

GONDOLKODÓ



Feladatok

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

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2014. február 21-ig postára adva a következő címre várjuk:

KÖKÉL Feladatmegoldó pontverseny

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A borítékon tüntesd fel a feladatsor betűjelét is!

Elektronikusan az olimpia.chem.elte.hu honlapon keresztül küldhetitek be a megoldásokat. Kérjük, minden feladatot külön pdf fájlban, feladatkód_beküldő.pdf fájl névvel töltsétek fel. Beszkennelt kézírás esetén figyeljetek a minőségre és az olvashatóságra (tisztá fehér lapra jól látható tintával írjatok)!

A11. „A madarak éneke hallgat, kavargó a fűszeres illat, / Megered a friss, üde zápor, didereg az úton a vándor.” (Gryllus Vilmos)

A dalszövegben említett, eső után érezhető „fűszeres illatot” mindenki jól ismeri. A kutatások során azt találták, hogy kialakulásában fontos szerepe van a geozmin nevű szerves vegyületnek, amelyet bizonyos – talajban élő – gombák termelnek, és az esőzés hatására jut ki a levegőbe. Rendkívül intenzív az illata, már akkor is érezhető, ha a 0,01 ppbv (0,01 milliárdod térfogatrész) a levegőbeli koncentrációja.

a) *Mi a geozmin képlete?*

- b) *Hozzávetőleg hány geozminmolekula jut be a tüdőnkbe egy lélegzetvétellel 25 °C-on és légköri nyomáson akkor, amikor már éppen érezzük az illatát?*

Megfigyelték, hogy egyes emberek már akkor érzik az „eső illatát”, amikor még nem is eredt el – a távolban sem. Ezt annak tulajdonítják, hogy a villámlások hatására ózon keletkezik a levegő oxigénjéből, amelynek jellegzetes szagát kb. 0,01 ppmv (0,01 milliomod térfogat-rész) koncentrációnál már érezhetjük.

- c) *10 km² alapterületen legalább hány gramm ózonnak kell képződnie a légkör alsó 1 km-es rétegében, hogy a szagát érezhesük? (Tételezzük fel, hogy az ózon egyenletesen oszlik el a kérdéses légtömegben.)*

(Zagyai Péter)

A12. Az elemek atomtömegét rutinszerűen használjuk a különféle kémiai számításokhoz, és természetesnek vesszük, hogy a periódusos rendszerben vagy kézikönyvben megtaláljuk. De vajon így volt ez a 19. században is? Hogyan mérték meg egyáltalán az atomok tömegét?

Az atomok abszolút tömegét sokkal nehezebb megmérni, mint az egymáshoz viszonyított (relatív) tömegüket. Utóbbi gázok esetén például elvileg elég könnyen megtehették, egy 1811-ben megfogalmazott hipotézis (törvény) alapján.

- a) *Kinek a nevéhez fűződik ez a feltevés és mit mond ki?*
 b) *Hogyan lehet erre alapozva megállapítani két atom tömegének arányát?*

Az oxigén- és a hidrogénatom tömegének arányát ezzel a módszerrel durván 16-nak találták. Pontosabb méréshez azonban nem volt alkalmas az említett törvényen alapuló eljárás, mert kiderült, hogy a törvény nem tökéletesen igaz. Ezért más módszerrel kellett próbálkozni.

Theodore W. Richards (az első amerikai Nobel-díjas, aki éppen a relatív atomtömegek nagyon pontos meghatározásáért kapta az elismerést) egy kísérletsorozatban nagyon pontosan lemért tömegű hidrogént égetett el, és a keletkező víz mennyiségét (tömény kénsavval, ill. szilárd difoszfor-pentoxiddal megkötve) szintén nagyon pontosan meghatározta. Egyik, 1887-ben elvégzett mérésének eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza:

$m(\text{hidrogén}) / \text{g}$	$m(\text{víz}) / \text{g}$
0,4261	3,8253
0,4112	3,6930
0,4197	3,7651
0,4089	3,6709

- c) Akkoriban a hidrogén atomtömegét vették egységnyinek. Mennyinek adódott a mérések alapján az oxigén atomtömege?
- d) Később áttértek egy olyan atomsúlyskálára, amelyben az oxigén atomtömegét definíció szerint 16,00-nak tekintették. Mennyi a mérések alapján a hidrogén atomtömege?

(Zagyai Péter)

A13. Egy étrend-kiegészítő készítmény C-vitamint és cinket tartalmaz, mégpedig tiszta aszkorbinsav és a cink aszkorbinsavval alkotott kristályvizes sója (cink-aszkorbát-monohidrát) formájában. (Az aszkorbinsav egyértékű savként viselkedik.)

A tájékoztató szerint egy tableta C-vitamin-tartalma 1000 mg (aszkorbinsavban kifejezve), cinktartalma pedig 2 mg. (Az 1000 mg aszkorbinsav-tartalom azt jelenti, hogy az aszkorbinsav és az aszkorbátionok össz-anyagmennyisége 1000 mg aszkorbinsavval egyenértékű.)

- a) Hány gramm aszkorbinsavat és hány gramm cink-aszkorbát-monohidrátot tartalmaz egy tableta?

Cinkből a javasolt napi bevitel felnőttek esetén 11 mg, C-vitaminból pedig 45 mg (a WHO ajánlása szerint).

- b) Lehetséges-e a fenti két anyagnak olyan keveréke, amely mind a cink, mind az aszkorbinsav tekintetében pontosan fedezi a napi szükségletet? Ha igen, hány grammot kell tartalmaznia az egyes összetevőkből?
- c) Lehetséges-e a fenti két anyagnak olyan keveréke, amely a cink esetén az ajánlott bevitel 30 %-át, C-vitaminból pedig a 200 %-át tartalmazza? Ha igen, hány grammot kell tartalmaznia az egyes összetevőkből?

(Zagyai Péter)

A14. Valamennyi fém közül az arany nyújtható-hengerelhető a legvékonyabbra. Melegítés nélkül is lehetséges akár 100 nm vastagságú

aranyfilmet előállítani. (Ezt a rácsszerkezetnek és a felületi oxidréteg hiányának tulajdonítják.)

- a) *Elvileg hány m² aranyfólia készíthető egy szabványos, 1000 unci-ás aranyrúdból? (1 nemesfémuncia = 31,1035 g)*

Az elemi arany sűrűsége 19,30 g/cm³, a (szabályos gömbnek tekinthető) aranyatomok a teljes térfogat 74 %-át töltik ki a rácsszerkezetben.

- b) *Ezen adatok felhasználásával számold ki az aranyatom sugarát!*
c) *Hozzávetőleg hány atomnyi vastagságú a 100 nm-esre hengerelt aranyfólia?*

(Zagyai Péter)

A15. A négy (vagy öt) alapíz egyike a keserű. Egy anyag keserűségét számszerűen is lehet jellemezni, pl. úgy, hogy megadjuk, hány-szoros hígításban lehet még érezni a keserű ízt. Az ilyen mérésekben általában néhány tíz fős kóstolócsoport vesz részt.

A vizsgálatokban leggyakrabban használt összehasonlító anyag a közismerten nagyon keserű kinin, amely többek között a tonik ízéért felelős. A kinin egy kétértékű bázis (C₂₀H₂₄O₂N₂). Sokszor valamilyen sóját használják, például a kinin-hidroklorid-dihidrátot (C₂₀H₂₅O₂N₂Cl·2H₂O).

- a) *Anyagmennyiségét tekintve 1,00 mg kinin hány mg kinin-hidroklorid-dihidráttal ekvivalens?*

A keserűségmérésekben általánosan alkalmazott referenciaoldat a következőképpen készül: 0,100 g kinin-hidroklorid-dihidrátot vízben oldanak, és 100 ml-re hígítják. Az így kapott oldatból 5 ml-t 500 ml-re hígítanak. Ebből az oldatból készül egy ún. hígítási sor: 3,6; 3,8 ... 5,8 ml-t vízzel 10 ml-re hígítanak belőle. (Vagyis 14 különböző töménységű oldatot kapnak.) Az emberek nagyobb része a hígítási sor leghígabb tagjánál már éppen érzékeli a keserű ízt, de vannak, akik még a legtöményebbnél sem. Utóbbiakat általában ki is zárják a kísérletből.

- b) *Mekkora az anyagmennyiség-koncentrációja a hígítási sor leghígabb tagjának?*
c) *Vendel szerzett 1 g kinin-hidroklorid-dihidrátot. Hozzávetőleg legfeljebb hány liter vizet tudna vele keserűvé tenni?*

Vannak a kininnél (és sóinál) sokkal keserűbb anyagok is. A ma ismert legkeserűbb anyag is egy só, neve denatónium-szacharinát. Ennek keserű ízét vizes oldatban már 0,01 ppmw (0,01 milliomod tömegrész) koncentrációban is észleljük.

- d) *Hozzávetőleg hányszor keserűbb ez az anyag a kinin-hidroklorid-dihidrátnál?*
- e) *Kb. mekkora tömegű denatónium-szacharinát kellene ahhoz, hogy az egész Balaton érezhetően keserű legyen?*

(Zagyai Péter)

K201. A kálium-klorát (KClO_3) egy meglehetősen veszélyes laboratóriumi vegyszer: hevítés hatására oxigén fejlődése közben bomlik, oxidálható anyagok jelenlétében pedig rendkívül heves reakció játszódhat le, amely robbanásszerű is lehet. Ennek ellenére a sót használják oxigén laboratóriumi előállítására, bár ilyenkor mindig meg kell győződni arról, hogy az anyag oxidálható szennyeződésektől mentes.

Vendel ki akarta számolni, hogy $10,0 \text{ dm}^3$ standard légköri nyomású és $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os oxigéngáz előállításához hány gramm kálium-klorátra van szükség. Utánanézett a szakirodalomban: a kálium-klorát, miután megolvadt, $400 \text{ }^\circ\text{C}$ fölött kezd bomlani kálium-perklorát (KClO_4) és kálium-klorid képződése közben (természetesen oxigén fejlődik emellett).

Megkísérelte felírni és rendezni a reakcióegyenletet, majd ebből kiszámolni a kérdéses tömeget, de egyik sem sikerült, mert egy olyan problémába ütközött, amit különösen érdekesnek talált.

- a) *Mi volt ez a probléma?*

Szerencséjére egy kézikönyvben megtalálta a keresett adatot: ha a hőmérséklet nem emelkedik $500 \text{ }^\circ\text{C}$ fölé, majdnem pontosan 100 g kálium-klorát szükséges a kívánt oxigénmennyiség előállításához. Ennek alapján végre fel tudta írni a bomlás egyenletét.

