

GONDOLKODÓ



Feladatok

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

A megoldásokat 2020. február 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.

K347. A világmindenség első (vagy egyik első) olyan kémiai részecskéje, amelyben kovalens kötéssel kapcsolódott össze két atom, egy egyszerűen pozitív töltésű összetett ion volt. (Úgy kell ezt érteni, hogy az ősrobbanást követően hosszú ideig még atomok sem léteztek, de később, ahogy hűlt az Univerzum, megjelentek atomok, és ezután ezek összekapcsolódásával létrejöhettek molekulák és összetett ionok is.)

Ebben a bizonyos „elsőben” az elemi részecskék száma 7. De mivel az alkotó atomjainak több izotópja is létezik, ez a szám 6, 8, 9 és 10 is lehet, ha nem a leggyakoribb izotópokkal számolunk.

a) *Mi a képlete ennek az összetett ionnak?*

b) *Összesen hányféle izotopológ létezhet a természetben? Melyik ezek közül a legritkább?*

(Zagyi Péter)

K348. A Curiosity mérései szerint a Mars légkörének térfogat-százalékos összetétele a felszín közelében átlagosan: 95,1% CO₂, 2,59% N₂, 1,94% Ar, 0,16% O₂ és 0,06% CO néhány egyéb, kis koncentrációban jelen lévő gáz mellett. Az átlagos felszíni légnyomás 610 Pa. A mérések azt is megmutatták, hogy télen a hőmérséklet annyira lecsökken a sarkok közelében, hogy a szén-dioxid egy része kifagy a légkörből. Ilyenkor a szén-dioxid térfogatszázaléka jellemzően 94,4%-ra csökken.

- a) *Hányszorosa az 1 m³ levegőben található oxigén mennyisége a Földön a marsihoz képest a felszín közelében?*
- b) *Feltéve, hogy télen csak a szén-dioxiddal történik bármi is a marsi légkörben, hány százalék oxigéntartalomra számítottunk ilyenkor?*

(Zagyi Péter)

K349. A 19. század elején meglehetősen zavaros volt a magyar kémiai szaknyelv, egy-egy kémiai elemnek sok, jelentősen eltérő megnevezését használták.

- a) *Derítsd ki, hogy a következő elnevezések melyik kémiai elemet takarják!*

lomany, napany, kemeny, férjany, menyany, sárgany, szerdany, higany, lágyany, nemiszany, arany, bátrany, imany, iblany, ingerlany, édeny, ződany

- b) *A felsoroltak egyike mindegyik másik kémiai elemmel alkot vegyületet, némelyikkel többet is. Írd fel ezeknek a vegyületeknek a képletét!*

(Zagyi Péter)

K350. 2020. január 13-án publikálták azt a tanulmányt, amelyben beszámolnak az eddig ismert legősibb anyagról, amit a Földön találtak. Egy 1969-ben lezuhant meteoritban olyan szilícium-karbid-szemcséket (méretük a μm -es tartományba esik) találtak, amelyek akár 7 milliárd évesnél is idősebbek lehetnek. Ez azt jelenti, hogy a Naprendszeren kívül keletkeztek, annál több milliárd évvel korábban, a Napnál jóval idősebb csillagokban. Az ilyen idős, nem földi és nem naprendszeri eredetű minták korának meghatározása nem egyszerű feladat, a hagyományos eljárások nem működnek. Egy lehetőség a minta ²¹Ne-tartalmának meghatározása: ez az izotóp a kozmikus sugárzás hatására

keletkezik többé-kevésbé ismert sebességgel. Minél több ^{21}Ne -t találunk a szemcsében, annál több időt töltött a világűrben.

Az egyik SiC szemcse (tömege $2,0 \cdot 10^{-9}$ g) analízise során a ^{21}Ne -tartalmat $1,98 \pm 0,15 \cdot 10^{-6}$ cm³/g-nak mérték. (A gáz térfogatát standard légköri nyomásra és 25 °C-ra adták meg.) Szinte hihetetlen, hogy ma már lehetséges ilyen kis mennyiségű anyag meghatározása is.

Hány ^{21}Ne atom lehetett a vizsgált SiC szemcsében?

(Zagyai Péter)

K351. A likopin többek között a paradicsomban megtalálható hosszú szénláncú szénhidrogén. Számos megbízható vizsgálat mutatja, hogy a fogyasztása hatékonyan képes csökkenteni több betegség kialakulásának kockázatát (pl. szív- és érrendszeri megbetegedések, prosztatarák). Javasolt tehát sok paradicsomot fogyasztani.

A helyzet azonban nem ilyen egyszerű. Kutatások bizonyították, hogy a paradicsomban megtalálható likopin döntő része az *all-transz* izomer, vagyis az, amelyikben minden kettős kötés *transz* konfigurációjú. Ennek a biológiai hasznosulása azonban elég rossz, lényegesen rosszabb azokhoz az izomerekhez képest, amelyekben egy kettős kötés *cisz* konfigurációjú.

a) Rajzold fel az all-transz-likopin szerkezetét!

b) Hány különböző likopin-izomer létezik egyetlen cisz konfigurációjú kettős kötéssel?

Részletes vizsgálatok azt is kiderítették, hogy a paradicsom hőkezelése növeli a *cisz*-izomerek arányát, ezért célszerű – más gyümölcsöktől és zöldségektől eltérően – nem nyersen enni a paradicsomot. Sőt bizonyos anyagok jelenléte katalizálja ezt az izomerizációt, így ilyen anyagokkal együtt sütve-főzve a paradicsomot, jelentősen növelhetjük a likopin hasznosulását, vagyis fokozhatjuk jótékony hatását. Ilyen anyagok például a jód, a diallil-triszulfid, a lentionin és az allil-izotiocianát.

c) Javasolj olyan élelmiszereket, amelyekkel – ennek alapján – célszerű együtt főzni a paradicsomot!

(Zagyai Péter)

K352.* A száraz levegő összetétele az alsó légkörben jó közelítéssel állandó: 78,08% nitrogén, 20,95% oxigén, 0,93% argon és a 0,04% szén-dioxid. A levegő maximális nedvességtartalma viszont erőteljesen változik a hőmérséklettel. 0 °C-on 610 Pa a telített vízgőznek megfelelő tethető nyomás (az ún. parciális nyomás), míg 25 °C-on ennek 5,13-szorosa.

- a) *Milyen tartományban változhat 101325 Pa légköri nyomáson a nedves levegő száraz levegőhöz viszonyított relatív sűrűsége ($\rho_{\text{nedves}}/\rho_{\text{száraz}}$) 0 °C-on, 25 °C-on, valamint 100 °C-on?*
- b) *Száraz és vízgőzzel telített levegő azonos mennyiségével töltünk meg két egyforma edényt 25 °C-on. Mekkora térfogatú edények esetén lenne várható, hogy más értéket mutasson a 0,001 g pontossággal dolgozó mérlegünk?*

(Magyarfalvi Gábor)

K353.* A szerves kémiai analitikából jól ismert Fehling-reagens elkészítéséhez rézgálicot, kálium-nátrium-tartarátot és nátrium-hidroxidot 1:3,8:5,8 mólarányban oldanak fel vízben úgy, hogy a kapott oldat rézion-koncentrációja 0,217 mol/dm³ legyen.

- a) *1 dm³ Fehling-oldat elkészítéséhez hány grammra van szükség az egyes összetevőkből?*

Részletes vizsgálatok kimutatták, hogy ebben az erősen lúgos oldatban a legnagyobb koncentrációban jelen lévő részecske a $[\text{Cu}(\text{tart})_2]^{6-}$ ion. Ebben a képletben a tart rövidítés a borkósav savmaradékionját jelöli.

