

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter

A megoldásokat 2022. január 17-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:

KÖKÉL Gondolkodó

ELTE Kémiai Intézet

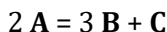
Budapest 112

Pf. 32

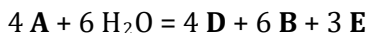
1518

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

K404. Az **A** sárga színű, folyékony vegyület könnyen bomlik az alábbi egyenletnek megfelelően. Egy gázkeverék keletkezik, aminek a hidrogéngázhoz viszonyított relatív sűrűsége 30,125.



Az **A** vízzel magasabb hőmérsékleten reagálva is gyorsan elbomlik. Az alábbi reakciónak megfelelő sztöchiometriával reagáltatva a kapott három gáz keverékének hidrogéngázhoz viszonyított relatív sűrűsége 22,692 lesz.



A termékek keverékéből a **D** gáz savas oldatban oldódik, és a visszamaradó elegy hidrogéngázhoz viszonyított relatív sűrűsége 29,000. A **B** gáz bázisos oldatokban elnyelehető, de a **C** és **E** gázok gyakorlatilag nem oldódnak vizes oldatokban, akármilyen is a kémhatásuk.

Milyen anyagokat jelölnek a betűk?

(ukrán feladat)

K405. Egy gyógyfürdőben, melynek vize kénes, elvesztettük a 3,80 gramm tömegű ezüstmedálunkat. Az ezüst oxigén és kén-hidrogén együttes jelenlétében ezüst-szulfiddá alakul. Egy hét múlva szerencsésen megtaláltuk a láncot, majd fogkrémmel megpuoltuk. A tisztítás előtti tömege 3,90 g volt.

Milyen színű volt a medál tisztítás előtt? Várhatóan mekkora lesz a medál tömege tisztítás után? A fogkrém mely szervetlen komponense(i) és hogyan hat(nak) a tisztítási folyamatban?

(Borbás Réka)

K406. A kéntartalmú gyógyvizek jótékonyan hatnak a reumás, ízületi fájdalmak ellen. Ezek a gyógyvizek nem csak kén-hidrogént tartalmazhatnak, hanem karbonil-szulfidot (COS) is. Ez utóbbi igen jól szívódik fel a szervezetbe, ezáltal hatékonyabb. A karbonil-szulfidot először Than Károly írta le 1867-ben.

A karbonil-szulfid vízben kismértékben oldódik, 25 °C-on normál légköri nyomáson 1447 mg/dm³ a telített oldat koncentrációja. Nagyobb nyomáson (pl. a Föld mélyén) megnő az oldhatósága. Így mikor a gyógyvizek forrásából a felszínre kerül, a karbonil-szulfid egy része gázként távozik a gyógyvízből, jellegzetes szaga kis koncentrációban is érezhető. Levegőn elbomlik, és ekkor a szén-diszulfid tipikus szaga is megjelenik.

Hosszan belélegezve már nem egészséges, az ajánlások szerint 8 óránál többet egy 5 ppm („parts per million” – azaz milliomodrész) COS-tartalmú levegőben nem célszerű eltölteni. Négy órát 850 ppm karbonil-szulfid-tartalmú levegőben töltve már halálos is lehet a hatása. A levegővel robbanó elegyet képez, az alsó robbanási határ kb. 12%.

a) *Ha a harkányi gyógyvíz 12 mg/dm^3 kéntartalmú, akkor mekkora lehet legfeljebb a karbonil-szulfid koncentrációja (feltételezve, hogy a harkányi gyógyvízben minden kén karbonil-szulfidként fordul elő)?*

Szeretnénk építeni egy barlang hatású fürdőt, melybe $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -os harkányi gyógyvizet vezetnénk. A medence méretei: 12 méter hosszú, 8 méter széles, és 1,2 méter mély. Felette 1,5 méter magas légtér lenne.

