_s(\text{EtOH}_2^+) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{EtOH}]}{[\text{EtOH}_2^+]} = 10^{2,4}$$

Ebből a két egyenletből kifejezhető az alábbi folyamat egyensúlyi állandója:



$$K = \frac{[\text{EtOH}_2^+][\text{EtO}^-]}{[\text{EtOH}]^2} = \frac{K(\text{EtOH})}{K(\text{EtOH}_2^+)}$$

A keresett mennyiség az alábbi egyenlethez tartozó egyensúlyi állandó:



$$K_{\text{ap}}(\text{EtOH}) = [\text{EtOH}_2^+] \cdot [\text{EtO}^-]$$

$$K_{\text{ap}}(\text{EtOH}) = \frac{K(\text{EtOH})}{K(\text{EtOH}_2^+)} \cdot [\text{EtOH}]^2$$

Tiszta etanolban az etanol koncentrációja 25 °C-on 17,1 mol/dm³, így az „alkoholionszorzat” értéke 2,3 · 10⁻¹⁶.

Megjegyzendő, hogy az etanol autodisszociációjának egyensúlyi állandója (K) feltehetően nem egyezik meg tiszta etanolban és híg vizes oldatban, ezért a fenti számítás csak durva közelítés.

e) Ha az oldatban a NaOH koncentrációja 0,1 mol/dm³, akkor az etanol gyakorlatilag nem disszociál, vagyis $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ mol/dm}^3$, amiből $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-13} \text{ mol/dm}^3$. Ekkor a

egyenlet felhasználásával $[\text{EtO}^-] = 0,002 \text{ mol/dm}^3$ adódik, vagyis az etanol 0,2 %-a disszociált.

$$K(\text{EtOH}) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{EtO}^-]}{[\text{EtOH}]} = 10^{-15,7}$$

(Sarka János)

H175. A feladat részletes megoldása ezen lapszám elején szakmai írásként olvasható. Sajnos az eredeti feladatsorban közölt adatokba egy kisebb hiba csúszott: a második, héliumot is tartalmazó kísérletben mért időértékek rosszul voltak megadva. Ezt a megoldók közül nem vette észre senki, mert sem a megoldás logikai menetét, sem a végeredményt nem befolyásolta. A szakmai írás már a helyes adatokat tartalmazza. A megoldás kulcsmomentuma annak felismerése volt, hogy a szilárd metán nem úszhat a folyékony metánon. Csak azok kaptak maximális pontszámot, akik ezt a feladatban megadott adatok felhasználásával bizonyították.

A feladatmegoldásra maximális (10) pontot kapott Borsik Gábor, Sályi Gergő, Sárvári Péter és Vörös Zoltán János. Kilencpontos megoldást hárman küldtek be, tizenegyen ennél kevesebb pontot értek el.

(Lente Gábor)

HO-85. a) Elvileg a következő összetételű, kétféle iont tartalmazó sók létezhetnek:

$(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$, összegképlete $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$

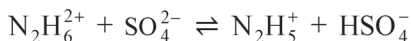
$(\text{N}_2\text{H}_5)_2(\text{SO}_4)$, összegképlete $\text{N}_4\text{H}_{10}\text{SO}_4$

$(\text{N}_2\text{H}_6)(\text{HSO}_4)_2$, összegképlete $\text{N}_2\text{H}_8\text{S}_2\text{O}_8$

$(\text{N}_2\text{H}_6)(\text{SO}_4)$, összegképlete $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$

b) Az $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$ összegképletű só összetételét az $(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$ képlet írja le helyesen. Könnyen belátható ugyanis, hogy az reakció egyensúlya erősen jobbra van eltolódva. A folyamat egyensúlyi állandója