- b) *Rajzold fel ennek az ionnak a konsitúcióját!*

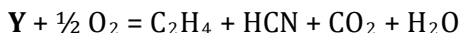
A b) feladatban szereplő komplex aniont tartalmazó sót is előállítottak. A kísérlet leírása szerint 3,960 g NaOH-t és 2,402 g borkósavat oldottak vízben, majd 878 mg réz(II)-hidroxidot adtak az elegyhez. A kapott oldatból végül 2,85 g sót tudtak kikristályosítani, ami 48,3%-os kitermelésnek felelt meg.

- c) *Mi az előállított só képlete?*

(Zagyi Péter)

K354.* Az etén (etilén) fontos szerepet tölt be a növényekben zajló biokémiai folyamatok szabályozásában (pl. a gyümölcsök érésében, a virágok hervadásában vagy a levelek lehullásában). Gyakorlatilag a

növény minden részében termelődik, mégpedig egy kémiai szemmel elég szokatlan szerkezetű vegyület (**Y**) enzimatis oxidációjával:

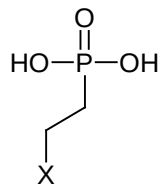


Y egy telített szénláncú α -aminosav (molekulájában $-\text{NH}_2$ és $-\text{COOH}$ csoport is található).

- Mit jelent a fent használt α jelölés?*
- Mi **Y** összegképlete? Rajzold fel a konstitúcióját!*
- Mint az aminosavak általában, **Y** is ikerionos szerkezetű szilárd halmazállapotban. Rajzold fel az ikerion szerkezetét!*

Etilén képződik egy viszonylag egyszerű vegyület hidrolízisével (vízzel való reakciójával) is semleges vagy lúgos közegben. Használják is az élelmiszeriparban érésszabályozóként, mivel bomlás-termékei közönséges, ártalmatlan anyagok.

- Mi az **X** atom, ha tudjuk, hogy 82 mg-jának hidrolízisével 13,9 cm³ légköri nyomású, 25 °C-os etilén képződik?*



- Írd fel a vegyület hidrolízisének egyenletét!*
- A vegyület jól oldódik vízben, általában tömény vizes oldatban forgalmazzák. Hogyhogy nem hidrolizál az oldatban?*

(Zagyi Péter)

H321. Az atomok elektronegativitását (EN) két atom között kialakuló kötés jellegének előzetes megbecslésére használják. Az elektronegativitás kiszámítására többféle definíció is létezik, leggyakrabban a Pauling-féle elektronegativitási skála használatos. A Pauling-skála a következő módon definiálja két atom elektronegativitásának különbségét:

$$K \cdot (\text{EN}_A - \text{EN}_B)^2 = E_{\text{köt}}(AB) - \sqrt{E_{\text{köt}}(AA) \cdot E_{\text{köt}}(BB)}$$

A képletben a kötésfelszakítási energiák ($E_{\text{köt}}$) kJ/mol egységekben értendők, a K konstans értéke 96,48 kJ/mol, a fluoratomra vonatkozó referenciaérték $\text{EN}_F = 3,98$, az oxigén fenti összefüggéssel meghatározott elektronegativitása pedig $\text{EN}_O = 3,44$.

A fenti definíció olyan atomok esetén értelmezhető csak, amelyek egymással létesítenek kémiai kötést. A nemesgázok esetében erre nem

volt mód egészen a fluorral és oxigénnel alkotott vegyületeik felfedezéseig.

A szilárd XeF_6 képződéshője: -338 kJ/mol

A szilárd XeF_6 szublimációs hője: 59 kJ/mol

A Xe-O kötésfeszítési energia: $36,4 \text{ kJ/mol}$

A F-F kötésfeszítési energia: 159 kJ/mol

Az O-O kötésfeszítési energia: 210 kJ/mol

A felsorolt adatok segítségével becsüld meg az Xe atom elektronegativitását!

(Lázár Armand)

H322. A standardpotenciál-táblázatokban található adatok jó kiindulást jelentenek, amikor meg szeretnénk jósolni, hogy egy redoxireakció végbemegy-e vagy nem. Természetesen azt fejben kell tartanunk, hogy a táblázatban megadott redukciós potenciálok arra a helyzetre vonatkoznak, amikor a redukciós folyamatban szereplő minden anyag koncentrációja standard érték. Ennélfogva a táblázatok standardpotenciáljai vagy $\text{pH}=0$ vagy $\text{pH}=14$ esetre vonatkoznak.

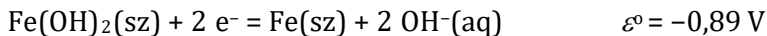
A két körülmény esetén érvényes standardpotenciálok természetesen nem függetlenek egymástól. Csupán a Nernst-egyenlet megfelelő alkalmazásával is megtalálható a kapcsolat köztük.

a) Számítsd ki a $2 \text{H}_2\text{O}(f) + 2 e^- = \text{H}_2(g) + 2 \text{OH}^-(aq)$ folyamat standardpotenciálját! Milyen egyensúlyi állandó értékére van szükség a számításhoz?

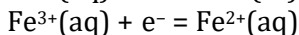
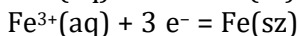
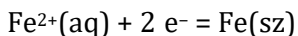
b) Mi lesz a $\text{O}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(f) + 4 e^- = 4 \text{OH}^-(aq)$ folyamat standardpotenciálja, ha ismerjük az oxigén redukciójának standardpotenciálját savas közegben $\text{O}_2(g) + 4 \text{H}^+(aq) + 4 e^- = 2 \text{H}_2\text{O}(f)$ ($\mathcal{E}^\circ = 1,23 \text{ V}$)?

Más standardpotenciál-értékek között is teremthető kapcsolat a Nernst-egyenlet megfelelő alkalmazásával, ha ismerünk bizonyos egyensúlyi állandókat.

c) Milyen egyensúlyi állandó értéke köti össze a következő két standardpotenciált?



A Nernst-egyenletet megfelelően alkalmazva megmutathatóak további kapcsolatok is. Például a



redukciók standardpotenciáljai sem függetlenek egymástól.

d) Mi a standardpotenciálok közti kapcsolat, és hogy mutatható ez meg a Nernst-egyenletet felhasználva?

(Magyarfalvi Gábor)

H323. Noha a nukleofil szubsztitúció az alifás vegyületek jellemző reakciója, aromás gyűrűk esetén is előfordulhat, ha a gyűrűhöz megfelelő számú nagy elektronegativitású atom kapcsolódik. Ennek talán legjobb példái a hexafluorobenzol és a pentafluoropiridin.

a) Hány különböző termék keletkezését várhatjuk ezen két molekula esetében, ha (i) egy, (ii) kettő, vagy (iii) három tiofenollal reagálnak HF gáz keletkezése mellett?