- b) *Hogyan fest a rendezett egyenlet?*

Azt is kiderítette, hogy magasabb hőmérsékleten harmadannyi kálium-klorát is elegendő ugyanannyi oxigén előállításához.

- c) *Írd fel a magasabb hőmérsékleten végbemenő reakció egyenletét!*

(Zagyai Péter)

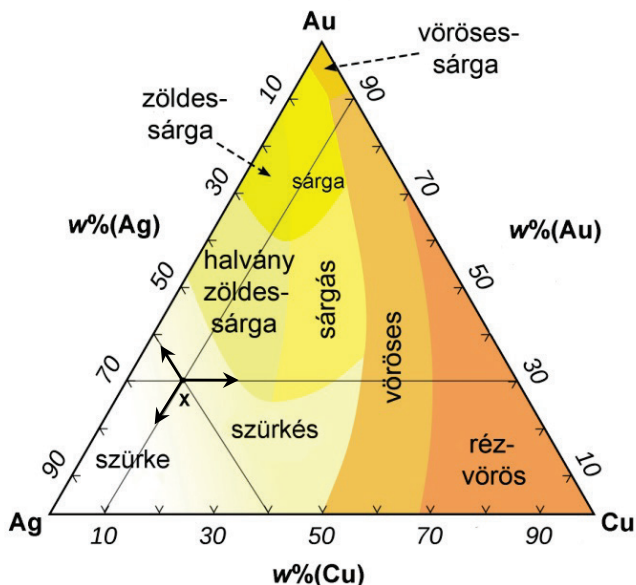
K202. A kinin ($C_{20}H_{24}O_2N_2$) egy nagyon keserű ízű alkaloid, amely máliáriaellenes szerként vált híressé. Terápiás célokra gyakran nem a szabad bázist, hanem annak valamilyen savval alkotott sóját használják. (A kinin kétértékű bázis.) Ilyenkor természetesen fontos tudni, hogy a só bizonyos mennyisége mennyi kininnel egyenértékű.

Egy vízmentes kininsó 1,151 mg-ja 1,000 mg kininnel egyenértékű. Ugyanennek a sónak a kristályvizes formájából 1,207 mg-mal helyettesíthetünk 1,000 mg kinint.

- Melyik savval alkotott sóról van szó?
- Mi a kérdéses sók összegképlete?

(Zagyai Péter)

K203. Az arany-ötvözetek változatos színűek lehetnek. A következő ábrán az arany-ezüst-réz ötvözetek színét ábrázolták. A diagramon minden pont megfelel egy bizonyos összetételnek. Példaként az **X** pont látható, melynek összetételét a berajzolt módon, a nyilak mentén kell leolvasni. Ennek az ötvözetnek az összetétele tehát: 30 tömegszázalék arany, 60 tömegszázalék ezüst és 10 tömegszázalék réz.



- a) Milyen színű az az ötvözet, amely azonos anyagmennyiségben tartalmazza a három fémét?
- b) Milyen színű az a 18 karátos arany-ezüst-réz ötvözet, amely 12,5 tömegszázalék rezet tartalmaz?

További izgalmas színek is létrehozhatók más elemekkel való ötvözéssel. Sötétzöld fémeket kapunk például, ha a $78\text{Au}-16\text{Ag}-6\text{Cu}$ ötvözetet (a számok a fém tömegszázalékát jelentik) összeolvasztjuk a saját tömegének 4 %-át kitevő kadmiummal.

- c) Hány karátos aranyötvözetet kapunk így?
- d) Mi az aranyatomok és a kadmiumatomok számaránya a keletkező ötvözetben?

Különösen érdekesek a kék, ill. lila színű aranyötvözetek. Mindkét esetben ún. intermetallikus vegyületről van szó, amely az összetevőket jól meghatározott, egyszerű sztöchiometriai arányban tartalmazza. A kék ötvözetben 46,2 tömegszázalék, a lilában 78,5 tömegszázalék az aranytartalom. Mindkettőben csak egyetlen másik komponens található. Érdekes módon ezek a periódusos rendszerben egy oszlopban helyezkednek el, és így nem is meglepő, hogy a sztöchiometriai arány is azonos a két vegyület esetén.

- e) Mi lehet a két ötvöző fém, és mi a vegyületek képlete?

(Zagyai Péter)

K204. A következő táblázatban a nemesgázok $0,00\text{ °C}$ -on és $101,3\text{ kPa}$ nyomáson mért sűrűségét és moláris tömegét találjuk.

	He	Ne	Ar	Kr	Xe
$\rho / \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	0,17847	0,9000	1,7839	3,7493	5,8971
$M / \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	4,0026	20,1797	39,948	83,798	131,293

- a) Melyik nemesgáz esetén tapasztalható a legnagyobb eltérés az általános gáztörvénytől?

A gázok viselkedését az ideális gáztörvénynél pontosabban írja le a van der Waals-féle állapotegyenlet, amelynek alakja a következő:

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right) \cdot (V - nb) = nRT$$

Az összefüggésben szereplő a és b anyagi minőségtől függő konstans.

- b) $0,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on milyen nyomáson lenne a xenon sűrűsége $5,8971\text{ kg/m}^3$ az ideális gáztörvény alapján számolva?
- c) $0,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on milyen nyomáson lenne a xenon sűrűsége $5,8971\text{ kg/m}^3$ a van der Waals-állapotegyenlet alapján számolva? A xenonra vonatkozó van der Waals-állandók:
 $a = 4,192\text{ bar}\cdot\text{dm}^6\cdot\text{mol}^{-2}$; $b = 0,05156\text{ dm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$

Az alábbi táblázatban a xenongáz kísérletileg meghatározott sűrűsége szerepel több különböző hőmérsékleten és nyomáson.

- d) Számítással állapítsd meg, hogy milyen körülmények között számíthatunk a legnagyobb, ill. a legkisebb eltérésre az ideális gáztörvénytől!

p / MPa	T / K	$\rho / \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
0,1000	200,00	8,030
0,1000	725,00	2,180
0,5000	300,00	27,01
0,5000	360,00	22,26
2,000	300,00	118,36
2,000	725,00	43,62
6,000	360,00	326,36
6,000	725,00	131,21

(Zagyai Péter)

K205. A víz elemeire bontását nem csak elektromos árammal lehet megvalósítani. Gyakran alkalmaznak olyan körfolyamatokat, amelyekben gyakorlatilag katalizátor segítségével történik meg a vízbontás.

Egy ilyen körfolyamat a következő: Az **M** fém egyik oxidja (**A**) magas ($2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli) hőmérsékleten elbomlik oxigénre és egy másik oxidra (**B**). Ez utóbbi $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül reakcióba lép vízzel, hidrogéngáz és **A** keletkezése közben. Mivel visszakaptuk a kiindulási anyagot, a ciklus kezdődhet elölről.

Tudjuk, hogy $1,00\text{ g}$ **A**-ból $46,5\text{ mg}$ oxigén, 1 mol **B**-ből pedig 1 mol hidrogén keletkezik.

- a) Határozd meg a körfolyamatban szereplő oxidok képletét!
- b) Írd fel a lejátszódó reakciók egyenletét!

(Zagyai Péter)

H201. A Bergengóciai Nemzeti Oktatási Hivatal 2012. évi kémiaversenyén az egyik feladat megoldásába súlyos hiba csúszott. Az ifjúság okulásá érdekében közöljük a feladatot és a megoldókulcsot is:

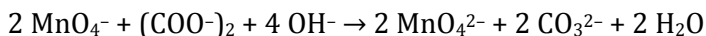
Feladat:

A feladatban kálium-permanganáttal oxidálunk, de a szokásos, erősen savas közeg helyett lúgos közeget alkalmazunk. Ilyenkor a permanganátion az oxidáció során az élénkzöld színű manganátionná (MnO_4^{2-}) redukálódik. A manganátion savas közegben a permanganátionhoz hasonló, erős oxidálószer, az oxidáció során Mn^{2+} ionná alakul.

Egy ismeretlen mennyiségű oxálsavat tartalmazó mintát lúgos közegben reagáltatunk $10,00 \text{ cm}^3$ $0,040 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KMnO_4 -oldattal. A reakció lezajlását követően az oldatot megsavanyítjuk, és feleslegben vett KI-t adunk hozzá. A keletkezett jódot $4,90 \text{ cm}^3$ $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-tioszulfát-oldattal mérjük. Mennyi oxálsavat tartalmazott a kiindulási mintánk?

Hivatalos megoldás:

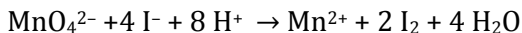
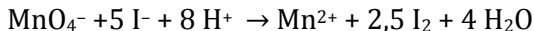
Lúgos közegben a permanganátionok manganátionok (MnO_4^{2-}) képződése közben oxidálják az oxálsavat:



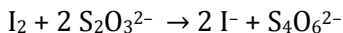
A kiindulási minta x anyagmennyiségű oxálsavat tartalmazott.

A permanganátoldat $0,400 \text{ mmol MnO}_4^-$ -t tartalmazott.

Az oxálsav "elfogyasztott" $0,400 \text{ mmol}-2x$ anyagmennyiségű MnO_4^- -t, és keletkezett $2x$ anyagmennyiségű MnO_4^{2-} . A kétféle ion az alábbiak szerint reagál I⁻-nal savas közegben:



A reakció során tehát $2,5(0,400 \text{ mmol}-2x) + 2 \cdot 2x$ anyagmennyiségű I_2 keletkezik, melyet az alábbi egyenlet szerint fele ennyi tioszulfáttal mér, melynek anyagmennyisége $4,9 \cdot 0,1000 \text{ mmol}$.



$$2[2,5(0,400 \text{ mmol}-2x) + 2 \cdot 2x] = 4,9 \cdot 0,1000 \text{ mmol}$$

Az egyenletet x -re megoldva: $x = 0,755 \text{ mmol}$, azaz $0,755 \text{ mmol}$ oxálsavat tartalmazott a minta.

Mint említettük, a kiadott megoldás súlyos elvi hibát tartalmaz (azaz nem egyszerű elírást vagy hibás együtthatót, a felírt kémiai egyenletek is helyesek).