Az $\text{N}_2\text{H}_6(\text{HSO}_4)_2$ előállításáért ütközik komoly nehézségbe, mert vizes



oldatban – még erősen savas közegben is – nagyon kicsi az $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ ionok

$$K = \frac{K_v}{K_{s2} \cdot K_{b2}} = 1,1 \cdot 10^3$$

koncentrációja az N_2H_5^+ ionokéhoz képest. Az $\frac{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]}{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}$ arány még 1,0 pH-n is

$\frac{K_{b2}}{K_v} \cdot [\text{H}^+] = 8,9 \cdot 10^{-3}$. Ennek az az oka, hogy az $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ ion meglehetősen erős

sav ($K_s = \frac{K_v}{K_{b2}} = 11,2$). Vizes oldatból tehát csak az $(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$ és az

$(\text{N}_2\text{H}_5)_2(\text{SO}_4)$ állítható elő.

c) Számítsuk ki először a 0,1 mol/dm³ koncentrációjú $(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$ -oldat pH-ját! Első közelítésben hanyagoljuk el az N_2H_5^+ ion hidrolízisét. Ez azért tűnik megalapozottnak, mert mint sav és mint bázis egyaránt igen gyenge. Ekkor a pH-t gyakorlatilag csak a HSO_4^- ion hidrolízise határozza meg.

$$K_{s2} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}, \text{ amiből } [\text{H}^+] = 2,72 \cdot 10^{-2}, \text{ azaz pH} = 1,56$$

Ha mégis figyelembe vesszük az N_2H_5^+ ion hidrolízisét, akkor is

$$\text{elhanyagolhatjuk az } \text{N}_2\text{H}_4 \text{ koncentrációját, hiszen } \frac{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}{[\text{N}_2\text{H}_4]} = \frac{K_{b1}}{K_v} \cdot [\text{H}^+] =$$

$= 2,3 \cdot 10^6$, az előbb kiszámolt pH-n. Elegendő tehát csak az $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ jelenlétével számolnunk az N_2H_5^+ mellett.

A szokásos egyenletrendszert felírva (egyensúlyi állandók, töltés- és anyagmérleg), a következő harmadfokú egyenlethez jutunk:

Ebből $[\text{H}^+] = 2,71 \cdot 10^{-2}$, azaz pH = 1,57. Látható, hogy az eredeti elhanyagolásunk is jogos volt.

$$\frac{K_{b2}}{K_v \cdot K_{s2}} \cdot [\text{H}^+]^3 + \left(\frac{K_{b2}}{K_v} + \frac{K_{b2} \cdot c}{K_v \cdot K_{s2}} + \frac{1}{K_{s2}} \right) \cdot [\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] - c = 0$$

A 0,1 mol/dm³ koncentrációjú $(\text{N}_2\text{H}_5)_2(\text{SO}_4)$ -oldat pH-jának kiszámításánál is

élhetünk bizonyos egyszerűsítésekkel. Biztosan elhanyagolhatjuk az N_2H_5^+ ionok protonálódását, hiszen láttuk, hogy 1-es pH-is nagyon kicsi az $\frac{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]}{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}$

arány, itt pedig ennél jóval nagyobb pH-ra számítunk. Ha a szulfáton gyenge bázisosságára gondolva elhanyagoljuk a szulfátonok protonálódását is, akkor a

probléma nagyon leegyszerűsödik: egy $0,2 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú gyenge sav ($K_s = \frac{K_v}{K_{b1}} = 1,18 \cdot 10^{-8}$) pH-ját keressük.

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_s \cdot c} = 4,86 \cdot 10^{-5}, \text{ azaz pH} = 4,3$$

Ha nem hagyjuk el sem a szulfácionok protonálódását, sem az ionok deprotonálódását, akkor – felírva a megfelelő összefüggéseket – az alábbi harmadfokú egyenletet kapjuk.