A karbonil-szulfid parciális nyomása az oldat fölötti légtérben a $c = 0,0207 \frac{\text{mol}}{\text{kPa}\cdot\text{kg oldószer}}$ p egyenlettel írható le.

b) *Ha nem lenne a barlang hatású fürdőben szellőztető berendezés (vagy elromlana), akkor elérhetné-e a levegő COS-tartalma valamelyik egészségügyi határértéket, illetve a robbanási határt?*

(Borbás Réka)

K407. Vendel reumás nagynénjének karbonil-szulfidot (COS) szeretne előállítani ampullába zárva, hogy nagynénje akár otthon is élvezhesse egy gyógyvíz-imitáció jótékony hatását. Ehhez kálium-rodanidot kellene reagáltatnia kénsavval, így a karbonil-szulfid mellett kálium-hidrogén-szulfát és ammónium- hidrogén-szulfát is keletkezik. Eredeti terve szerint 5 cm^3 -es ampullákat töltene meg ($25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on és 101 kPa nyomáson), majd ezt kellene a nagynéninek a fürdőkád vizében feloldania, $3\text{-}12 \text{ mg/dm}^3$ töménységű oldatot előállítva.

a) *Egy 5 cm^3 -es ampulla mekkora térfogatú vízhez lenne elég? Milyen kiszerezést ajánljunk Vendelnek az optimális csomagoláshoz?*

b) *Összesen 50 cm^3 karbonil-szulfid előállításához mekkora tömegű kálium-rodanidra, és mekkora térfogatú $35 \text{ m/m}\%$ -os, $1,26 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű kénsavoldatra lenne szükség, ha a reakció teljesen lejátszódna?*

(Borbás Réka)

K408. A karbonil-szulfid gyúlékony vegyület, a levegővel robbanó elegyet képez. Alsó robbanási határa $12,3\%$, felső robbanási határa $29,6\%$. Égését részletesen tanulmányozták, ugyanis ez a vegyület akár a bio és fosszilis tüzelőanyagok kéntartalmának égése során is szerepet játszhat.

Többféle köztes lépés is előfordulhat az égés során, különféle aktiválási energiával. Például a $\text{COS} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{SO}$ folyamat aktiválási energiája

211 kJ/mol, a $\text{COS} + \text{O}_2 = \text{CO} + \text{SO}_2$ aktiválási energiája 70 kJ/mol, tehát valószínűbb, hogy egy ilyen köztes lépés nagyobb sebességgel zajlik az égés során. Az első folyamatban keletkező kén-monoxid (SO) nagyobb koncentrációnál dimerizálódik S_2O_2 -vé, amely tovább alakul SO_2 -dá és S_2O -dá.

Ha a karbonil-szulfidot az alsó, illetve a felső robbanási határnak megfelelő összetételben levegővel keverjük össze, és elégetjük, mi lesz a két esetben a füstgáz anyagmennyiség-százalékos összetétele?

(Borbás Réka)

K409*. A hévízi gyógyvízből mintát veszünk kéntartalmának meghatározására. Először a minta $100,0 \text{ cm}^3$ -ét feleslegben vett brómos vízzel reagáltatjuk, így hidrogén-bromid és kénsav keletkezik. A felesleges brómot kiforraljuk, majd egy alkalmas indikátor mellett $0,984 \text{ mol/dm}^3$ töménységű NaOH-oldattal megtitráljuk. A műveletsorozatot háromszor megismételjük, az átlagfogyás $9,56 \text{ cm}^3$.

- Miért kell a feleslegben lévő brómot kiforralni az oldatból? Milyen indikátort válasszunk?*
- Írd fel a meghatározás során végbemenő kémiai változások rendezett egyenleteit!*
- Mekkora a víz kén-hidrogén-tartalma?*

(Borbás Réka)

K410*. Egy $1,00 \text{ dm}^3$ -es tartályba $2,30 \text{ g}$ nitrozil-kloridot (NOCl) teszünk. 500 K hőmérsékleten egy egyensúlyi reakcióban részben nitrogén-monoxiddá és klórgázzá alakul. A kiindulási anyag $75,4\%$ -a bomlik el.

- Mekkora a folyamat koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandója?*
- Mekkora az átlagos moláris tömege az egyensúlyi gázelegynek?*

Egy másik hőmérsékleten az egyensúlyi gázelegy átlagos moláris tömege $50,4 \text{ g/mol}$.

- Alacsonyabb vagy magasabb ez a hőmérséklet, mint az előző esetben?*
- Mekkora ezen a hőmérsékleten az egyensúlyi állandó és a bomlás mértéke?*

Az egyes anyagok képződéshője: NOCl 51,7 kJ/mol, NO 90,3 kJ/mol.