- a) *Mi a hiba a fenti megoldásban? Mi a helyes végeredmény?*
- b) *Amikor megsavanyítjuk a manganátoldatot, pezsgést tapasztalunk. Mi ennek az oka?*

(Kóczán György)

H202. A laboratóriumban egy szervesetlen anyagot próbáltunk meghatározni a klasszikus minőségi analitika módszereivel. Az egy kationt és egy aniont tartalmazó anyag vizes oldatáról a kísérletek alapján az alábbiakat tudjuk:

1. Az oldat színtelen.
2. Kémhatása savas.
3. Nátrium-hidroxid-oldattal fehér csapadék vált le, amely a reagens feleslegében feloldódott.
4. Nátrium-szulfid-oldattal fehér csapadék keletkezett.
5. A lángfestés téglavörös.
6. Az ammóniaoldat hatására levált fehér csapadék a reagens feleslegében oldódott.
7. Tömény salétromsavval nem volt észlelhető változás.
8. Bárium-klorid-oldattal fehér csapadék képződött, mely 20%-os sósavban nem oldódott.
9. Ezüst-nitrát-oldattal sárga csapadék kiválását láttuk.
10. Ólom(II)-acetát-oldat hatására fekete csapadék vált le.

A meghatározást nagyban nehezíti, hogy a laboratóriumban nem mindig úgy történnek a reakciók, ahogy a szakkönyvek szerint kellene. Még egyszer megpróbálva a kísérleteket, kiderült, hogy a tíz észlelet közül három hibás volt.

- a) *Ennek figyelembevételével határozd meg az ismeretlen vegyületet!*
- b) *Magyarázd meg a helyes tapasztalatokat (igaz állítások), ahol lehet, reakcióegyenlettel!*
- c) *Mi lett volna a várható tapasztalat a hamis állítások esetében?*

(Kiss Andrea)

H203. A hidrogén-peroxid a vízhez hasonlóan képes beépülni bizonyos szilárd anyagok kristályrácsába, és ily módon sztöchiometrikus összetételű vegyületek képződnek. Ezeknek az anyagoknak – melyeket leginkább oxidáló-, fertőtlenítő- vagy fehéritőszerként alkalmaznak – a gyakorlatban nagy előnye, hogy szilárd halmazállapotban tartalmazzák a hidrogén-peroxidot.

A bennük található –1-es oxidációs számú oxigént általában aktív oxigénnek nevezik, hiszen ez viselkedik oxidálószerként. Az aktív oxigéntartalmat tömegszázalékban szokták megadni.

Az alábbiakban három ilyen, kristály-hidrogén-peroxidot tartalmazó anyag, „peroxihidrát” összegképletét kell meghatároznod.

- Richter Gedeon, magyar gyógyszerész nagy sikert aratott találmánya a Hyperol, amely a karbamid peroxihidrátja, aktív oxigéntartalma 34,01 tömegszázalék.
- Klórmentes fehéritőszerek gyakori összetevőjében 30,57 tömegszázalék az aktív oxigéntartalom. A vegyület teljes oxigéntartalma 61,14 tömegszázalék, ezen kívül 29,28 tömegszázalék nátriumot és még két további elemet tartalmaz.
- A harmadik anyag aktív oxigéntartalma 65,74 tömegszázalék, amely megegyezik a teljes oxigéntartalommal. Az oxigéneken kívül 2,77 tömegszázalék hidrogént és egy fémet tartalmaz.

Állapítsd meg a fenti három vegyület összegképletét!

(Zagyai Péter)

H204. Az **A** szerves vegyület és az **M** átmenetifémmel alkotott komplexének viselkedését vizsgáljuk víz / szerves oldószer kétfázisú rendszerben. Tudjuk, hogy **A** vegyület mind a szerves, mind a vizes fázisban oldódik. A szerves fázisban izomerizálódik, és egyensúlyi folyamatban 2 mól **A**-ból 1 mól **L** keletkezik. **L** nem oldódik vízben.

Vizes fázisban **M** és **A** komplexet alkotnak, melyben **M** koordinációs száma 2. A komplex mindkét fázisban oldódik, de a szerves fázisban egyensúlyi reakcióban **MA**₂ átalakul **ML**-lé, ami vízben nem oldódik. A szabad fémion a szerves fázisban nem mutatható ki.

Az oldatok koncentrációviszonyait fényelnyelésük tanulmányozása révén lehet a legkönnyebben felderíteni (Ld. KÖKÉL 2009/5.).

10,00 cm³ 0,1000 mol/dm³ koncentrációjú vizes fémionoldatot elegyítünk 10,00 cm³ 0,2000 mol/dm³ vizes **A**-oldattal, majd összerázzuk

20,00 cm³ vízzel nem elegendő szerves oldószerrel. Az egyensúly beállta után kapott vizes oldatnak két különböző hullámhosszon megmérjük az abszorbanciáját.

$\lambda = 430 \text{ nm}$: $A = 0,766$;

Az abszorpciós koefficiensek 430 nm-en:

$\varepsilon(\mathbf{M}) = 23,0 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$; $\varepsilon(\mathbf{MA}_2) = 1,02 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, $\varepsilon(\mathbf{A}) = 0$;

$\lambda = 600 \text{ nm}$: $A = 0,900$;

Az abszorpciós koefficiensek 600 nm-en:

$\varepsilon(\mathbf{M}) = 0,110 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$; $\varepsilon(\mathbf{MA}_2) = 55000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, $\varepsilon(\mathbf{A}) = 0$;

a követta hossza: 1,00 cm

A megoszlási állandók: $K_D(\mathbf{A}) = 400,0$; $K_D(\mathbf{MA}_2) = 1000$;

A komplex stabilitási állandója a vizes fázisban: $K_{st}(\mathbf{MA}_2) = 1,000 \cdot 10^5$.

a) Mennyi a következő folyamat egyensúlyi állandója? $2 \mathbf{A} \rightleftharpoons \mathbf{L}$

b) Mennyi a következő folyamat egyensúlyi állandója? $\mathbf{MA}_2 \rightleftharpoons \mathbf{ML}$

(Varga Szilárd)

H205. Egy porminta NaHSO₃-ot, Na₂SO₃-ot és NaCl-ot tartalmaz. 5,022 g szilárd anyagból 100,0 cm³ törzsoldatot készítünk (**A** oldat). Az **A** oldatból 1,00 cm³-t veszünk ki, majd térfogatát 50 cm³-re egészítjük ki (**B** oldat). A **B** oldatot brómozzuk, majd a bróm feleslegét kiforraljuk. Az elpárolgott vizet pótoljuk. Az így kapott **C** oldathoz 1-2 csepp metilvörös indikátort adunk és 0,1 mol/dm³-es ($f = 0,985$) NaOH-mérőoldattal titráljuk. A fogyás 7,11 cm³. Egy ugyanígy előállított **C** oldathoz Ba(NO₃)₂-oldatot adunk, a leváló csapadékot szűrjük és szárítjuk. A csapadék tömege 0,0699 g.

a) Mi a porminta tömegszázalékos összetétele?

b) Mennyi az **A** oldat pH-ja?

Kénessav: $K_{s1} = 1,70 \cdot 10^{-2}$; $K_{s2} = 5,00 \cdot 10^{-6}$

(Varga Szilárd)

Megoldások

A1. a) Erre a feladatrészre a legtöbb helyes magyar szót (46 db-ot) Tihanyi Áron találta, ez a megoldás érte a maximális 5 pontot, ezt követően a további megoldásokra a pontszám a szavak számának függvényében lineárisan változott. A beküldött megoldások közül a leghosszabb szavak: RaKNi, BeFON, LuSTa, LiSTa, LaPOs, LaTiN, KErEs.

b) Erre a részre szintén Tihanyi Áron küldte be a legtöbb helyes magyar szót (100 db-ot), a pontozás ennek megfelelően a fentiekhez hasonlóan alakult. A leghosszabb helyes szavak: KAmErUN, KAmION, KUPON, KAtION, LiGeTeS.

A feladatra szép megoldást küldött be Ács Júlia, Baczi Levente és Tihanyi Áron. Megoldásként azokat a szavakat, melyek esetén az ékezetek hiányoztak (pl. SiP), valamint külföldi márkanéveket, nemzetközi rövidítéseket, szavak „becézett” alakját (pl.: ArI, mint aranyos becézve), illetve csak önmagában álló vegyjeleket nem fogadtunk el. Gyakori hiba volt a szigorúan monoton növekedés feltételének figyelmen kívül hagyása, első-sorban az a) feladatrész esetén.

(Vörös Tamás)

A2. a) A feladat megoldása során a szamáriumra és a kobaltra az alábbi relatív atomtömegeket használjuk: $A_r(\text{Sm}) = 150,36$; $A_r(\text{Co}) = 58,93$

A második típusú ötvözet szamáriumtartalma 23,1 m/m% . Tekintsünk 100 g ötvözetet!

	tömeg	anyagmennyiség	arány
	100 g ötvözetben		
Sm	23,1 g	$\frac{23,1}{150,36} \text{ mol} = 0,15363 \text{ mol}$	2
Co	$(100 - 23,1) \text{ g} = 76,9 \text{ g}$	$\frac{76,9}{58,93} \text{ mol} = 1,3049 \text{ mol}$	17

Megállapíthatjuk, hogy az atomok számaránya a második típusú ötvözetben $\text{Co} : \text{Sm} = 17 : 2$.

b) A feladat szövege szerint 1:5 típusú ötvözetből szeretnénk 2:17 típusú ötvözetet előállítani. Az 1:5 típusú ötvözetet tulajdonképpen fel-foghatjuk 2:10 típusúnak is, így megállapítható, hogy ehhez az ötvözet-hez Co adagolása szükséges a kívánt összetétel érdekében.

Első lépésként számítsuk ki, hogy 100 g 1:5 típusú ötvözetben milyen anyagmennyiségben található meg a két fém! Legyen a samárium anyagmennyisége x , a kobalté $5x$! Ekkor felírható:

$$x \cdot M_{\text{Sm}} + 5x \cdot M_{\text{Co}} = 100 \text{ g}$$

Ebből $x = 0,2247 \text{ mol}$, azaz $n_{\text{Sm}} = 0,2247 \text{ mol}$, $n_{\text{Co}} = 1,1235 \text{ mol}$

A 2:17-es arány eléréséhez szükséges kobalt anyagmennyisége:

$$n_{\text{Co}} = 0,2247 \text{ mol} \cdot 17 = 1,91 \text{ mol}$$

A hiányzó kobalt anyagmennyisége és tömege tehát:

$$n_{\text{Co}} = 1,91 \text{ mol} - 1,1235 \text{ mol} = 0,7865 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Co}} = 0,7865 \text{ mol} \cdot 58,93 \text{ g/mol} = 46,35 \text{ g}$$

100 g 1:5 típusú ötvözethez tehát 46,35 g kobalt adagolásával elérhet-jük a 2:17 típusú ötvözet összetételét.

A feladat pontátlaga 7,7 pont volt. Nagyon sok hibátlan megoldás érke-zett. A leggyakoribb hiba az volt, hogy a megoldók 100 g 2:17 típusú ötvözet összetételét számították ki a b) részben, pedig a kérdés az ötvö-zetek egymásba alakítására vonatkozott.