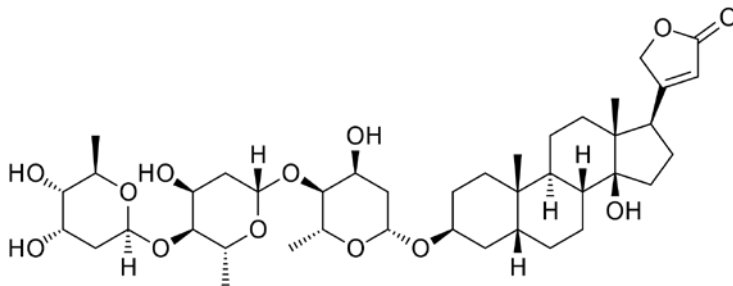
Egy hasonló reakció játszódik le a hexafluorobenzol és **A** anyag között is. Ekkor a reagensek 1:1 arányban reagálnak egymással, és két ekvivalens HF gáz szabadul fel. **A** vegyületnek érdekes, égett szaga van. Ha **A** folyadékot savas katalízis mellett benzaldehiddel reagáltatjuk, akkor egy fokhagymakrémlevesre emlékeztető szagú, öttagú gyűrűt tartalmazó molekula képződését figyelhetjük meg vízkilépés mellett. A hasonló származékok jellemzője, hogy meglepően savasak, például NaH-del sőt képeznek. **A** folyadék egy grammját elégetve 0,936 g széndioxid, 0,575 g víz és 1,362 g kén-dioxid keletkezését figyelték meg.

*b) Mi volt az **A** gáz? Írd fel a reakcióegyenleteket!*

(Forman Ferenc)

H324. A digitoxin egy nagyon jól ismert és sokat tanulmányozott természetes vegyület, ún. szívglikozid. Fokozza a szívösszehúzódások erejét, ami a szívélétlenség kezelésénél jól jön: több ezer éves múltra tekint vissza az alkalmazása (eleinte persze növényi kivonatként).

Könnyű azonban túladagolni, és a halálos dózis sem túl nagy. (A krimi-irodalom egyik kedvelt mérge.)



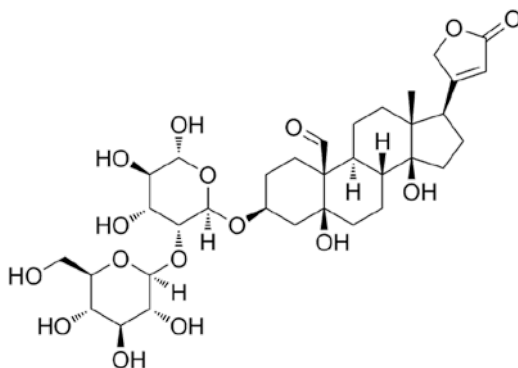
digitoxin

a) Milyen monoszacharidokból származtatható a digitoxin molekulája? Add meg a pontos nevét!

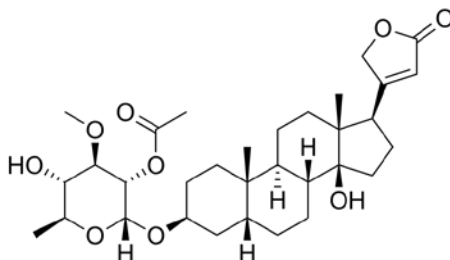
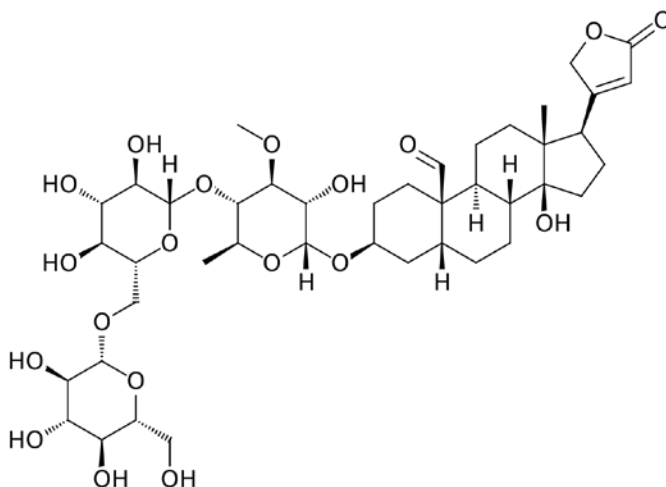
b) Redukáló hatású cukorszármazék a digitoxin?

Az alábbi három molekula nagyon hasonlít a digitoxinhoz. Monoszacharidjaikat tekintve azonban tartogatnak meglepetést.

c) Állapítsd meg, hogy mely monoszacharidokból származtatható az **A**, **B** és **C** molekula! Melyek a szokatlanok és miért?



A

**B****C**

(Kóczán György, Zagyi Péter)

H325. Az eténgázt ezüst katalizátor jelenlétében oxigéngázzal oxidálva az **A** vegyületet kapjuk (**a** reakció). Az így kapott vegyület a szerves vegyipar egyik fontos alapanyaga. A következőkben ennek az anyagnak a kémiai reakcióit fogjuk vizsgálni.

A savas közegben könnyen dimerizálódva egy gyűrűs vegyületet képez (**B**, **b**). Mindkét vegyület oxigéntartalma 36,32 *m/m* %.

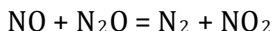
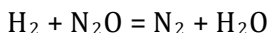
Ha az **A** vegyület oldatába Cs⁺-ionok jelenlétében kén-dioxidot vezetünk, a **C** gyűrűs vegyület képződik. A reakcióban a kén-dioxid és az **A**

Megoldások

K331. A nevetőgáz (kéjgáz) a dinitrogén-monoxid, N_2O , melyet ammónium-nitrát kontrollált hevítésével lehet előállítani:



Reakcióiban a N_2O jellemzően formális oxigénatom-donorként viselkedik, melynek hajtóereje a stabil N_2 képződése.



Az 1 millió tonna gáz 76%-a 760 ezer tonna, ami $7,6 \cdot 10^8 \text{ g}/M(\text{N}_2\text{O}) = 1,73 \cdot 10^7$ mólnak felel meg. Ez azonos anyagmennyiségű, azaz $1,73 \cdot 10^7 \cdot M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 1,4 \cdot 10^9 \text{ g}$ (1,4 millió tonna) só bomlásával keletkezett.

Bár nem járt érte pontlevonás, vegyük észre, hogy az adatok jellegéből adódóan a végeredményt nincs értelme két értékes jegynél pontosabban megadni.

A versenyzők nagy része kiválóan oldotta meg a feladatot, többségüknek maximális pontszámot tudtunk adni.

(Forman Ferenc)

K332. a) Mivel az a kérdés, hogy legalább mennyi iszapot kell venni, ezért a legnagyobb tömegszázalékos értékkel kell számolni. Kihasználva, hogy tudjuk, hogy 1 mol Sc_2O_3 -ban 2 mol Sc van, ezért

$$n(\text{Sc}) = \frac{m(\text{Sc})}{M(\text{Sc})} = \frac{21 \text{ g}}{45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,467 \text{ mol}$$

$$n(\text{Sc}_2\text{O}_3) = \frac{n(\text{Sc})}{2} = 0,233 \text{ mol}$$

$$m(\text{Sc}_2\text{O}_3) = n(\text{Sc}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Sc}_2\text{O}_3) = 0,233 \text{ mol} \cdot 138 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 32,2 \text{ g}$$

$$m(\text{vörösiszap}) = \frac{m(\text{Sc}_2\text{O}_3)}{1,7 \cdot 10^{-6}} = \frac{32,2 \text{ g}}{1,7 \cdot 10^{-6}} = 18,9 \cdot 10^6 \text{ g} = 18,9 \text{ t}$$

b) Az ásvány képletéből tudjuk, hogy ScPO_4 és még valamennyi kristályvíz alkotja. Tudjuk, hogy 21 mg Sc található 82,17 mg ScPO_4 -ban. 1 mmol Sc tömege 45 mg és 1 mmol $\text{ScPO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ tömege egyenes arányossággal kiszámolható: 176 mg. Mivel 1 mmol ScPO_4 tömege 140 mg, ebből a kristályvíz tömege már adódik: 36 g.