Ebből $[\text{H}^+] = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, azaz $\text{pH} = 4,83$, vagyis ebben az esetben a

$$\frac{K_{b1}}{K_v \cdot K_{s2}} \cdot [\text{H}^+]^3 + \left(\frac{K_{b1} \cdot c}{K_v \cdot K_{s2}} + \frac{1}{K_{s2}} + \frac{K_{b1}}{K_v} \right) \cdot [\text{H}^+]^2 + \left(1 - \frac{c}{K_{s2}} \right) [\text{H}^+] - 2c = 0$$

szulfácion protonálódásának elhanyagolása jelentős hibát okoz a végeredményben. Ugyan a szulfácionoknak csak néhány ezreléke protonálódik, de a keletkező hidrogén-szulfát-ionok mennyisége már képes eltolni némileg a gyenge sav hidrazóniumionok disszociációs egyensúlyát.

A feladatra 5 teljes megoldás (Bolgár Péter, Palya Dóra, Pirityi Dávid, Sárvári Péter, Vörös Zoltán János) érkezett. A legtöbb bonyodalmat a fent utoljára tárgyalt probléma háttere és a megoldás algebrai nehézségei okozták. Ha ilyen helyzetben nem látszik kézenfekvő egyszerűsítés, érdemes numerikus, számítógépes módszereket megpróbálni az egyenletek, egyenletrendszerek megoldására.

(Zagyi Péter)

HO-86. a) Ha a verejték kémhatását a benne levő anyagok stabilizálják, akkor a csapadékkal egyensúlyban levő oldatban is a $\text{pH} = 5$ helyzetnek megfelelően 10^{-9} M lesz a hidroxidionok koncentrációja. Az oldhatósági egyensúly alapján:

b) A vízben felettébb rosszul oldódó csapadékról még az is feltételezhető, hogy

$$[\text{Al}^{3+}] = \frac{L}{(10^{-9})^3} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

nem befolyásolja az oldat pH-ját érdemben. A fentiekkel analóg módon:

Jól látszik, hogy a csapadékból a fémionokkal az oldatba kerülő hidroxidionok

$$[\text{Al}^{3+}] = \frac{L}{(10^{-7})^3} = 3 \cdot 10^{-13} \text{ M}$$

mennyisége elenyésző az autodisszociáció folytán jelen levő mennyiség mellett. Tehát a pH jó közelítéssel 7.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el. Alig néhányan voltak, akik elfeledkeztek a víz saját ionjairól, és savasnak elfogadták a kapott hidroxidtartalmú oldatot.

(Magyarfalvi Gábor)

HO-87. A következő megoldás Sályi Gergő munkája alapján készült:

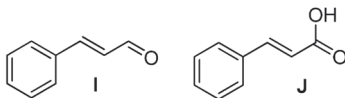
Gázhalmazállapotú elemek a hidrogén, fluor, klór, nitrogén és oxigén, valamint a nemesgázok. Ezek alapján a kémiai elemek között végbemenő reakciókból kitalálható, hogy **X**: O₂; **Y**: N₂; **Z**: H₂; **B**: H₂O; **C**: NH₃ (amelynek vizes oldata bázikus kémhatású).

Ezután felismerhető több égetési reakció, amelyekben az **A** termék a CO₂, illetve több vegyület összegképlete is kiszámítható:

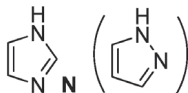
M: C₇H₆N₄O; **N**: C₃H₄N₂; **I**: C₉H₈O; **J**: C₉H₈O₂; **K**: C₁₂H₁₀N₂O; **L**: C₉H₉NO.

Az **I** vegyületre kiszámítva a moláris tömeget, 132 g/mol adódott, ami megerősíti az égetési egyenletből származó C₉H₈O összegképletet.