(Pós Eszter Sarolta)

A3. a) A kokain összegképlete $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$, moláris tömege 303 g/mol. Koncentrációja a Temzében 4 ng/l, amely $4 \cdot 10^{-9} \text{ g/dm}^3$ -nek felel meg. 1 cm^3 vízben így $4 \cdot 10^{-12} \text{ g}$ kokain van, ami $1,32 \cdot 10^{-14} \text{ mol}$, ez pedig $1,32 \cdot 10^{-14} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 7,92 \cdot 10^9$ darab molekulát jelent.

b) Egy nap – $8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$ – alatt $65 \cdot 8,64 \cdot 10^4 = 5,616 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Temze-víz folyik a tengerbe. 1 m^3 vízben $4 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ kokain van, és ez azt jelenti, hogy egy nap alatt $5,616 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 22,5 \text{ g}$ kokain kerül a Temzéből a ten-gerbe.

A megoldások kétharmada teljes pontértékű. A pontszámok átlaga 8,98. A hibák nagy része figyelmetlenségből adódott.

(Babinszki Bence)

A4. $4 \text{ dl} = 0,4 \text{ l}$, ennek $14,0 \text{ V/V}\%$ -a $0,056 \text{ l}$, azaz 56 cm^3 . Ennek tömege kiszámolható, felhasználva a megadott sűrűség értéket ($0,789 \text{ g/cm}^3$). Tehát

$$m_{\text{elfogyasztott alkohol}} = 44,2 \text{ g}$$

5 l vér 5000 ml . Mivel a véralkoholszint mg/ml -ben adja meg a vér alkoholtartalmát, ezért a személy vérében 2 órával a fogyasztás után $5000 \text{ ml} \cdot 0,66 \text{ mg/ml} = 3300 \text{ mg}$ alkohol található. Azaz

$$m_{\text{mért alkohol}} = 3,3 \text{ g}$$

$$m_{\text{mért alkohol}} / m_{\text{elfogyasztott alkohol}} = 3,3 \text{ g} / 44,2 \text{ g} = 0,0747$$

Tehát a mérés pillanatában az elfogyasztott alkohol $7,47\%$ -a volt jelen az illető vérében.

A feladatra érkezett megoldások kétharmada volt hibátlan. Az átlag-pontszám 8,9.

(Bacsó András)

A5. a) Az AuCl_3 moláris tömege $M = 303,3 \text{ g/mol}$. 5 g AuCl_3 anyagmennyisége $n = 0,01648 \text{ mol}$, ebben $3,247 \text{ g}$ arany van.

Ebből kiszámolható, hogy ha az aranyat AuCl_3 -ből állítaná elő Vendel, annak kilogrammonkénti ára $74,6$ millió Ft lenne.

$$1 \text{ uncia} = 31,1035 \text{ g}$$

$$1 \text{ kg} = 32,151 \text{ uncia}$$

1 kg arany világgpiaci ára aznap tehát $10,8$ millió Ft volt. Vendelnek módszere tehát nem fog működni, mivel lényegesen drágább előállítania az aranyat arany-kloridból, mint megvenni világgpiaci áron.

b) A NaCl moláris tömege: $M = 58,44 \text{ g/mol}$. 1 kg konyhasó anyagmennyisége $n = 17,1 \text{ mol}$, ebben $393,4 \text{ g}$ nátrium van.

Ha 100 Ft -ba kerül 1 kg konyhasó, akkor a belőle előállított Na kilogrammonkénti ára (nem számolva semmilyen más költséggel) 254 Ft lenne.

A vegyszerforgalmazótól rendelt Na kilogrammonkénti ára $313\,500 \text{ Ft}$. Látható, hogy míg NaCl -ből lehet kifizetődő nátriumot előállítani, addig AuCl_3 -ből nem éri meg aranyat gyártani (a nátrium olcsóbb konyhasó formájában, míg az arany drágább AuCl_3 formájában). Ennek oka, hogy a nátrium nem fordul elő elemi állapotban a természetben, ezért az

elemi nátrium előállításához energiát (azaz pénzt) kell befektetni, míg az arany a természetben gyakorlatilag csak elemi állapotban fordul elő, itt az arany vegyületeinek előállításához kell energiát befektetni. (A konyhasó továbbá nem tiszta nátrium-klorid, így a szennyezések elválasztása is költséget jelent.)

c) Arany több módon is előállítható AuCl_3 -ból: a só oldatának elektrolízisével, kisebb elektronegativitású fémekkel történő redukcióval, egyéb redukálószerrel, pl. kén-dioxid felhasználásával.

Az arany mérése során használt uncia grammra történő átváltása az a) pontban foglaltak szerint történik, de elfogadtam azokat a megoldásokat is, melyben 1 unciát 28,3495 g-nak vett a beküldő. Ez utóbbi az angol-szász országokban használt unciának felel meg.

(Najbauer Eszter Éva)

K191. a) Azon túl, hogy az emberi test nyilvánvalóan képtelen olyan mennyiségű gázt magába szívni, hogy lebegjen, képzeljük el hogy a nagybácsi esetleg képes rá. Ekkor a fizika törvényeinek megfelelően akkor lesz képes a lebegésre, ha az átlagsűrűsége azonos lesz a közeg sűrűségével. Jelen esetünkben a közeget a levegő jelenti. Azonban ha megnézzük azt, hogy mi a nagybácsi által beszívott nevetőgáz, láthatjuk, hogy e gáz segítségével képtelenség ezt elérni. Ugyanis a gáz dinitrogén-oxid, melynek moláris tömege 44 g/mol, ami tehát nagyobb sűrűségű az azonos állapotú levegőnél. A test sűrűsége is nagyobb annál, így nyilvánvalóan nem érhető el a kívánt sűrűségegyenlőség. Emiatt képtelenség az állítás.

b) Ahhoz, hogy esetleg lebegjen igen könnyű, de legalábbis 29 g/mol-nál kisebb moláris tömegű gázra van szükség. Az előbbieket alapján:

$$\rho_{\text{levegő}} = \rho_{\text{bácsi}}$$

Legyen a belélegzett gáz anyagmennyisége n , térfogata V ($V = nV_M$), moláris tömege M , a nagybácsi saját tömege m_s , saját térfogata (leeresztve) V_s !

$$\rho_{\text{levegő}} = \frac{m_s + nM}{V_s + nV_M}$$

Ebből megkapjuk a keresett térfogatot:

$$V = \frac{m_s \cdot V_M - M_{\text{levegő}} \cdot V_s}{M_{\text{levegő}} - M}$$

Ahol a V_m a moláris térfogat, $V_m = RT/p$.

Az egyszerűség kedvéért tekintsük azt az esetet, hogy az a terület ahol a nagybácsi lebeg, így a beszívott gáz is testhőmérsékletű (36 °C, 309 K). Ekkor $V_M = 0,0254 \text{ m}^3/\text{mol}$. Így különböző gázok esetén a beszívandó térfogat:

	V / m^3
H ₂	65,8
He	71,0
CH ₄	136,6
NH ₃	148
Ne	197,3
N ₂	1776

A feladat sokaknak megmozgatta a fantáziáját. A pontátlag 7,82 pont.

(Érsek Gábor)

K192. a) A feladat szövegében szereplő határok megállapításához vizsgáljuk meg, hogy az egyes moláris tömegekhez milyen izotópeloszlások tartoznak. Így $M(\text{Cu})=63,543 \text{ g/mol}$ esetén:

$$63,543 = 62,9295975x + 64,9277895 - 64,9288895x$$

melyből $x = 0,69002$ adódik.

A másik esetben $M(\text{Cu}) = 63,549 \text{ g/mol}$ esetén:

$$63,549 = 62,9295975x + 64,9277895 - 64,9288895x$$

melyből $x = 0,69302$ adódik.

Tehát a ⁶³Cu előfordulási aránya 69,0 és 69,3 mol% között változik.

b) A kapott réztárgy tömegét szintén a moláristömeg-intervallum két széle alapján becsülhetjük. A 63,543 g/mol-lal számolva 1 mol réz 34,614 mol, míg 63,549 g/mol-t használva 34,620 mol neutron tartalmaz. Ez alapján:

$$m(\text{tárgy})_1 = 15 \cdot 63,543 / 34,614 = 27,536 \text{ g}$$

$$m(\text{tárgy})_2 = 15 \cdot 63,549 / 34,620 = 27,533 \text{ g}$$

Tehát Vendel réztárgyának tömege 27,533 g és 27,536 g közé esik.

A feladatra érkezett megoldások pontátlaga 6,81 pont volt. Nagyon gyakori hiba volt, hogy a feladatmegoldók nem az izotópkeverék rézzel számoltak a feladat b) részében.

(Érsek Gábor)

K193. a) Legyen x a répacukoroldat tömegtörtje.

Adott x tömegtörttel jellemezhető oldatban 1000 g víz mellett feloldott répacukor tömege:

$$m_{\text{répacukor}} = \frac{1000 \cdot x}{1 - x}$$

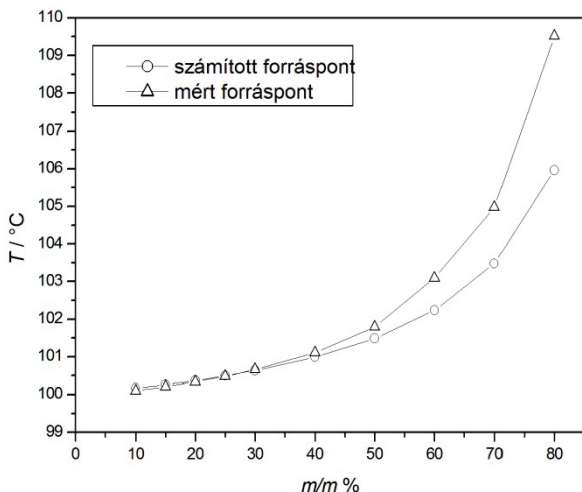
A répacukor anyagmennyisége: $n_{\text{répacukor}} = m_{\text{répacukor}} / M_{\text{répacukor}}$.