Ebből következik, hogy 2 mol vízzel kristályosodik a szkandium-foszfát. Vagyis az ásvány képlete: $\text{ScPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.

c) Vendel az ásványnak örülne jobban, hiszen abban több a tiszta szkandium. A tömegszázalékos összetételeket összehasonlítva ez egyértelműen kiderül. A vörösiszap esetén ez az érték adott. Az ásvány esetén a következőképpen számolható:

$$w\% = \frac{m(\text{Sc})}{m(\text{ScPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O})} \cdot 100 = \frac{21 \text{ mg}}{82,17 \text{ mg}} \cdot 100 = 25,6\%$$

Vélhetően az is szempont, hogy 18,9 tonna vörösiszapot nehezebb elhelyezni a polcon.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők között nagyon sok szép és kreatív megoldást olvastunk. A hibátlan megoldások mellett sok esetben tapasztaltunk apróbb elszámolásokat, ebben az esetben 1–1 pont hiányzott a maximumhoz. A legkreatívabb része a feladatnak a harmadik kérdés volt, ebben az esetben is sok ötletes megoldást olvastunk.

(Jantner Anna)

K333. A triviális eseteket nem számítva (egybetűs vegyjel), tizenhárom elempárra igaz, hogy a sorrendet felcserélve is vegyjelet kapunk:

Al-La, Ar-Ra, Ca-Ac, Sc-Cs, Re-Er, Se-Es, Ni-In, Br-Rb, Ag-Ga, Ta-At, Fr-Rf, Mt-Tm, Mc-Cm

Az egyes tulajdonságok táblázatosan, a b) alkérdéseinek válaszait kiemelve:

Elempár	A felfedezés éveinek különbsége:	Legjellemzőbb vegyjérték
Al-La	 1825-1839 = 14	<u>3-3</u>
Ar-Ra	 1894-1898 = <u>4</u>	0-2
Ca-Ac	1808-1899 = 91	2-3

Sc-Cs	1879-1860 = 19	3-1
Re-Er	1925-1843 = 82	4-3
Se-Es	1817-1952 = 135	-2 - 3
Ni-In	1751-1863 = 112	2 -3
Br-Rb	 1826-1861 = 35	-1 - 1 <u>RbBr</u>
Ag-Ga	 -4000-1875 ~ <u>6000</u>	1-3
Ta-At	1802-1940 = 138	5- -1
Fr-Rf	1939-1964 = 25	1-4
Mt-Tm	1982-1879 = 103	3(?) -3
Mc-Cm	2003-1944 = 59	3(?) -3(?)

A b1 és b2 részre egyértelműen az Ar-Ra és az Ag-Ga párosok a megoldás. Az egymással alkotott vegyületeknél (b3) értelemszerűen a szupernehéz radioaktív elemek elő nem állított vegyületeit nem vettük figyelembe. A jellemző vegyértéknél még felmerülhet a Ca-Ac (az Ac alkot AcH_2 sót), ahogy számos Re(III) -vegyületet is ismerünk. A Ni(III) , Ag(III) , At(V) csak extrém körülmények között léteznek. Bár a Mt, Mc és Cm is megoldásai lehetnek a b4 feladatrésznek, ezek kémiai tulajdonságait még nem ismerjük eléggé, hogy határozottan legjellemzőbbnek titulálhassunk egy oxidációs számot, így ezeket elfogadtuk, de hiányukért nem vontunk le pontot.

A feladat népszerű volt, és jól sikerült a versenyzők többségének, az átlagpontszám 7,8 lett. Ugyanakkor meglepően sokan nem találták meg a 13 párt, másoknál az indoklás hiányzott, így maximális pontszám nem született.

(Forman Ferenc)

K334. Az anagrammák:

a) szkandium-fluorid

b) gallium-foszfid (fogalmi szulfid) – narancssárga félvezető

ólom-tellurid (teli modulról) – termoelektromos anyag

kobalt-arzenid (arab kezd tolni) – norvég ásvány

kalcium-nitrid (mind ultraciki) – 3:2 arány

A feladat könnyed játék szándékozott lenni, csak néhány beküldött tréfált meg az utolsó két anagramma. Előfordultak helyesírási tévedések, de ezt nem büntettük. A korrekt írásmód magyarul kötőjelet szerepeltet a vegyületnevek tagjai között. A fémes elem neve minden nyelvben elől, az elektronegatívabb elemé pedig az összetétel végén szerepel.

(Magyarfalvi Gábor)

K335. a) A thortveitit összetétele megadható $\text{Sc}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ formában is, vagyis a keresett tömegszázalékos összetétel:

$$\frac{M(\text{Sc}_2\text{O}_3)}{M(\text{Sc}_2\text{O}_3) + 2M(\text{SiO}_2)} = 53,4\%$$

b) Ebben az esetben $\text{Sc}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ formában írható fel a képlet, és az előzőhöz hasonló módon számolva 22,8 $m/m\%$ Sc_2O_3 -tartalom, 37,4 $m/m\%$ Y_2O_3 -tartalom és 39,8 $m/m\%$ SiO_2 -tartalom adódik.

c) A Sc-t és Y-t tartalmazó thortveitit a két fémot elvileg bármilyen anyagmennyiség-arányban tartalmazhatja, tehát nyilván elképzelhető az is, hogy az oxidok tömegaránya 1:1. Ekkor tehát 1 mol (137,9 g) Sc_2O_3 mellett ugyanekkora tömegű Y_2O_3 van, ami 0,61 mol. Tehát ekkor $n(\text{Sc}_2\text{O}_3) : n(\text{Y}_2\text{O}_3) = 1:0,61$. Ez egyben a fémek molaránya is.

d) A fém-oxid – SiO_2 molarány mindenképpen 1:2 az ásványban, tehát akkor számítunk a legnagyobb Sc_2O_3 -tartalomra, ha a szennyező oxid anyagmennyisége a legkisebb. Ez a legnagyobb moláris tömegű Yb_2O_3 esetén valósul meg.

Vegyünk 100 g ásványt! Ebben 1 g Yb_2O_3 van, ami $2,537 \cdot 10^{-3}$ mol.

Ha az Sc_2O_3 anyagmennyisége x , akkor az SiO_2 anyagmennyisége $2(2,537 \cdot 10^{-3} + x)$.

Felírható:

$$137,9x + 1 + 60,1 \cdot 2(2,537 \cdot 10^{-3} + x) = 100$$

Ebből $x = 0,38$

Eszerint 52,7 g Sc_2O_3 van a mintában, azaz 52,7 $m/m\%$ az Sc_2O_3 -tartalom.

d) 100 g minta $2 \cdot 0,38 = 0,76$ mol Sc-t tartalmaz, ami 34,2 g. A drágakő 10,01 karátos, azaz tömege 2,002 g. Ebben 0,68 g Sc van.

A feladat a), b) és c) része általában nem okozott gondot. A d) feladat-rész nehézségét annak mérlegelése jelentette, hogy melyik szennyező fém esetén kapjuk a legnagyobb szkandiumtartalmat. Az átlagpontoszám 6,2.