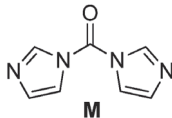
J savas kémhatása karbonsavra utal, amelyet alátámaszt, hogy az **I** vegyületből oxidációval keletkezik. Tehát az **I** vegyület egy aldehyd. Az **I** vegyület a formilcsoporton kívül valószínűleg aromás gyűrűt is tartalmaz (az alacsony H:C arány miatt). Ezek alapján **I** a fahéjaldehyd, **J** a fahéjsav:



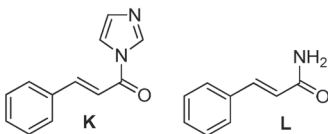
Az összegképlet alapján az **N** vegyület az imidazol (a pirazolt is elfogadtuk):



A hidrolízis egyenlete alapján az **M** vegyület a karbonil-diimidazol:



Ezekből a vegyületekből már könnyen levezethető, hogy a **K** a fahéjsav imidazol-amidja, míg az **L** a fahéjamid:



(Varga Szilárd)

Feladatok

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2013. február 11-ig postára adva a következő címre várjuk:

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

H181. A) A közelmúltban született a „molekuláris gasztronómia”, mely a hagyományos konyhatechnológiákat ötvözi a modern, sokszor laboratóriumokból ellesett módszerekkel. A legújabb kor séfjei tudományos elkötelezettséggel törekednek meghökkentő ízelmények elérésére. Egyik gyakori eljárásuk, hogy egy hagyományos ízhez újszerű állagot („textúrát”) társítanak.

Az egyik ilyen alapanyag a „paradicsomvíz”, amit úgy készítenek, hogy alaposan összezúzott paradicsomot hagynak igen finom szűrőn kicsöpögni. A lecsöpögött folyadék egy nagyon intenzíven paradicsomos ízű, színtelen folyadék, melyből pl. géleket vagy habokat lehet készíteni, mellyel különféle kompozíciókban lehet meghökkenteni az újdonságra éhes gasztrosznobokat.

A piros paradicsomból készült „paradicsomvíz” miért színtelen? Mi okozza a paradicsom piros színét? Mely vegyületcsaládba tartozik ez az anyag? Milyen módon lehetne paradicsomból emberi fogyasztásra alkalmas, a paradicsom piros színét megőrző kivonatot készíteni?

B) A Hacktion magyar gyártású sorozat S03E07 epizódjában a „rossz fiúk” több ízben is kámforos zsebkendővel kábították el áldozataikat. A kámfor a trópusi kámforfából (de akár a hazai levendulaolajból is) nyerhető, fehér, kristályos, erős illatú anyag. Már a IX. századi arab filozófus, Alkindus is említi művében, sőt a Koránban is szerepel. Európában régóta (úgy 800 éve) használják hűsítő, frissítő, helyi keringésfokozó hatása miatt reumaellenes kenőcsökben. Szóval egy jól ismert anyagról van szó. Ami még véletlenül sem altatószer. Extrémén nagy dózisban sem.

Mi a kámfor szerkezete? Milyen anyagra gondolhattak a film alkotói? Milyen anyagokat használnátok hasonló célra a bűnözőkkel? Írd le megfontolásaidat, a szükséges jellemzőket!

(Kóczán György)

H182. Egy szerves vegyületből, amelyben C, H, O és Cl található, 25,0 mg-ot mérünk be egy titráló lombikba. Ezután desztillált vízzel hígítjuk, kénsavval savanyítjuk és KI-t adunk hozzá. A kivált jódot $0,0500 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -mérőoldattal titráljuk. A fogyás $9,22 \text{ cm}^3$. Sósavval megsavanyítva, a szerves vegyületből szúrós szagú, sárgászöld gáz fejlődik. A szerves vegyületben kétféle szénatom található. *Add meg a szerves vegyület képletét és nevét!*

(Varga Szilárd)

H183. 2012. október 14-én 20:02-kor (budapesti idő, nyári időszámítás) Felix Baumgartner héliummal töltött ballonja a 39045 méteres magasságot elérve már nem emelkedett tovább.