A forráspont-emelkedés 1000 g vízre vonatkoztatva $\Delta T_m = 0,51 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ez alapján:

$$T_{\text{számított}} = (100 + 0,51 \cdot n_{\text{répacukor}}) \text{ }^\circ\text{C}$$

$m/m \%$	$T_{\text{számított}} / \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{mért}} / \text{ }^\circ\text{C}$
10	100,17	100,10
15	100,26	100,21
20	100,37	100,34
25	100,50	100,48
30	100,64	100,66
40	100,99	101,11
50	101,49	101,79
60	102,23	103,09
70	103,48	104,98
80	105,96	109,52



b) A forráspont-emelkedés az ún. kolligatív sajátságok közé tartozik, vagyis jellemző rá, hogy független az oldott anyag anyagi minőségétől, egyedül az oldott részecskék számától függ. A NaCl és a CaCl₂ ionrácsos anyagok, ezért a forráspont-emelkedés számításánál, akkor kaphatunk a méréseket jól közelítő eredményt, ha a só anyagmennyisége helyett az ionok összes anyagmennyiségével számolunk. Ezt szemléltetik az alábbi táblázatok. (A $T_{\text{számított}}$ a só anyagmennyiségét, míg a T_{ion} az ionok össz-anyagmennyiségét figyelembe vevő számított értéket jelenti.)

NaCl esetén :

$m/m \%$	$T_{\text{számított}} / ^\circ\text{C}$	$T_{\text{mért}} / ^\circ\text{C}$	$T_{\text{ion}} / ^\circ\text{C}$
9,53	100,92	101,81	101,84
12,3	101,22	102,50	102,45

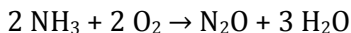
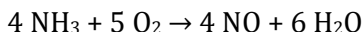
CaCl₂ esetén:

$m/m \%$	$T_{\text{számított}} / ^\circ\text{C}$	$T_{\text{mért}} / ^\circ\text{C}$	$T_{\text{ion}} / ^\circ\text{C}$
10,1	100,52	101,6	101,55
15	100,81	102,5	102,43

Sokan nem vették észre, hogy a feladat kiírásában répacukor szerepel, és a feladatot a szőlőcukor moláris tömegével számolva oldották meg. A másik gyakori hiba, hogy a megadott $0,51\text{ }^\circ\text{C/mol}$ forráspont-emelkedés 1000 g vízre és nem 1000 g oldatra vonatkozik.

(Dénes Nóra)

K194. a) Az ammónia az alábbi egyenletek szerint oxidálódik a szintézis körülményei mellett:



b) A gázokat ideálisnak tekintve elmondható, hogy az $n/n\%$ -os összetételük megegyezik a $V/V\%$ -os összetétellel. A kiindulási elegy anyagmennyiségét tekintsük 100 mol -nak. Az alábbiak szerint kiszámíthatjuk az elegy összetételét:

$$n(\text{NH}_3) = 9,6 \text{ mol}$$

$$n(\text{levegő}) = (100 - 9,6) \text{ mol} = 90,4 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ar}) = 0,01 \cdot 90,4 = 0,904 \text{ mol}$$

$$n(\text{N}_2) = 0,78 \cdot 90,4 = 70,512 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,21 \cdot 90,4 = 18,984 \text{ mol}$$

Kihasználjuk, hogy a nemesgázok nem reaktívak, tehát az argon anyagmennyisége biztosan nem változott meg a reakció során. Így mondhatjuk, hogy a végső gázelegyben is $0,904\text{ mol}$ Ar volt. Azt is tudjuk, hogy az Ar a végső gázelegy $0,8837\%$ -át alkotta, ebből meghatározható a végső gázelegy anyagmennyisége.

$$n_{\text{végső gázelegy}} = \frac{0,904}{0,8837} \text{ mol} = 102,297 \text{ mol}$$

A feladatból ismert a végső gázelegy $V/V\%$ -os összetétele, így kiszámíthatjuk, hogy a végső gázelegyben melyik alkotó milyen anyagmennyiségben szerepel:

$$n(\text{NH}_3) = 0,160 \text{ mol}$$

$$n(\text{N}_2\text{O}) = 0,120 \text{ mol}$$

$$n(\text{NO}) = 8,907 \text{ mol}$$

$$n(\text{N}_2) = 70,657 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,21 \cdot 90,4 = 7,390 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,21 \cdot 90,4 = 14,158 \text{ mol}$$

A reakció főterméke a NO, így a b) kérdés arra vonatkozik, hogy az ammóniának hányad része alakult át NO-gázzá. Az a)-ban felírt egyenletek sztöchiometriája alapján megállapítható, hogy 1 mol NH_3 -gázból 1 mol NO gáz keletkezik, így tehát a keletkező 8,907 mol NO-gáz 8,907 mol NH_3 -ből keletkezett. Az elreagált gáz anyagmennyiségét elosztva a kiindulási anyagmennyiséggel megkaphatjuk az eredményt:

$$\frac{8,907 \text{ mol}}{9,6 \text{ mol}} \cdot 100 = 92,78$$

Az ammóniának tehát a 92,78 %-a alakult át a főtermék NO gázzá.

c) Az ammónia anyagmennyiségeit tekintve azt látjuk, hogy az ammóniának egy kis része valamilyen más úton kellett, hogy elreagáljon.

$$n(\text{NH}_3, \text{maradt}) = 0,160 \text{ mol}$$

$$n(\text{NH}_3, \text{elreagált}) = (9,6 - 0,160) \text{ mol} = 9,44 \text{ mol}$$

$$n(\text{NH}_3, \text{NO-vá és N}_2\text{O-vá}) = (8,907 + 0,120 \cdot 2) \text{ mol} = 9,147 \text{ mol}$$

$$n(\text{NH}_3, \text{más úton elreagált}) = (9,44 - 9,147) \text{ mol} = 0,293 \text{ mol}$$

Ugyanakkor azt is észrevehetjük, hogy a végső gázelegyben több N_2 -gáz van, mint a kiindulásiban:

$$n_{\text{N}_2, \text{többlet}} = (70,657 - 70,512) \text{ mol} = 0,145 \text{ mol}$$

Valamint vízgőzből is több van a végső gázelegyben, mint azt az a) pont reakcióegyenletei alapján várnánk:

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{többlet}} = \left(14,158 - \left(8,907 \cdot \frac{3}{2} + 0,120 \cdot 3 \right) \right) \text{ mol} = 0,438 \text{ mol}$$

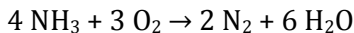
O_2 -gázból viszont kevesebb van a végső gázelegyben, mint várnánk, így ennek is valamilyen úton el kellett reagálnia:

$$n_{\text{O}_2, \text{hiány}} = \left(11,594 - \left(8,907 \cdot \frac{5}{4} + 0,120 \cdot 2 \right) \right) \text{ mol} = 0,220 \text{ mol}$$

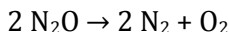
Az elvárástól eltérő mennyiségű gázok anyagmennyiségi arányait összehasonlítva kapjuk, hogy:

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{többlet}} : n_{\text{O}_2, \text{hiány}} : n_{\text{N}_2, \text{többlet}} : n_{\text{NH}_3, \text{más úton elreagált}} = 6 : 3 : 2 : 4$$

A lejátszódó reakció egyenlete tehát az ammónia oxidációja nitrogén-né:



Megjegyzendő, hogy az eredmények úgy is értelmezhetők, ha nem az ammónia más úton történő oxidációját, hanem a dinitrogén-oxid részleges bomlását tételezzük fel:



A feladat pontátlagosa 5,6 pont volt. A leggyakoribb hiba az volt, hogy a megoldók nem vették figyelembe, hogy az égetés során megváltozik a gázelegy térfogata, hiszen a főtermék kialakulása pl. gáztermelő folyamat. A feladatot sokan nagyon szépen és találékonyan oldották meg. Kiemelkedő megoldást küldött be Baglyas Márton, Olexó Tünde, Pavlovics Dóra és Vörös Zoltán János.

(Pós Eszter Sarolta)

K195. a) A vegyületben 1,000 : 12,91 a nátrium és az alumínium tömegaránya. Ez alapján a mintában az alumínium és a nátrium anyagmennyiség aránya:

$$\frac{n_{\text{Al}}}{n_{\text{Na}}} = \frac{m_{\text{Al}} / M_{\text{Al}}}{m_{\text{Na}} / M_{\text{Na}}} = 11,00$$

Ez alapján a vegyületben az alumínium és a nátrium anyagmennyiség aránya 11,00 : 1,000. Vegyünk annyi vegyületet, melyben 1,000 mol Na^+ van! Ebben 11,00 mol Al^{3+} van, ami mellé ahhoz, hogy az össztöltés 0 legyen, 17,00 mol O^{2-} szükséges. Tehát a nátrium- β -alumínium-oxid idealizált tapasztalati képlete $\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$.

b) Vegyünk 100,0 g mintát! Ebben a feladat adatai alapján 5,57 g Na^+ van. Jelölje a 100,0 g vegyületben lévő Al^{3+} tömegét x , ekkor a 100,0 g vegyületben lévő O^{2-} tömege $(100 \text{ g} - 5,57 \text{ g} - x) = (94,43 \text{ g} - x)$. A töltésmérleget felírva:

$$1 \cdot \frac{5,57 \text{ g}}{M_{\text{Na}}} + 3 \cdot \frac{x}{M_{\text{Al}}} = 2 \cdot \frac{(94,43 \text{ g} - x)}{M_{\text{O}}}$$

Ebből $x = 48,9 \text{ g}$ adódik, azaz 100,0 g vegyületben 48,9 g alumínium van, tehát 48,9 tömegszázalék alumíniumot tartalmaz a minta.

c) Vizsgáljuk meg, hogy mi lenne a b) feladatrészben említett minta tapasztalati képlete! 100,0 g mintában 5,57 g nátrium, 48,9 g alumínium és 45,5 oxigén van, ez alapján kiszámíthatjuk az összetevők anyagmennyiség arányát:

$$n_{\text{Na}} : n_{\text{Al}} : n_{\text{O}} = \frac{5,57 \text{ g}}{22,99 \text{ g/mol}} : \frac{48,9 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} : \frac{45,5 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} =$$

$$= 0,242 : 1,81 : 2,84 = 1,45 : 10,85 : 17,0$$

Tehát az a) feladatrészben kapott képletnek ($\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$) itt a $\text{Na}_{1,45}\text{Al}_{10,85}\text{O}_{17}$ képlet felel meg, azaz a vegyületekből olyan mennyiséget véve, melyben 17,0 mol oxigén van, a b) esetben a 11,0 mol alumíniumból 0,15 mol-t helyettesít nátrium (0,45 mol). Ez alapján az idealizált képlethez képest az alumínium $0,15 \text{ mol} / 11,0 \text{ mol} = 0,0136$ -od része, azaz 1,36 %-a hiányzik.

A pontszámok átlaga 4,80 pont. Hibátlan megoldást küldött be Baglyas Márton, Balbisi Mirjam, Csehók Tímea, Csenki János Tivadar és Olasz Vivien. Gyakori hiba volt a b) feladatrészben annak feltételezése, hogy a minta moláris tömege megegyezik az a) részben említett oxid moláris tömegével; valamint a c) feladatrészben rossz tapasztalati képlettel történő számolás.