(Zagyi Péter)

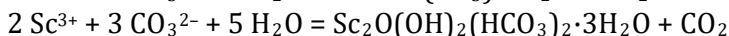
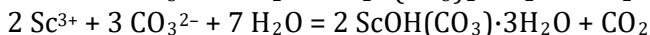
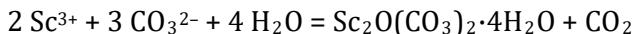
K336.* a) Mivel a $\text{Sc}_2\text{O}(\text{OH})_2(\text{HCO}_3)_x \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ képlettel leírható vegyületben a szkandium oxidációs száma +3, és formálisan O^{2-} -t, valamint OH^- -t és HCO_3^- -t tartalmaz, így tekintettel az anyag elektromos semlegességére, a következő egyenlet írható fel:

$$2 \cdot (+3) + (-2) + 2 \cdot (-1) + x \cdot (-1) = 0,$$

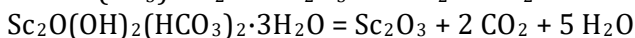
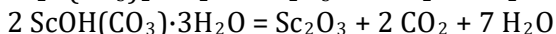
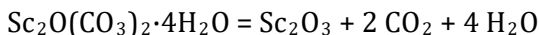
ahonnan x értékére 2 adódik eredményül.

A feladat természetesen az egyes elemek oxidációs számának (Sc: +3, O: -2, H: +1, C: +4) alkalmazásával is helyesen megoldható.

b) A három csapadékképződéssel járó reakció pontos körülményeitől függően többféleképpen is elképzelhető a végbemenő folyamatok ion-egyenletének megadása, amelyek közül az egyik lehetőséget az alábbiakban mutatjuk be.



c) A fenti három bázisos szkandium-karbonát bármelyikéből kiindulva, hevítés során szkandium(III)-oxidot kapunk termékül szén-dioxid és víz képződése mellett. A kristályvíztartalmú vegyületek hőbomlásakor lejátszódó folyamatokat az alábbi reakcióegyenletekkel adhatjuk meg.



Ezek alapján látható, hogy a $\text{Sc}_2\text{O}(\text{CO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, illetve a $\text{Sc}_2\text{O}(\text{OH})_2(\text{HCO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ esetében ekvimoláris mennyiségben keletkezik a Sc_2O_3 , míg a $\text{ScOH}(\text{CO}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ vegyületnél a kiindulási anyag-mennyiség felének megfelelő anyagmennyiségben marad vissza a szkandium(III)-oxid a reakció végbemenetelét követően.

A hőbomláskor fellépő tömegveszteség a kiindulási bázisos karbonát, valamint a hevítés után visszamaradó oxid (moláris) tömegéből a következők szerint számítható ki.

$$\begin{aligned} \left(1 - \frac{M_{\text{Sc}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Sc}_2\text{O}(\text{CO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}}\right) \cdot 100\% &= \left(1 - \frac{138}{298}\right) \cdot 100\% = 53,7\% \\ \left(1 - \frac{M_{\text{Sc}_2\text{O}_3}}{2M_{\text{ScOH}(\text{CO}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}}}\right) \cdot 100\% &= \left(1 - \frac{138}{352}\right) \cdot 100\% = 60,8\% \\ \left(1 - \frac{M_{\text{Sc}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Sc}_2\text{O}(\text{OH})_2(\text{HCO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}}}\right) \cdot 100\% &= \\ \left(1 - \frac{138}{316}\right) \cdot 100\% &= 56,3\% \end{aligned}$$

Tehát megállapítható a három számított értékből, hogy a $\text{ScOH}(\text{CO}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ hevítésekor mérhető a legnagyobb tömegveszteség.

A példát értelemszerűen a lejátszódó reakciók egyenleteinek felírása nélkül is meg lehet oldani, hiszen elegendő csupán a szükséges mólarányt megállapítani, amely már a vegyületek képleteiből is szembetűnik, illetve a megfelelő moláris tömegeket összevetni.

A feladat a versenyzők többségének alapvetően nem bizonyult nehéznek, azonban több visszatérő hiba is jelentkezett a dolgozatokban. A figyelemtelenségből adódó pontatlanságokon kívül a leggyakoribb problémát a bázisos karbonátokban található kristályvíz figyelmen kívül hagyása, illetőleg a helyes sztöchiometria megállapítása, alkalmazása és az ion-egyenletek megadása, rendezése jelentette. Egyetlen hibátlan, teljes értékű megoldás született, amelyet Csaba Dávid küldött be. Továbbá kiemelkedő teljesítményt nyújtott még Sajósi Benedek is. Átlagpontszám: 7,17 pont.

(Baglyas Márton)

K337.* a) A szkandium erősebbé, ellenállóbbá teszi az alumíniumötvözeteket magasabb hőmérsékleten is – a sűrűségük növelése nélkül.

b) A csúcsonkon található atomok 8 elemi cellához tartoznak, és 8 van belőlük cellánként, így ilyen atomból összesen 1 jut egy cellára. A lapközepeken levő atomok két cellához tartoznak, és 6 van belőlük, tehát

egy cellára 3 ilyen atom jut. A két atom aránya egyértelművé teszi, hogy a csúcsokon szkandium, a lapokon alumínium van.

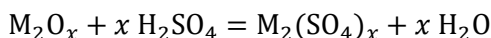
c) A szkandium atomtömege 45 g/mol, az Al_3Sc moláris tömege 126 g/mol. Így a 0,2 g (4,44 millimol) szkandium 0,56 g vegyületnek felel meg. A többi, 99,44 g (3,68 mol) alumínium nem vegyült. Tehát a vegyület és az alumínium anyagmennyiség aránya 1: 829-hez.

A megoldók érdekes módon a c) pont egyszerű számolásában vétettek több hibát. Az átlagpontszám 7,5 lett.

(Magyarfalvi Gábor)

K338.* Nilson mérései során a szulfát és az oxid tömegének aránya rendre 2,765; 2,763; 2,763 és 2,764-nek, átlagosan pedig 2,764-nek adódott.

Az ismeretlen, x vegyértékű elem oxidja az alábbi reakcióegyenlet szerint reagál kénsavval:



Mivel 1 mol oxidból 1 mol szulfát keletkezik, a szulfát és az oxid tömegarányára felírhatjuk a következő egyenletet:

$$\frac{m(\text{M}_2(\text{SO}_4)_x)}{m(\text{M}_2\text{O}_x)} = \frac{2M + 96x}{2M + 16x} = 2,764$$

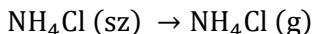
Az egyenlet átrendezésével az $M = 14,68x$ összefüggést kapjuk. Ez $x = 1$ és 2 esetén már ismert elemek relatív atomtömegének közelében van. Viszont $x = 3$ esetén a számított relatív atomtömeg 44, ami megfelel a Mengyelejev által előre megjósolt eka-alumínium várt relatív atomtömegének, ráadásul a megfigyelt elem tulajdonságai alapján is nagyon hasonlít az alumíniumhoz.

Az átlagpontszám 7,4 pont lett. A legtöbben azért vették pontot, mert a kiindulási és a végtermék tömegét a különböző mérésekre összeadták, kiátlagolták vagy csak egy mérés eredményeit használták fel. Hibátlan megoldást küldött be Csécsi Marcell, Gulyás Gréta, Sajósi Benedek és Tóth Nóra.

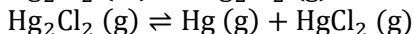
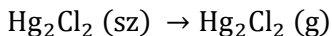
(Balbisi Mirjam)

H311. Ismeretes, hogy egy gáz adott gázhoz viszonyított relatív sűrűségének értéke annyi, ahányszorosa a gáz moláris tömege az adott gázénak, amennyiben a gázokat ideálisnak tekintjük. Ez alapján g/mol értékben kifejezve a vizsgált gázok átlagos moláris tömegét, az a feladatban lévő táblázatban megadott relatív sűrűség értékeknek 2-szerese (mivel a hidrogéngáz moláris tömege 2 g/mol). Ezt külön magyarázat nélkül fel fogjuk használni a megoldás során.