Felix Baumgartner ekkor kiugrott, 4 perc 19 másodperces szabadesés után kinyitotta az ejtőernyőjét, és szerencsésen földet ért. A ballon térfogata a kiugrás pillanatában 834497 m^3 , a külső hőmérséklet $3,80 \text{ }^\circ\text{C}$ volt. A légnyomást a magasságból lehet számítani a következő egyenlettel:

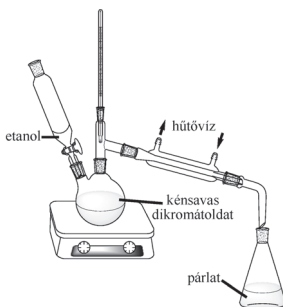
$$\log_{10} p = 5 - h/15500$$

(Itt a magasságot méterben kell megadni, a nyomást Pa-ban kapjuk meg.)

- Mekkora volt Baumgartner ballonjának teljes tömege (ballon anyaga + kabin + Baumgartner a szkafanderben) a héliummal feltöltés előtt?*
- Mennyit emelkedett még a léghajó Baumgartner kiugrása után? Baumgartner tömege a felszerelésével együtt $84,0 \text{ kg}$ volt, a mért levegőhőmérséklet és a ballon térfogata a kiugrás után nem változott meg.*

(Turányi Tamás)

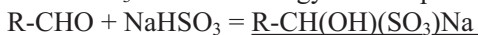
H184. Az etil-alkohol oxidációját a következő kísérlettel vizsgáljuk meg. 40 cm^3 96 %-os etanolt ($\rho = 0,78 \text{ g/ml}$) adunk cseppenként $70\text{--}80 \text{ }^\circ\text{C}$ -on ahhoz az oldathoz, amelyik $200 \text{ g Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 400 g 70 %-os H_2SO_4 -ban való oldásával készült. A hozzácsepegtetés alatt folyamatosan desztilláltuk a keletkező illékony vegyülete(ke)t a következő készülékkel:



- A kísérlet végén minden szerves komponenst ledesztilláltunk, és így 50,0 cm³ párlatot kaptunk. A párlat négy, egyenként 5,00 cm³-es részletét vizsgáltuk meg:
- A) Feleslegben adtunk hozzá KHCO₃-oldatot. A keletkező gázt telített NaCl-oldat alatt felfogtuk, amely gyakorlatilag nem oldja a szén-dioxidot. A gáz térfogata 122 cm³ volt ($p = 99,0$ kPa, $T = 18,0$ °C);
- B) NaHSO₃-oldat hozzáadásra 6 g csapadék vált le;
- C) Feleslegben vett lúgos I₂-oldattal hevítve 19,7 g csapadék válik le;
- D) 25 cm³ 2 M KOH-oldattal főzzük, a lúg feleslegét 2,15 M sósavval titrálva a fogyás 20,0 cm³.

Megjegyzés:

A NaHSO₃ oldhatatlan vegyületet képez aldehidekkel:



A lúgos jóoldat a következő rendezendő egyenletek alapján reagál etanollal és acetaldehiddel:

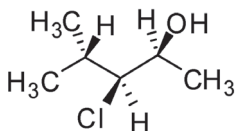


- a) Milyen vegyületeket tartalmaz a párlat?
- b) Írd fel a termékekhez vezető reakciók rendezett egyenleteit!
- c) Írd fel az analízis során lejátszódó reakciók rendezett egyenleteit!
- d) Hány mol található az egyes komponensekből 50 cm³ párlatban?

(orosz feladat alapján Varga Szilárd)

H185.