(Vörös Tamás)

H191. a) (1) Jelölje M_e az ismeretlen fémet, M pedig a moláris tömegét! A megadott két tömegértékből egyértelműen következik, hogy $m(\text{O}) = 1,76 \text{ g}$. Mivel $M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$, ezért egyszerű arányossággal felírható egy egyenlet az Me_xO_y összetételű oxid alkotóinak tömegarányára:

$$\frac{1,76}{10,00} = \frac{y \cdot 16}{x \cdot M}$$

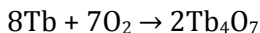
Ebből M -et kifejezve kapjuk, hogy:

$$M = 90,9091 \frac{y}{x}$$

Célszerű számológép segítségével – pl. Excel-táblázatban – x és y lehetséges értékeit próbálgatni, és akkor $x = 4$ és $y = 7$ esetben a fém moláris

tömegére 159,09 g/mol adódik, amely érték kevesebb, mint 0,2 g/mol-lal tér el a *terbium* moláris tömegétől. Az oxigénnel való készséges reakció, valamint a képződő oxid barnásfekete színe alátámasztja és kizárólagossá teszi a megoldást.

A reakcióegyenlet:



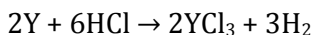
(2) Mivel híg sósavval történt a reakció, ezért mindenképp hidrogén fejlődését várhatjuk. A $pV = nRT$ összefüggésbe behelyettesítve a megfelelő adatokat (a megfelelő mértékegységekkel) kiszámíthatjuk, hogy $n(\text{H}_2) = 0,012$ mol. A fém tömegét ismerjük, már csak azt nem tudjuk, hogy a fém milyen oxidációs állapotot ér el a reakció során. Ismét próbálgatással adódik, hogy +3-as oxidációs számot véve a fém anyagmennyisége 0,008 mol, moláris tömege pedig:

$$M = 0,7113 \text{ g} / 0,008 \text{ mol} = 88,90 \text{ g/mol}$$

Ez nagyon jó közelítéssel az *ittriumé*.

Többen felhívták rá a figyelmet, hogy +4-es oxidációs állapotban éppen az ön moláris tömegét kapjuk, de a sávvall való reakcióban valóban csak SnCl_2 keletkezik, ezért ez nem jó megoldás.

A reakcióegyenlet:



(3) *A harmadik fém meghatározására vonatkozó feladatrészben a szerző és a szerkesztők egy tévedést és egy hibát is ejtettek. Feltételeztük ugyanis, hogy a reakcióban fejlődő etén teljes mértékben kibuborékol a tetrahidrofuránból. Bár tényleg nem oldódik különösebben jól, szakirodalom is alátámasztja, hogy a képződő gáz mérhető mennyisége oldott állapotban marad. Köszönet azoknak a diákoknak, akik felhívták erre a figyelmünket!*

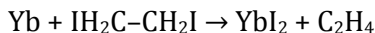
A komoly hiba a megadott százalékos értékben volt. Az etén teljes távozása esetén is az oldat tömege a fém tömegének 162,89, nem pedig 262,89 százalékával csökkent volna. Az így meg nem oldható feladatrészt nem pontoztuk.

A helyes feltételek mellett az alábbi egyenletet írhattuk volna fel:

$$\frac{281,86 \text{ g/mol}}{M} = 1,6289$$

Az egyenletben a 281,86 g/mol az 1,2-dijódetán, M pedig a fém moláris tömege. Így M -re adódik: 173,04 g/mol. Ez az *ytterbium* moláris tömege.

A reakcióegyenlet:



(4) Legyen a fém moláris tömege ismét M , x pedig legyen az oxidációs száma! Ekkor az alábbi egyenlet írható fel a megadott moláristömeg-aránnyal kapcsolatban:

$$\frac{M + x \cdot 79,90}{M + x \cdot 35,45} = 1,4874$$

$x = 3$ esetben kapunk kémiai is értelmes megoldást: $M = 167,24$ g/mol. Ez megint csak jó közelítéssel az *erbium* moláris tömege.

b) A négy fém elnevezésében az a közös, hogy mindegyik Ytterby svéd településről kapta a nevét. Az itt talált ércben sok ritkaföldfémeket fedeztek fel.

Az ittrium és a lantanoidák kémiája nagyon hasonló, így három közös tulajdonságot igazán könnyű találni: pl. jellemzően +3-as oxidációs állapotúak vegyületeikben, reakcióba lépnek vízzel és híg savakkal, valamint melegítés hatására halogénekkal is.

A feladatra érkező megoldások fele volt hibátlan; a pontátlag 6,5 (a maximális 8 pont mellett). A legnagyobb hibát az okozta, hogy egy-egy matematikailag helyes megoldás kémiai helyességét nem ellenőrizték.

(Varga Bence)

H192. *A feladat megoldására a két választott reagens miatt végtelen sok lehetőség van, másrészt a feladat kitűzőjének, Nagy Attilának a megoldása annyira nagyszerűen megalkotott, hogy ezért most mindenképpen ezt a megoldást szeretnénk bemutatni. Választása a $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -ra és a CaC_2 -ra esett. Beismeri, hogy a megoldása ugyan nem teljes, merthogy egyrészt már sokat felejtett a szerves kémiából, másrészt pedig az az érzése támadt, hogy ezt a reakciósort csak abbahagyni lehet, befejezni nem...*

Az alábbi gondolatmenetben végig tartózkodtam olyan katalizátorok alkalmazásától, amelyek reagensimből nem állíthatók elő, azt viszont feltételeztem, hogy van a laboratóriumban hűtőszekrény, tehát jéghez hozzá tudok férni.

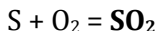
A megadott hat anyag felhasználásával előállítható gázok:

1) KMnO_4 hevítésével oxigénhez juthatunk. Meglepő, de a reakció pontos egyenletét általában nem közlik a tankönyvek, saját vizsgálataim szerint 3 mol permanganátból jó közelítéssel 2 mol oxigén szokott keletkezni, ami valami ilyesfajta egyenlethez vezet:

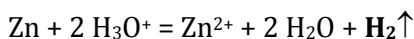


A KÖKÉL 2012/1. számában megjelent K164-es feladat (megoldás a 2012/3-as számban) a bomlási folyamat jelenleg ismert kémiáját tárgyalja.

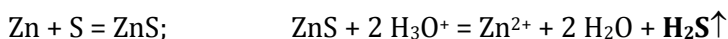
2) Ként tiszta oxigénben elégetve kén-dioxidot kapunk. Ha a termék nem elég tiszta, a gázkeverékből lúggal elnyelethetjük, majd a szulfidból sósavval ismét felszabadíthatjuk.



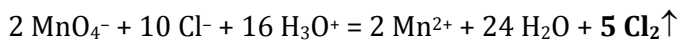
3) Cink reakciója sósavval:



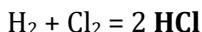
4) A kén-hidrogént kétféleképpen is előállíthatjuk: elemeiből 600°C -on, vagy a Zn és S reakciójában keletkező cink-szulfidból sósavval.



5) Permanganát reakciója tömény sósavval:

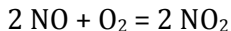
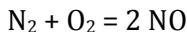


6) A HCl gáz előállítása történhet egyszerűen a tömény oldatból kiforralással, vagy elemi szintézissel is:



7) Nem tartom elfogadhatatlannak, hogy kísérleteinkben felhasználjuk a körülöttünk levő levegőt, hiszen azt nem várhatjuk el, hogy a vegyész vákuumban dolgozzon, és a levegő laboratóriumi felszerelési tárgynak sem tekinthető, amit mi sem bizonyít jobban, mint hogy pl. leltári száma sincs. Zárt térben rezet vagy cinket huzamosabban hevítve, az (előzetesen KOH fölött szárított) levegőből majdnem tiszta, 2 %-nál kevesebb szennyezést tartalmazó N_2 marad vissza.

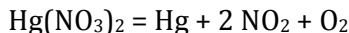
8) Nem kell különlegesen bonyolult felszerelés ahhoz, hogy elektromos szikrákat üttessünk át egy zárt gáztéren (de ha valaki ezt nem tudja elfogadni, akkor ezt a pontot képzeletben törölje). Oxigénnel dúsított levegőben az alábbi reakciók játszódhatnak le, ha az edényben KOH oldat is van:



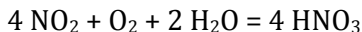
A kísérlet végén az esetleges oxigénfelesleget izzó rézzel nyelethetjük el. A visszamaradó gáz szárítás után majdnem tiszta **Ar**, amely kb. 0,3% egyéb nemesgázt tartalmaz csak. Így állította elő az argont a történelemben először Henry Cavendish jó kétszáz évvel ezelőtt, anélkül, hogy a legcsekélyebb fogalma lett volna a gáz mibenlétéről.

Az első választott reagensem a $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

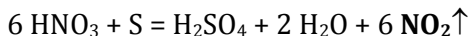
9) A higany-nitrát hevítésre elbomlik:



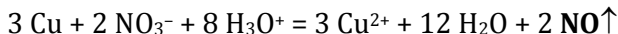
A keletkezett gázokat hűtés után vízbe vezetve salétromsav állítható elő, méghozzá tetszőleges töménységben. A 100 %-os HNO_3 -at a gyakorlatban is így készítik.



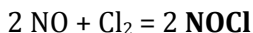
A tömény salétromsavat kénnel reagáltatva az NO_2 mellett kénsavat is előállítunk, amelyet frakcionált desztillációval akár 98%-ig is töményíthetünk.



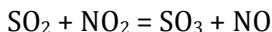
10) A salétromsavat 30 %-osra hígítjuk és rézre öntjük:



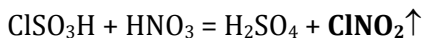
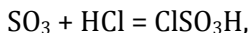
11) A direkt reakcióval előállítható nitrozil-klorid gáz a klórhoz hasonlóan agresszív oxidálószer:



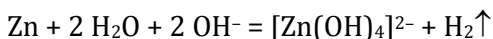
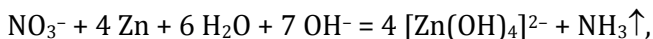
12) A kén-dioxid NO_2 -dal tovább oxidálható, régen erre épült a kénsavgyártás:



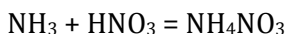
Többek elképzeléseivel ellentétben a kén-trioxid normál körülmények között nem gáz, forráspontja +45 °C, viszont HCl-dal klórszulfonsavat képez és ebből egy újabb gázt tudunk előállítani 100 %-os salétrom-savval:



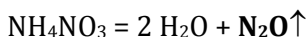
13) A nitrátion lúgos közegben cinkkel ammóniává redukálható, bár a reakció főterméke minden körülmények között a hidrogéngáz:



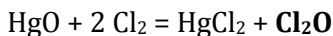
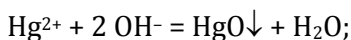
A gázelegyet buborékoltassuk át vizes HNO₃-oldaton! A kapott oldat bepárlásával szilárd ammónium-nitrátot nyerünk. Ebből szilárd KOH-dal melegítve tiszta ammóniát fejleszthetünk.