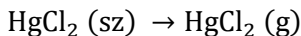
Az ammónium-klorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 28,88 g/mol, ami kicsivel több mint a fele az ammónium-klorid moláris tömegének (53,5 g/mol). Ez alapján látható, hogy az ammónium-klorid a vizsgált hőmérsékleten nagymértékben elbomlik ammóniára és hidrogén-kloridra, azonban kismértékben ammónium-klorid is maradhat a gáztérben. Így a lejátszódó reakciók:



A higany(I)-klorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 237,04 g/mol, ami kicsivel több, mint a fele a Hg_2Cl_2 moláris tömegének, ami alapján a higany(I)-klorid nagy része elbomlik. A vizsgált hőmérséklet a higany és a higany(II)-klorid forráspontja felett van, így ezek teljesen elpárolognak. Elképzelhető, hogy kevés higany(I)-klorid is marad a gázban. A lejátszódó reakciók:

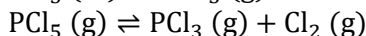
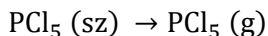


A higany(II)-klorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 271,98 g/mol, ami jó közelítéssel azonos a higany(II)-kloridéval, így ekkor feltételezhetően csak ez lesz a gázelegyben (a kis pontatlanság a 150 évvel ezelőtti gyengébb pontosságú műszerek miatt lehet). A lejátszódó reakció:

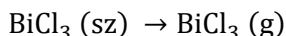


A foszfor-pentaklorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 140,04 g/mol, ami jelentősen alacsonyabb a foszfor-pentakloridénál (208,5 g/mol), amit már biztosan nem a mérési pontatlanság okoz. Ez alapján a foszfor-pentaklorid foszfor-trikloridra (137,5 g/mol) és klórgázra (71 g/mol) bomlik (1:1 mólarányban), így ezek is jelen lesznek a telített gőzben. Ez a bomlás viszont csak részleges, mivel csak így le-

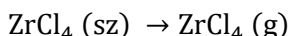
hetséges, hogy átlagos moláris tömegként 140,04 g/mol értéket mérjünk a gázra. Így a lejátszódó reakciók:



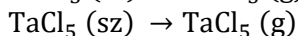
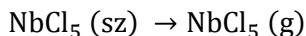
A bizmut-triklorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 327,74 g/mol, ami nagyobb a bizmut-triklorid moláris tömegénél (315,5 g/mol), de kisebb annak kétszeresénél. Ez viszont csak mérési hiba lehet, mivel a bizmut-trikloridra nem jellemző a dimerizáció, tehát egyedül bizmut-triklorid alkotja a gőzt. A lejátszódó reakció:



A cirkónium-tetraklorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 235,34 g/mol, ami jól közelíti a cirkónium-tetraklorid moláris tömegét (233,22 g/mol), így ebben az esetben egyedül cirkónium-tetraklorid alkotja a gázt. A mérés korában a cirkóniumot a hozzá nagyon hasonló viselkedésű hafniumtól még nem tudták megfelelően elkülöníteni, sőt a hafniumot ennél fogva nem is ismerték még, így az is elképzelhető, hogy a minta kismértékben hafnium-tetrakloridot is tartalmazott. A lejátszódó reakció:

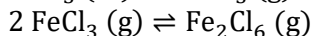
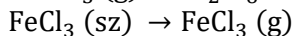
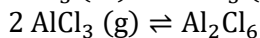
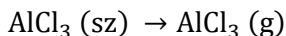


A nióbbium-pentaklorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 314,74 g/mol, ami nagyobb a nióbbium-pentaklorid moláris tömegénél (270,4 g/mol). A tantál-pentaklorid esetén a gázelegy átlagos moláris tömege 277,22 g/mol, ami kisebb a tantál-pentakloridénál (358,5 g/mol). A mérés korában a nióbbiumot és a tantált sem tudták megfelelően elkülöníteni, így valószínűleg az okozhatta az előbbi eltéréseket, hogy mindkét esetben tiszta anyag helyett az előbbi két anyag különböző összetételű keverékeit vizsgálták. Tehát mindkét esetben nióbbium-pentaklorid és tantál-pentaklorid alkotta a gőzt. A lejátszódó reakciók:



Az alumínium és a vas trikloridja esetén egyaránt azt figyeljük meg, hogy a telített gőz sűrűségei alapján a gőzök átlagos moláris tömegei egyaránt kétszeresei a megfelelő trikloridokénak, ami alapján szinte teljes dimerizáció megy végbe, így ezek lesznek nagymértékben jelen a

gőzben. (Nyomokban azért maradhat dimerizálatlan molekula a gőzben.) A lejátszódó reakciók:



A megoldás során szakirodalmi adatokat is figyelembe vettünk. Ahol csak nyomokban maradt az adott anyagból, ott elfogadtuk azt is helyes megoldásnak, ha valaki ezeket nem vetette fel, és a régi adatok pontatlanságára hivatkozott.

A feladat viszonylag nehéznek bizonyult, hibátlan megoldás sajnos nem érkezett. A legtöbben a higany(I)-klorid esetét rontották el. A nióbium-pentaklorid és a tantál-pentaklorid esetén más logikus megoldásra is megadtuk a teljes pontszámot. Az átlagpontszám 5,88 volt.

(Csorba Benjámin)

H312. Legyen az egyik gyenge sav képlete HX, savi disszociációs állandója K_1 , a másiké HY, illetve K_2 . (Figyelembe vettük a képletek felírásakor, hogy egyértékű savakról beszélünk.)

A savas, 2,30 pH-jú kezdeti oldatban a hidroxidionok koncentrációja az oxóniumionok mellett elhanyagolható (9-10 nagyságrend különbség a vízionszorzat alapján), így a töltésmérleg a következő:

$$[\text{H}^+] = [\text{X}^-] + [\text{Y}^-]$$

A megadott pH alapján $[\text{H}^+] = 10^{-2,3}$.

Az anyagmérlegek felírásához szükséges tudnunk a savak egymással megegyező kiindulási koncentrációit. A titrálás során a KOH a savak teljes mennyiségét titrálja, közömbösítés történik. Mivel összesen $0,02 \text{ dm}^3 \cdot 0,3 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,006 \text{ mol}$ KOH fogy, így összesen ennyi egyértékű sav volt a 10 ml kiindulási oldatban (egyértékű savakkal az egyértékű KOH 1:1 arányban reagál). Ez alapján a savak összkoncentrációja $\frac{0,006 \text{ mol}}{0,01 \text{ dm}^3} = 0,6 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ volt, azaz megegyező koncentrációjuk révén mindkét savra $0,3 \text{ mol/dm}^3$ bemérési koncentráció jut. Ez alapján az anyagmérlegek:

$$0,3 = [\text{HX}] + [\text{X}^-] = [\text{HY}] + [\text{Y}^-]$$

Így a savi disszociációs állandók képleteit felírva, majd a disszociálatlan savformák egyensúlyi koncentrációit az anyagmérlegek segítségével átírva a következő egyenletek adódnak:

$$K_1 = \frac{[H^+][X^-]}{[HX]} = \frac{[H^+][X^-]}{0,3 - [X^-]}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][Y^-]}{[HY]} = \frac{[H^+][Y^-]}{0,3 - [Y^-]}$$

Innen az anionok egyensúlyi koncentrációit kifejezve:

$$[X^-] = \frac{0,3K_1}{K_1 + [H^+]}$$

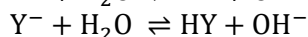
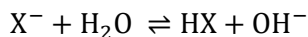
$$[Y^-] = \frac{0,3K_2}{K_2 + [H^+]}$$

Ezeket a töltésmérleg egyenletébe helyettesítve (*):

$$\frac{0,3K_1}{K_1 + [H^+]} + \frac{0,3K_2}{K_2 + [H^+]} = [H^+]$$

Ebben az egyenletben már csak a savi disszociációs állandók az ismeretlenek.