(Borbás Réka)

K411*. A ródiumot a többi platinafémtől az alábbi módszerrel lehet elválasztani. A ródiumtartalmú mintát NaCl -dal összekeverve klórgáz áramában hevítik. Ilyenkor a visszamaradó szilárd **A** anyag egy 26,76% ródiumtartalmú só tartalmaz. Ez vízben kioldható, szűrés és bepárlás után a **B** vegyület kristályai maradnak vissza, amelyeknek a ródiumtartalma 17,13%. A kristályokat 120 °C-on tömegállandóságig szárítják (a tömegcsökkenés ekkor 35,98%), majd 650 °C fölé hevítik. Az így kapott szilárd termék alapos vizes mosása után ródiumpor marad vissza.

Az **A** vizes oldatába kénhidrogént buborékoltatva a **C** vegyület jelenik meg csapadékként. Ennek 47,59%-a kén.

a) *Határozd meg a vegyületek képletét!*

b) *Írd fel a végbemenő kémiai változások rendezett egyenleteit! Miért kell az utolsó lépésben alaposan mosni a szilárd maradékot?*

(belorusz feladat)

H356. Az ivóvizek egyik legveszélyesebb szennyezője a rákkeltő tulajdonságú arzén, amely a természetes vizekben legtöbbször az arzén oxosavai és azok ionjai formájában fordul elő.

Az arzén oxosavai közül az arzénsav és az arzénessav a leggyakoribb, ezek összetétele a foszforsavval és a foszforossavval (H_3PO_3) analóg, de mindkettő háromértékű gyenge sav.

A savi állandók negatív logaritmusai az arzénessavnál: $\text{p}K_1=9,2$, $\text{p}K_2=12,13$, $\text{p}K_3=13,40$, az arzénsavnál: $\text{p}K_1=2,19$, $\text{p}K_2=6,94$, $\text{p}K_3=11,5$.

a) *Add meg a két oxosav konstitúcióját!*

Az élő szervezetbe kerülve a fenti két oxosav az ún. oxidatív metilezés (amikor is metilcsoport kerül a hidroxilcsoport helyére) során monometilarzonsavvá (MMA(V)) és dimetil-arzonsavvá vagy másként kakovilsavvá (DMA(V)) alakul át. Ebben a két molekulában az arzén +5-ös oxidációs számú. Utóbbi molekula redukcióval dimetil-arzinná, további metilezéssel tetrametil-arzónium-ionná alakulhat át. Ezek az arzin (AsH_3) metilezett származékainak tekinthetők és a szerves kémiából ismert aminok és ammóniumionok analógjai.

b) *Add meg a felsorolt molekulák konstitúcióját!*

Az arzén ivóvízből történő eltávolítása általában mikroszkopikus méretű vas és vas-oxid vagy vas-hidroxid részecskék felületén történő adszorpcióval, illetve csapadékképződéssel történik.

c) *Határozd meg, hogy egy semlegeshez közeli kémhatású oldatban milyen az egyes arzéntartalmú részecskék eloszlása az arzénessav, illetve az arzénsav esetén! Milyen eljárást érdemes ez alapján elvégezni az ivóvíz arzénmentesítése során az adszorbens ivóvízhez keverése előtt?*

(Lázár Armand)

H357. A fenolok vas(III)-sókkal színes (általában lila) komplex vegyületet képeznek, amelyek segítségével spektrofotometriásan meghatározható egy minta fenoltartalma. A spektrofotometriás mérés során az oldatban található vegyületek fényelnyelését mérik, és ezen adat segítségével határozzák meg koncentrációjukat. Ehhez először meghatározzák, hogy a komplex milyen hullámhosszú fényt nyel el és kiválasztottak egy hasonló tulajdonságú festéket. A festékkel a következő kísérleteket végezték el:

Készítettek a festékből egy $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatot (**X** oldat). Az **X** oldat egy részletét egy mintatartó edénybe helyezték, amelyben a fénysugár $1,00 \text{ cm}$ -en keresztül haladt (*I*), ekkor a műszer által kiadott fényelnyelés mennyisége $1,30$ -nak adódott (*A*).