14) Szilárd ammónium-nitrát óvatos hevítése:



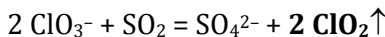
15) A higany(II)-nitrát vizes oldatából lúggal HgO válik le. Ezt leszűrjük, megszárájtjuk és klórral reagáltatjuk. A keletkező klór(I)-oxid vörösesbarna gáz, amely melegítésre vagy szerves anyagokkal érintkezve olykor felrobban. Forráspontja +2 °C, így a gázelegyből pl. jég-KCl keverékkel kondenzálható (-11 °C). (Az utóbbi só előállítása, azt hiszem, értelemszerű.)



16) Ha KOH oldatba klórt vezetünk, diszproporció játszódik le. Forró oldatban a KCl mellett KClO₃ keletkezik, amely hideg vízben nem túl jól oldódik, így az eléggé tömény oldat lehűtésekor kikristályosodik:

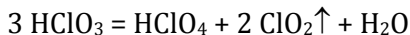


A KClO₃ kénsavval savanyított oldatát kén-dioxiddal szelektíven redukálhatjuk:



A klór-dioxid intenzív sárga színű, hihetetlenül robbanékony gáz.

VIGYÁZAT! Ezt a kísérletet ne végezzétek el, vagy legfeljebb milligrammos méretekben, lehúzott fülkeajtó mögött, védőszemüveget használva! A klór-dioxid gyakran minden látható ok nélkül is hevesen robban. Szilárd kálium-klorátra önmagában is szigorúan tilos savat önteni, sőt még a töményebb vizes klorátoldat savanyítása is veszélyes, mert a keletkező HClO_3 könnyen diszproporcionál:



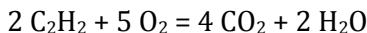
Az ilyenkor fejlődő gáz ugyan Cl_2 -ral és O_2 -nel szennyezett, de attól még nem kevésbé robbanékony.

A második választott reagensem a CaC_2 .

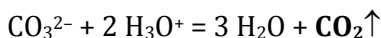
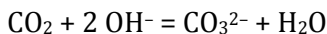
17) Kalcium-karbid reakciója vízzel:



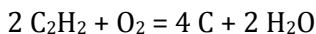
18) Az acetilént oxigénfeleslegben elégetjük:



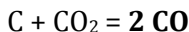
A gázelegyet KOH oldaton vezetjük át, amíg az összes lúg elreagál. Az oldat bepárlásával szilárd K_2CO_3 -ot kapunk (az esetleg jelenlevő KHCO_3 -ot enyhe hevítéssel elbonthatjuk). A karbonátból savval tiszta szén-dioxidot nyerhetünk.



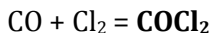
19) Ha az acetilén lángját hűtött felületre irányítjuk, erősen kormoz:



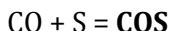
Gyűjtsünk össze a koromból jó sokat, fog még kelleni! Most először hevítés közben szén-dioxiddal reagáltatjuk. Ha az így nyert szén-monoxid túl sok CO_2 -t tartalmaz, KOH oldatos gázmosón átbuborékolatva tisztíthatjuk.



20) A szén-monoxid napfény hatására reagál a klórral, foszgén keletkezése közben. Mivel ennek forráspontja $+8^\circ\text{C}$, könnyen kondenzálható a gázelegyből. A foszgén rendkívül alattomos mérge, szaga nem olyan riasztó, mint pl. a klóré, de már rövid ideig történő belélegzése is tüdővizényőt okoz. Harci gázként is használták.

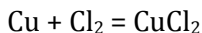


21) A szén-monoxid hevítésre kénnel is reagál, ilyenkor a szintén igen mérgező COS gáz keletkezik:

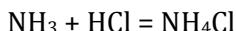
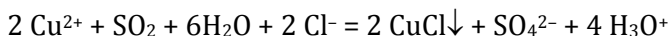


(Itt kell megjegyezni, hogy az elemeiből direkt szintézissel előállítható CS₂ normál körülmények között nem gáz, forráspontja +46 °C.)

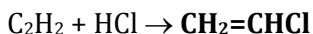
22) Az acetilén dimerizációja vegyes CuCl+NH₄Cl katalizátor jelenlétében hevítés hatására megy végbe. A katalizátorokat természetesen szintén elő tudjuk állítani! A keletkező vinil-acetilén forráspontja +6 °C, így a gázelegyből kondenzálható.



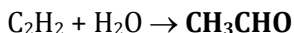
Vizes oldatban:



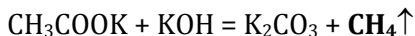
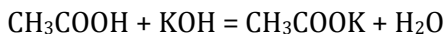
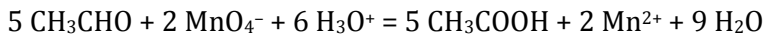
23) A hidrogén-klorid addíciója acetilénre 200 °C-on HgCl₂ katalizátor jelenlétében játszódik le, de hát ennek az előállítása sem probléma, a higany(II)-nitrátot tömény sósavval kell ismételtelen bepárolni. Az addíció vinil-kloridot eredményez. Ennek kinyerése a gázelegyből már kissé igényesebb feladat, mivel -13 °C-on forr. Kalcium-kloridból és jégből viszont ennél jóval hidegebb hűtőkeverékek is előállíthatók, az alsó határ állítólag -55 °C! Kalcium-hidroxidunk pedig ugyebár már van, csak fel kell oldani sósavban és kikristályosítani a sót...



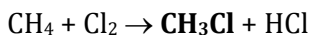
24) Higany(II)-sót is tartalmazó forró híg kénsavoldatban az acetilénre víz addicionálódik és acetaldehid keletkezik. Ez jéggel könnyen kondenzálható, majd, ha elég meleg van a laborban, ismét gázzá alakul (fp. +21 °C).



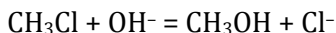
25) Az acetaldehid kénsavas permanganátoldattal könnyen ecetsavvá oxidálható. Utóbbit kidesztillálhatjuk a reakcióelegyből, majd KOH-val semlegesítve kálium-acetáthoz juthatunk. A szilárd kálium-acetát és KOH keverékét hevítve dekarboxileződési reakcióban metán keletkezik.



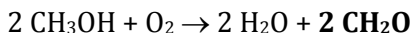
26) A metán fény vagy hő hatására végbemenő klórozása mindig a különböző mértékben szubsztituált kloridok elegyéhez vezet, de ha a sztöchiometriai Cl_2 -mennyiség 30 %-át használjuk csak, akkor főként CH_3Cl keletkezik. Ennek forráspontja -24°C , úgyhogy szuper hűtőkeverékünkkel ezt is kondenzálni tudjuk! A több klórt tartalmazó szárazmazékok forráspontja ennél jóval magasabb (CH_2Cl_2 $+40^\circ\text{C}$), így az azoktól való elválasztás sem komoly probléma.



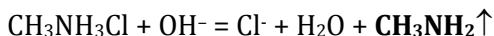
27) A metil-klorid lúgos hidrolízisével metanolhoz juthatunk, amely frakcionált desztilláció után már nem sok vizet tartalmaz. A metanolt tömény kénsavval enyhén melegítve kapjuk a dimetil-étert (fp. -24°C):



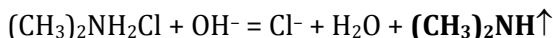
28) Metanolgőz-levegő elegyet hevített réz fölött átbocsátva formaldehid képződik. A gázelegyet kevés hideg vízen átvezetve a HCHO oldódik, majd a vizes oldatból kiforralható.



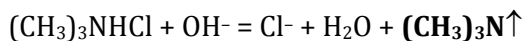
29) Ha a formaldehidet hevítés közben szilárd ammónium-kloriddal reagáltatjuk, a bevezetett formaldehid mennyiségétől függően különféle metil-ammónium-kloridok keletkeznek, amelyekből a megfelelő amin lúggal felszabadítható. 1:2 molarány esetén túlnyomórészt a primer amin sója keletkezik, ezt az át nem alakult NH_4Cl -től, illetve a mellette képződő dimetil-ammónium-kloridtól átkristályosítással tisztíthatjuk meg, majd metil-amint állíthatunk elő belőle (fp. -7°C):



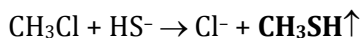
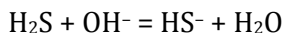
30) Ha a reagensek molaránya 1:4, a fentiek szerinti eljárás dimetilaminhoz vezet (fp. $+7^\circ\text{C}$):



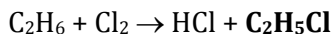
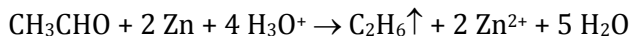
31) Végül, ha a formaldehidet feleslegben alkalmazzuk, ugyanígy juthatunk el a trimetil-aminhoz is (fp. +4 °C):



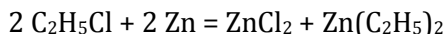
32) A metil-kloridot kálium-hidrogén-szulfid oldattal reagáltatva megkaphatjuk az émelyítő bűzéről elhíresült vegyületcsalád, a tiolok, vagy más néven a merkaptánok legkönnyebb tagját, a metil-merkaptánt. Ez is gáznemű, forráspontja +8 °C. A KHS-t természetesen KOH oldatból készítjük el kén-hidrogén-felesleg bevezetésével.

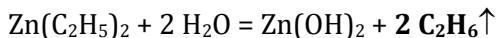


33) Jó lenne etánt is gyártani! Az acetaldehidet tömény sósavas közegben cink-amalgámmal (ne feledjük, higanyunk van a 9. pontból!) redukálva keletkezik is etán, de nyilvánvaló, hogy jó sok H₂ kíséretében, amitől speciális hűtőberendezés nélkül sajnos nem tudjuk elválasztani (fp. -89 °C). Kerülő utat kell tehát választanunk, ezért a kapott etán-hidrogén gázelegyet óvatosan, a Cl₂ robbanási koncentrációt még el nem érő kis adagjainak bevezetésével megklórozzuk. A berendezés egy részét hűtve, a keletkező etil-klorid ott folyamatosan kondenzál (fp. +12 °C), így további klórozódását el tudjuk kerülni. A hidrogén persze közben HCl-dá alakul, de ettől (fp. -85 °C), illetve a kis mennyiségben keletkező kétféle diklór-etántól (fp. +57, ill. +83 °C) az etil-kloridot frakcionált desztillációval elválasztani igazán nem nehéz.