A titrálás után a lúgosan hidrolizáló KX és KY képletű sók vizes oldatát kapjuk (ezek erős bázisok és gyenge savak sói, ezért hidrolizálnak lúgosan). A hidrolízisek reakcióegyenletei:



A titrálás során az oldat térfogata a háromszorosára nő, így a lúgosan hidrolizáló sók specieszeinek összkoncentrációja (páronként) harmadára csökken, így az anyagmérlegek (megkülönböztetésül a specieszek titrálás után kialakuló egyensúlyi koncentrációit vesszőzéssel látjuk el):

$$0,1 = [HX]' + [X^-]' = [HY]' + [Y^-]'$$

A töltésmérlegben az oxóniumionok koncentrációja elhanyagolható a hidroxidionoké mellett, mivel koncentrációjuk körülbelül 4 nagyságrenddel kisebb a vízionszorzat alapján. A káliumionok koncentrációja az egyensúlyban a titráláshoz használt KOH-oldat koncentrációjának 2/3-a, mivel azok nem reagálnak, és a térfogatnövekedés a KOH-oldat

fogyott térfogatához viszonyítva 1,5-szeres. Így $[K^+] = 0,2$. Ezek alapján a töltésmérleg:

$$0,2 = [K^+] = [X^-]' + [Y^-]' + [OH^-]$$

A titrálás után $pH = 8,93$, így $pOH = 14 - 8,93 = 5,07$, azaz $[OH^-] = 10^{-5,07}$.

A hidrolízisek egyensúlyi állandóit felírva (rögtön behelyettesítve a hidrolízisállandók ismert kifejezéseit a $K_v = 10^{-14}$ vízionszorzattal és a savi disszociációs állandókkal), majd a disszociálatlan savspecieszek egyensúlyi koncentrációit az anyagmérlegek segítségével átírva:

$$\frac{K_v}{K_1} = \frac{[OH^-][HX]'}{[X^-]'} = \frac{[OH^-](0,1 - [X^-]')}{[X^-]'}$$

$$\frac{K_v}{K_2} = \frac{[OH^-](0,1 - [Y^-]')}{[Y^-]'}$$

Innen az anionok koncentrációit kifejezve:

$$[X^-]' = \frac{0,1K_1[OH^-]}{K_v + K_1[OH^-]}$$

$$[Y^-]' = \frac{0,1K_2[OH^-]}{K_v + K_2[OH^-]}$$

Ezeket a titrálás után kapott töltésmérlegbe behelyettesítve:

$$0,2 = \frac{0,1K_1[OH^-]}{K_v + K_1[OH^-]} + \frac{0,1K_2[OH^-]}{K_v + K_2[OH^-]} + [OH^-]$$

Ez és a fentebbi (*) egyenlet már egyaránt csak a savi disszociációs állandókat tartalmazza ismeretlenként. A kétegyenletes, kétismeretlenes egyenletrendszerbe az ismert paramétereket behelyettesítve, és az egyenletrendszert megoldva, az egyik ismeretlent kiküszöbölve egy másodfokú egyenletet kapunk, melynek mindkét gyöke valós és kémiai értelemben értelmes. Visszahelyettesítve ezt az előző vagy a (*) egyenletbe, megkapjuk a másik savi disszociációs állandót is. A két megoldáspár ugyanaz lesz, viszont a két savi disszociációs állandó értéke bennük fel lesz cserélve.

A megoldás a savi disszociációs állandókra $1,74 \cdot 10^{-5}$, és $6,74 \cdot 10^{-5}$.

Megjegyzés: a megoldásban alkalmazott elhanyagolásokon túl további elhanyagolások is tehetők, kihasználva azt, hogy $[X^-]$ és $[Y^-]$ nyilvánvalóan kisebb, mint $[H^+]$ (hiszen kettejük összege $[H^+]$), így a savi disz-

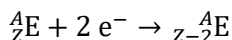
szociációs állandók felírásakor a nevezőben 0,3 mellett elhanyagolhatók (mivel csak 2 nagyságrend különbség van 0,3 és az anionkoncentrációk közt, így ekkor körülbelül 1 %-os hibát vétünk). A hidrolízisállandók felírásakor $[X^-]'$ és $[Y^-]'$ a számláló zárójeles tagjában 0,1 mellett szintén elhanyagolható, ami hasonló okokra vezethető vissza. Ilyen elhanyagolásokkal is megkapjuk jó közelítéssel az előbb kiszámolt végeredményt.

A feladat viszonylag könnyűnek bizonyult, több teljesen hibátlan megoldás is érkezett. Ezeket Debreczeni Dorina, Fajszai Bulcsú, Nguyen Bich Diep és Simon Vivien Klaudia küldték. Az átlagpontszám 7,73 pont volt.

(Csorba Benjámin)

H313. Az elektronbefogás nevű radioaktív bomlás nem számít ritkaságnak, ilyenkor az egyik 1s elektront az atommag befogja, s így egy protonból neutron lesz. A bomlás során így a rendszám eggyel csökken, a tömegszám nem változik. Érdekesség, hogy ez a radioaktív bomlás a légkörben lévő argon fő forrása, amely a ^{40}K izotóp radioaktív bomlásával került a levegőbe.

Mivel 1s elektronból minden, hidrogénnél nehezebb atomban kettő van, ezért az sem elképzelhetetlen, hogy egy atommag egy időben mindkettőt befogja. Ekkor egyszerre két protonból keletkezik neutron, vagyis a tömegszám nem változik, a rendszám ellenben kettővel csökken. Így a kételektron-befogásos radioaktív bomlás általános egyenlete:



Így a ^{124}Xe -izotópból ^{124}Te -izotóp keletkezik egy ilyen bomlás során. A gamma-sugár-impulzust pontosan ugyanaz okozza, mint egy röntgensőben a karakterisztikus röntgensugárzást: a hiányzó 1s elektron helyére a külső elektronok fokozatosan belépnek, s az energiafeleslegtől foton formájában szabadulnak meg.

A feladat szövege szerint a medencében 1502 kg tiszta xenon van, ennek az anyagmennyisége $1,502 \cdot 10^6 \text{ g} / 131,29 \text{ g mol}^{-1} = 11\,440 \text{ mol}$, ez $6,8895 \cdot 10^{27}$ db xenonatomot jelent, amelynek 0,0952%-a, vagyis $6,56 \cdot 10^{24}$ db a ^{124}Xe -izotóp. A kísérlet teljes ideje 2017. július 24. délután 4 órától 2018. január 18-án reggel 9 óráig 177 nap és 17 óra, vagyis 4265 óra, ami 0,4865 év. Ennyi idő alatt 126 bomlást figyeltek

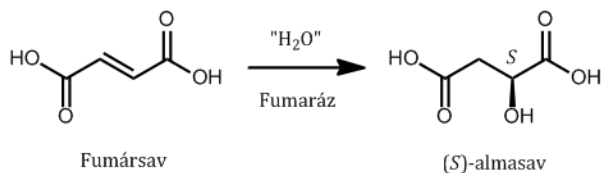
meg, vagyis a bomlás sebessége $126 / 0,4865 \text{ év} = 259,0 \text{ év}^{-1}$. Minden radioaktív bomlás elsőrendű folyamat, ezek sebessége egyenesen arányos a jelen lévő atommagok számával, az arányossági tényező neve pedig bomlási állandó (λ), ennek értéke ebben az esetben $\lambda = 259,0 \text{ év}^{-1} / 6,56 \cdot 10^{24} = 3,95 \cdot 10^{-23} \text{ év}^{-1}$. Ebből a felezési idő egyszerűen számolható: $t_{1/2} = \ln 2 / 3,95 \cdot 10^{-23} \text{ év}^{-1} = 1,76 \cdot 10^{22} \text{ év}$.