Az **X** oldat egy újabb részletét tízszeresére hígítottuk és egy az előbbieken is használt mintatartó edényben megmértük, így *A* értékének $0,130$ -at kaptuk.

Az **X** oldat egy újabb részletét tízszeresére hígítottuk és egy olyan mintatartó edénybe öntöttük, amelyben a fénysugár $1,00 \text{ dm}$ -en keresztül haladt, ekkor *A* értékének $1,30$ -at kaptuk.

a) *Mennyi a fényelnyelés értéke (*A*) abban az esetben, ha *X* oldat egy részét hússzorosára hígítjuk és a mérőedényben a fény úthossza (*l*) $0,500 \text{ dm}$?*

Ezután az ismeretlen mintából és vas(III)-kloridból oldatot készítettünk (amelyben a vas(III)-klorid koncentrációja $0,1 \text{ mol/dm}^3$, **B** oldat). A **B**

oldatot tízszeresére hígítottuk és egy 1 cm úthosszúságú edényben megmértük a fényelnyelés mértékét, ami 0,73-nak adódott.

A **B** oldat fenoltartalmának meghatározásához a következő oldatokat készítettük el és vizsgáltuk meg:

bemért fenol mennyisége	oldat térfogat	vas(III)-klorid koncentrációja	mérés előtti hígítás	út-hossz (l)	fényelnyelés (A)
100 mg	100 cm ³	0,1 mol/dm ³	10x	1 cm	1,55
50 mg	100 cm ³	0,1 mol/dm ³	10x	1 cm	0,78
25 mg	100 cm ³	0,1 mol/dm ³	10x	1 cm	0,39
10 mg	100 cm ³	0,1 mol/dm ³	5x	1 cm	0,31

b) *Mennyi a fenol koncentrációja a **B** oldatban?*

(Varga Szilárd)

H358. Két azonos térfogatú elektród ugyanazokból az anyagokból áll és szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú. A két elektródot egy fém-szulfát vizes oldatába merítve egy galvánecellát kapunk. A cella teljes kisülése során 144 C töltést ad le. Az így kapott rendszerben a vizes oldat és az elektródok továbbra is ugyanazokat az összetevőket tartalmazzák, mint a kiindulási állapotban, de mindkét elektród tömege megváltozott 48,8 mg-mal.

a) *Hogy működik a galvánecella? Működne-e, ha vizes nátrium-szulfát-oldatot használnánk elektrolitként?*

b) *Melyik fém-szulfát volt jelen az oldatban? Hogyan változott a koncentrációja?*

c) *Becsüld, meg, hogy legfeljebb mekkora lehet az így kapott galvánecella elektromotoros ereje!*

(ukrán feladat nyomán)

H359. Három, egymással izomer észter (**A**, **B** és **C**) hidrogénezése (hidrogéngázzal Pt katalizátor mellett) ugyanazt az **X** észtert adja. A három észter elszappanosítási reakcióiban eltérő termékek keletkeznek, mégpedig összesen hat vegyület. A **B** észter adott mennyiségének elszappanosítása kétszer annyi vizes lúgoldatot fogyaszt, mint amennyi

szükséges az **A** vagy a **C** észter azonos mennyiségéhez. Az észterek moláris tömege kisebb, mint 100 g/mol.

Mely vegyületek lehetnek ezek? Keress olyan reakciókat, amelyek segítségével a 6 szappanosítási termék közül az összes előállítható az egyikükből kiindulva!

(orosz feladat nyomán)

H360. 15,00 ml 0,100 mol/dm³ koncentrációjú kálium-karbonát-oldatot öntünk bárium-szulfát csapadékra.

A BaSO₄ oldhatósági szorzata 1,3·10⁻¹⁰, a BaCO₃-é 4,9·10⁻⁹. A szénsav savi kitevői (pK_s) 6,37 és 10,25.

Hány mg BaSO₄ csapadék fog reakcióba lépni, amíg a rendszer egyensúlyba nem kerül? A számolás során tekints el a sav-bázis folyamatoktól!

Mi lesz az eredmény, ha nem tekintünk el a sav-bázis folyamatoktól? Mekkora az egyensúlyi koncentrációk a kapott oldatban?

(bolgár feladat alapján)