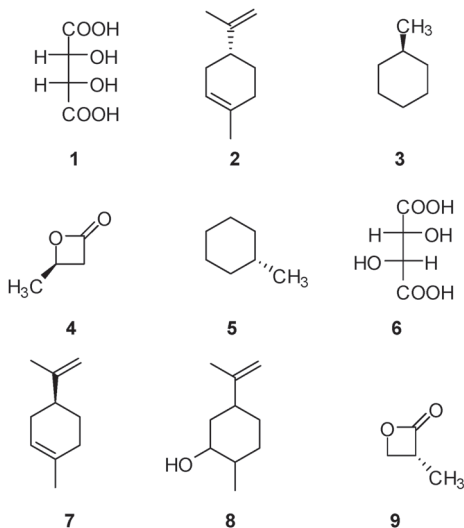
- a) Ismert reakció, hogy az alkoholok ecetsavval savkatalízis mellett észtereket képeznek. D-glükóz 0,1 mol/dm³-es oldatának 10 cm³-éhez 1,8 g ecetsavat és 2 csepp tömény kénsavat adunk, majd forraljuk az oldatot. Milyen termék(ek)et várunk?
- b) Mi az **A** vegyület enantiomerjének szerkezete?



A

- c) Mi az **A** vegyület diasztereomerjének/diasztereomerjeinek szerkezete?

d) Jelöld a következő molekulákban *-gal a kiralitáscentrumokat! Melyek alkotnak enantiomerpárokot? Melyek diasztereomerek? Melyik (melyek) mezoizomer(ek)?



(Varga Szilárd)

HO-91.

1937-ben R. Schwarz és M. Schmeisser bróm freonos oldatát ozonizálta $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, és így egy sárgás-narancsos anyaghoz jutott. Kimutatták, hogy a képződött vegyület a bróm egyik oxidja (**A**). 37 év múlva J. Pascal írta le, hogy ezen oxid $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ról $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ történő melegítés során két másik bróm-oxiddá bomlik: egy kevésbé illékony aranysárga vegyületté (**B**) és egy illékony sötétbarnává (**C**). A vegyületek pontos vizsgálatához savas jodidoldatban nyelettek el őket. A képződő jódot $0,065\text{ mol/dm}^3$ -es tioszulfátoldattal reagáltatták el, majd a brómtartalom meghatározásához $0,02\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldattal titrálták a mintákat. Itt műszeres végpontjelzést alkalmaztak, ezért el lehetett különíteni a jodidionokra és a bromidionokra fogyott ezüst-nitrátot. Csak az utóbbi értéket rögzítették. A vizsgálatok eredményét a következő táblázat foglalja össze:

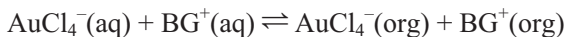
Vegyület	$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{cm}^3$	$V(\text{AgNO}_3) / \text{cm}^3$
A	10,3	6,7
B	17,7	14,4
C	8,74	14,2

- a) *Mi a képlete az A-C vegyületeknek? Válaszodat számolással indokold!*
 b) *Mekkora tömegű mintákat használhattak a kémiai analízishez?*
 c) *Rajzold fel az oxidok lehetséges szerkezetét!*
 d) *Az alábbi adatok segítségével becsüld meg a bróm-oxidok képződéshőjét! Kötési energiák: Br₂: 193 kJ/mol, O₂: 498 kJ/mol, Br–O: 230 kJ/mol, Br=O: 300 kJ/mol, a folyékony bróm párolgási entalpiája 31 kJ/mol.*

(orosz feladat)

HO-92. Arany(III)-ionokat extraháltunk vizes sósavas oldatból 1,2-diklórétánnal. Ehhez a brilliant zöld (BG⁺) nevű kationos festéket adtuk a vizes oldathoz: a szerves fázis jól oldja a tetrakloro-aurát(III) és brilliant zöld kationja képezte sóit. A szerves fázisban ennek a sónak a disszociációs állandója: $K_d = 2,0 \cdot 10^{-6}$. A kiindulási vizes oldat arany(III)-ion-tartalma $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-6}$ mol/dm³ (1. oldat), amelynek 90 %-át tudjuk a szerves fázisba átvinni, ha azonos térfogatú 1,2-diklórétánnal extrahálunk. Az így kapott szerves oldat abszorbanciája 650 nm-en 0,11 (A₁) volt. (Csak az aranyionokkal együtt kerülhet a brilliant zöld a szerves fázisba, más ellenionnal nem oldódik diklórétánban.)