Megjegyzések:

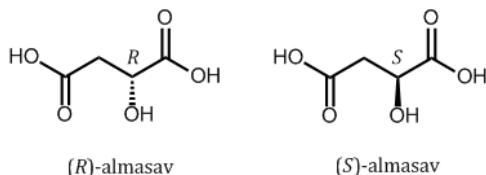
1. A kiszámolt felezési idő a világegyetem becsült korának több mint ezermilliárdszorosa. Az utóbbi fél évszázadban jónéhány meglepően hosszú felezési idő sikerült meghatározni, ezekről a Középiskolai Kémiai Lapok 2009. évi 1. számában jelent meg cikk (36. kötet, 1-5. oldal).
2. Néhányan elkövették azt az elvi hibát, hogy a feladatban megadott gyakoriságadatot tömegszázaléknak tekintették mólszázalék helyett. Ők mindannyian 124-nek vették a ^{124}Xe -izotóp relatív atomtömegét (a pontos érték 123,905). Ez a számolások végeredményét tekintve ugyanaz, mintha a Xe moláris tömegét 124 g mol^{-1} -nak vesszük $131,29 \text{ g mol}^{-1}$ helyett, vagyis a végeredményben mintegy 5% különbséget okoz.
3. A megoldók túlnyomó többsége az elsőrendű folyamatokra levezethető exponenciális képlet segítségével próbált számolni, amely a t idő után megmaradó atommagok számát (N) adja meg: $N = N_0 e^{-\lambda t}$. Ez a módszer ahhoz a problémához vezet, hogy egy 1-nél alig kisebb szám, $(6,56 \cdot 10^{24} - 126) / 6,56 \cdot 10^{24}$ természetes alapú logaritmusát kellene kiszámolni, amire a legtöbb számológép 0-t ad ki számábrázolási problémák miatt. Ugyan a műveletet néhányan helyesen el tudták végezni (ők meg is kapták a maximális pontszámot), de csak egy megoldó írta le, hogyan oldotta meg ezt a problémát.
4. Az elektronbefogásos radioaktív bomlás elektronneutrínó (ν_e) keletkezésével is jár, ezt néhányan le is írták, de ennek semmilyen szerepe nem volt a megoldás szempontjából.
5. A kísérlet részletes leírása a Nature című tudományos folyóiratban jelent meg 2019-ben az 568. kötet 532-535. oldalán. A számolás ott kicsit összetettebb volt, mert a feladat idealizálta a körülményeket: a valóságban azt is figyelembe kellett venni, hogy a radioaktív bomlások egy csekély része nem okozott jelet a detektorban.

(Lente Gábor)

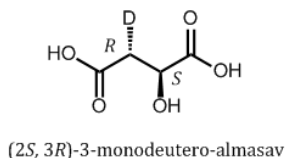
H314. a) A reakció egyenlete egyszerűsítve a következőképp írható fel:



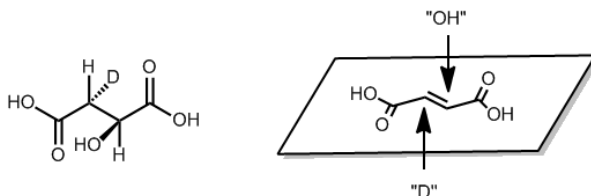
Az almasav két sztereoisomere a kiralitáscentrumok abszolút konfigurációjának jelölésével:



b) A képződő termék szerkezete a következő:



Ha alaposabban kirajzoljuk a terméket és megvizsgáljuk a két beépülő csoport viszonyát a kiindulási vegyület síkjához képest, látható, hogy ellentétes oldalra kerültek, a fumaráz enzim tehát anti-addíciót végez:



c) Az enzimek rendkívüli specifikussága abban is megmutatkozik, hogy gyakran eleve igen korlátozott számú vegyület átalakítására képesek. A maleinsav a fumaráz enzim kompetitív inhibitora, és nem is alternatív szubsztrátja, így azt nem képes hidratálni. Enzim nélkül a maleinsav vízzel való reagáltatása magasabb hőmérsékletet és nyomást igényel,

és 1:1 arányban mindkét izomert megkapjuk. (És egyébként a fumaráz valószínűleg ilyen körülmények között bomlik.)

A térbeli szerkezet ábrázolása sokaknál nem volt egyértelmű, és előfordult a Fischer-projekció helytelen használata is. Ezeket az ábrázolásmódokat érdemes megismerni, és legközelebb figyelni a helyes alkalmazásukra, mert a szerves kémiában sok helyen fontos szerepük van.

(Szobota András)

H315. A szulfuril-klorid közismert klórozószer, így feltételezhetjük, hogy a fémmel való reakció során fém-klorid keletkezik. Ezt az is megerősíti, hogy a **B** termék biner vegyület, vagyis csak kétféle elemet fog tartalmazni, a keletkező szúrós szagú gáz a kén-dioxid lesz. Az éterben oldott anyag molalitását az alábbi képlet segítségével tudjuk kiszámolni: $\Delta T = K_e \cdot m_B$, ahol ΔT a forráspont-emelkedés, K_e az ebulioszkópos állandó és m_B a molalitás.

Ezek alapján $m_B = \Delta T / K_e = 0,0202 / 2,02 = 0,01$ mol/kg, a **B** termék anyagmennyisége pedig $n_B = m_B \cdot m_{\text{éter}} = 0,01 \cdot 1 = 0,01$ mol. Átkristályosítva a termék 64%-át sikerült kinyerni, ami 5,616 g-nak adódott, tehát összesen $5,616 / 64 \cdot 100 = 8,775$ g **B** keletkezett. Kiszámolható **B** moláris tömege, $M = m / n = 8,755 / 0,01 = 877,5$ g/mol. Tudjuk, hogy a keletkezett 8,775 g **B**-t 5,580 g **A** fém és $8,775 - 5,580 = 3,195$ g klór alkotja. A klór anyagmennyisége:

$$n = m / M = 3,195 / 35,5 = 0,09 \text{ mol},$$

ami kilencszerese a keletkezett termék anyagmennyiségének, azaz 1 mol **B**-ben 9 mol klór van, a várható összegképlet A_xCl_9 . Az **A** fém moláris tömegét kiszámíthatjuk az alábbi képlettel:

$M = m / n = 5,580 / 0,01 \cdot x$, ahol $x = 3$ esetén kapunk valós értéket, 186 g/mol-t, a keresett fémünk így a rénius. Tehát **A** = Re, **B** = Re_3Cl_9 , **X** = Cl.

A fémklaszter hőre érzékeny, magas hőmérsékleten bomlik, ezért lehet csak alacsony hőmérsékleten tisztítani.

(Bacsó Zsófia Réka)