Az extrakciós folyamatot a következőképpen írhatjuk le:



Ezt az egyensúlyt is egy állandóval, az úgynevezett megoszlási állandóval jellemezhetjük. Mivel a vizes fázisban mindig nagy feleslegben alkalmazzuk a BG⁺ festéket, ezért ennek a komponensnek a koncentrációját az egyensúlyi állandó tartalmazza:

$$K_{\text{extr}} = [\text{AuCl}_4^-(\text{org})][\text{BG}^+(\text{org})]/[\text{AuCl}_4^-(\text{aq})]$$

- a) *Számítsd ki, hogy az arany(III)-ionoknak hány százaléka található a szerves fázisban, ha a kiindulási vizes oldatban az arany koncentrációja $c_2 = 1,0 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³ (2. oldat)! A festékből nagy felesleget alkalmaznak.*
 b) *Számítsd ki a 3. kiindulási vizes oldat aranytartalmát (c_3), ha az extrakció után a szerves fázis abszorbanciája $A_3 = 0,19$! Tételezzük fel, hogy a disszociált és disszociálatlan sónak ugyanannyi a moláris abszorpciós koefficiense.*
 c) *A következő adatok platina(IV)-ionok brilliant zölddel történő extrakciójára vonatkoznak. A folyamat során a szerves fázisban a hexakloro-platinát(IV) és a BG⁺ sóként oldódik.*

Kezdeti koncentráció	A szerves fázis abszorbanciája
$c_4 = 1,0 \cdot 10^{-6}$ mol/dm ³	$A_4 = 0,050$
$c_5 = 2,2 \cdot 10^{-5}$ mol/dm ³	$A_5 = 0,15$

Írd fel az extrakció kémiai egyenletét! Határozd meg a kiindulási platinaion-koncentrációját annak a vizes oldatnak (c_0), amelyből majdnem teljesen (99%-ban) ki tudtuk oldani a fémionokat! A platinatartalmú só disszociációjától tekintsünk el!

(orosz feladat)

HO-93. Elsőrendű reakciónak a reakciókinetika azokat a folyamatokat tekinti, amelyeknek reakciósebessége egy reaktáns koncentrációjával egyenesen arányos. Az érintett reaktáns koncentrációja (c) az elsőrendű reakciókban exponenciális görbe mentén csökken az idő múlásával:

$$c = c_0 e^{-kt}$$

Itt c_0 a reaktáns kiindulási koncentrációja, k pedig a reakcióra jellemző ún. reakciósebességi állandó.

Az elsőrendű reakciók kézenfekvő példái a radioaktív bomlások, amelyeket viszont nem reakciósebességi állandóval, hanem a kiindulási anyag felének elbomlásához szükséges idővel, a felezési idővel jellemezzük.

a) *Hogyan lehet a felezési időből kiszámítani a reakciósebességi állandót?*

Sok bomlási folyamat elsőrendű, ilyen például a dinitrogén-oxid bomlása elemeire kis nyomáson és magas hőmérsékleten. Egy evakuált edénybe 3827 Pa nyomású dinitrogén-oxidot töltve, az edényben mérhető nyomás 24,0 óra után 4248 Pa-ra emelkedett.

b) *Mi a bomlás felezési ideje, illetve reakciósebességi állandója a mérés alapján?*

Vizsgáljunk egy $aA \rightarrow bB + cC$ egyenlettel és k reakciósebességi állandóval jellemezhető elsőrendű bomlási reakciót.

c) *Ha tiszta A anyagból indulunk, mennyi idő múlva és mekkora értéknél egyeznek meg a kiindulási anyag és az egyes termékek koncentrációi? Add meg a kiszámításhoz szükséges összefüggést!*

(Magyarfalvi Gábor)