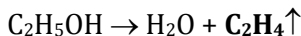
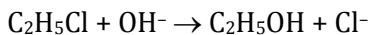


34) A kapott etil-klorid gázt felhevített Zn, vagy még jobb, ha Zn-Cu ötvözet reszeléke felett vezetjük el. A kilépő gázelegyből kondenzálhatjuk a +117 °C-on cseppfolyósodó dietil-cinket. Ez a vegyület Zn-C kötések tartalmaz, ezért a fémorganikus vegyületek (egyik legrégebben ismert) képviselője. Vízzel rendkívül hevesen reagál, és ezzel a reakcióval végre el is jutottunk a várva várt etánhoz! Megjegyzendő, hogy a rendkívül reakcióképes dietil-cink a levegőn is magától meggyullad, ezért védőgázzal (pl. N₂ vagy CO₂) töltött edényekben kell vele dolgozni.

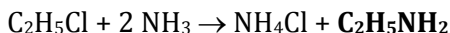




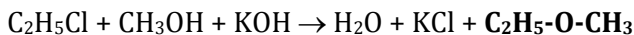
35) Az etil-klorid hidrolízisével etanolt állíthatunk elő, amelyet aztán kidesztillálunk az oldatból és frakcionált desztillációval töményítjük. A már csak kevés vizet tartalmazó alkoholhoz sok tömény kénsavat adunk. Forralásra az elegyből etilén távozik:



36) Etanos oldatban (igaz, ami igaz, az eddigiek szerint elképesztően sokat kell szenvedni ahhoz, hogy ilyen sok etanolunk legyen...) az etil-klorid lassan reagál ammóniával, így az etil-amint (fp. +17 °C) is előállíthatjuk (bár hirtelen nem tudnám megmondani, hogy mennyi idő kell ehhez):

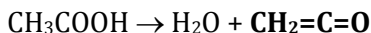
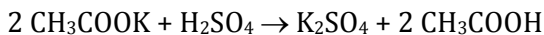


37) Metanolban pedig, ha minden igaz, még az alábbi reakciót is kivitelezhetjük:



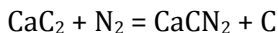
Az oldatból kidesztillálható metil-etil-éter forráspontja +8 °C.

38) Szilárd kálium-acetátot már készítettünk a 25. pontban. Sztöchiometrikus mennyiségű kénsav hozzáadása után az elegyből lényegében vízmentes ecetsavat tudunk kidesztillálni. Az ecetsav gőzei 700 °C-on bomlanak vízre és egy ketén nevű instabil gázra:



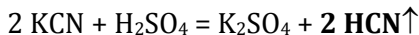
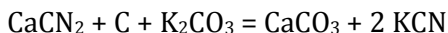
Az igen mérgező ketén forráspontja -41 °C. Szobahőmérsékleten nem sokáig marad gázhalmazállapotban, mert ciklikus dimerré alakul.

39) A kalcium-karbid magas hőmérsékleten (1100 °C) reagál a nitrogénnel és kalcium-ciánamiddá alakul. Ezt a reakciót akkor tudjuk megvalósítani, ha rendelkezésünkre áll egy kvarc-, acél- vagy kerámiacső, mert ezen a hőmérsékleten még a hőálló üvegek is megolvadnak. A gázlángba oxigént kell fúvatnunk a szükséges hőmérséklet elérése végett.



A kalcium-ciánamidot 800 °C-on kálium-karbonáttal és szénporral (korom!) összeolvasztva kálium-cianid keletkezik. Ezt az ömledékből

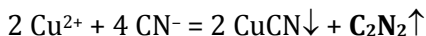
vízzel kioldhatjuk. Az oldat bepárlásával kapott szilárd KCN és 50 %-os kénsav reakciójával állíthatjuk elő az igen gyengén savas tulajdonságú hidrogén-cianidot:



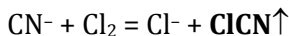
A HCN forráspontja +26 °C, reméljük hát, hogy jól fűtött az a szobahőmérséklet...

Ha esetleg külön mondani kellene: ilyesmivel speciális felszerelés hiányában senki ne játszadozzon! A HCN halálos adagja kb. 20 mg, szaga pedig csak elég nagy koncentrációban érezhető. Még a speciális gázárc sem véd ellene sokáig, mivel a bőrön keresztül is képes felszívódni. Vizes oldatából is gyorsan elpárolog, ezért a laborban még a híg cianidoldatok savanyítása is szigorúan tilos!

40) Ha réz(II)-sók vizes oldatához KCN-oldatot adagolunk, egy ugyan-csak rendkívül mérgező gáz, a dicián fejlődik:



41) Vizes KCN-oldatba klórt vezetve pedig klórciánt állíthatunk elő (fp. +13 °C). Már a vegyület képletére ránézve is sejthető, hogy ez sem kevésbé mérgező az előzőeknél...



Lenne még egy-két egzotikus, vagy nehezen előállítható gáz, de nem akarom a speciális reakciókat erőltetni, a lehetőségek széles skálája azt hiszem, így is érzékelhető. Azt persze senki ne gondolja, hogy minden említett vegyületet gyakorlatilag is érdemes a leírt módszerekkel előállítani! Így például senkinek nem jutna eszébe, hogy metil- vagy etilalkoholt gyártson a megfelelő halogenidek hidrolízisével, hiszen ezek az alkoholok más módszerekkel jobb termeléssel és sokkal olcsóbban állíthatók elő. A felsorolt reakciók nagyobb része mindazonáltal preparatív is értékes.

A javító megjegyzései:

1) Az kiindulási anyagokból is előállítható első 6 gázt többnyire mindenkinek sikerült előállítani, de többen ezekhez már plusz reagenseket is felhasználtak. Ezek közül a legtöbb gond a SO₂-vel volt, mivel sokan nem vették figyelembe a levegőben lévő nitrogént. A kén levegőben való elégetésekor ugyanis tulajdonképpen SO₂-vel szennyezett N₂ keletkezik.

2) A gázokat nem lehet egymástól sűrűségük alapján elválasztani, pláne nem egy nyitott edényben, ahol a levegő is jelen van.

3) NH_4NO_2 mint szilárd anyag nem létezik, ezért reagensként sem használható.

4) Ha egy rendszerben több, egymást követő reakció játszódhat le ugyanolyan körülmények között (pl. $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$, vagy $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$), akkor pusztán a reagensek megfelelő arányú alkalmazásával nem érhetjük el azt, hogy csak az első reakció menjen végbe és tisztán megkapjuk annak a termékét. Senki nincs a reakcióterben, aki megakadályozná, hogy egy frissen képződött CO vagy C_2H_4 molekula tovább reagáljon, ha véletlenül éppen oxigén- illetve hidrogénmolekulával találkozik legközelebb. Így hát metánt „oxigénhiányban” elégetve nem tiszta CO-t kapunk (ahogy azt többen szeretnék volna), hanem egy főleg metánból, szén-monoxidból és szén-dioxidból álló gázelegyet, ahol az első két komponens elválasztása egyszerű eszközökkel nem vihető véghez. Mindezek ellenére, az iparban igen sok eljárás hasznosítja valamilyen reakciósorozat első lépését, de ez speciálisan megválasztott körülményeket igényel, ahol a további reakcióknak vagy nincs idejük lejátszódni (termékelegy azonnali hűtése), vagy jóval lassúbbak az első lépésnél (speciális katalizátorok).

5) Ha $\text{Zn} + \text{lúg} + \text{NO}_3^-$ reakcióban NH_3 -at szeretnénk fejleszteni, akkor a keletkező gázt el kell választani a hatalmas mennyiségben keletkező H_2 -től. Az NH_3 így egyébként elég lassan fejlődik, sok idő annyi mennyiséget előállítani, amit még később használni is tudunk.

A megoldóknak átlagosan kb. 8 gázt sikerült előállítani, a pontátlag 3,9 pont volt. A legjobb teljesítmény mindenképpen Vörös Zoltán Jánosé, aki szám szerint 22 gázt állított elő tiszta salétromsav és KCN felhasználásával. A második Repkényi Dorottya 14-gyel, aki szintén tiszta salétromsavat és Na_2CO_3 -at használt. További öt esetben sikerült 10 vagy annál több gázt tisztán előállítani.

(Nagy Attila, Sarka János)

H193. a) A megadott oldhatósági adatokból kiszámolható a két vegyület oldhatósági szorzata tiszta vízben.

Kalcium-tartarát esetében az oldhatóság: $0,037 \text{ g}/100 \text{ ml}$, azaz $0,37 \text{ g}/\text{dm}^3$, ami $188 \text{ g}/\text{mol}$ -os moláris tömeggel számolva: $S_1 = 1,968 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/\text{dm}^3$. Mivel mindkét ion koncentrációja ennyi:

$$L_{\text{Ca-tartarát}} = S_1^2 = 3,87 \cdot 10^{-6}.$$

Kalcium-hidrogén-tartarát esetében az oldhatóság: 0,32 g/100 ml, azaz 3,2 g/dm³, 338 g/mol-os moláris tömeggel számolva $S_2 = 9,467 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³. Mivel a hidrogén-tartarát-ion koncentrációja duplája a Ca-ionénak:

$$L_{\text{Ca-H-tartarát}} = S_2 (2 \cdot S_2)^2 = 4 \cdot S_2^3 = 3,39 \cdot 10^{-6}.$$

A 8 g/dm³ (0,05333 mol/dm³) borkősavtartalmú borban a specieszek eloszlása a következő egyenletrendszer segítségével határozható meg.

$$K_1 = [\text{H}^+] [\text{H-tartarát}^-] / [\text{borkősav}]$$

$$K_2 = [\text{H}^+] [\text{tartarát}^{2-}] / [\text{H-tartarát}^-]$$

$$0,05333 = [\text{tartarát}^{2-}] + [\text{H-tartarát}^-] + [\text{borkősav}]$$

ahol tudjuk, hogy $[\text{H}^+] = 6,31 \cdot 10^{-4}$ mol/dm³, és ismerjük K_1 és K_2 értékét.

Ezek alapján:

$$[\text{tartarát}^{2-}] = 1,69 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \text{ és } [\text{H-tartarát}^-] = 3,08 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3.$$

Valamint tudjuk, hogy $[\text{Ca}^{2+}] = 3,02 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³. Azaz:

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{tartarát}^{2-}] = 5,11 \cdot 10^{-6} > 3,87 \cdot 10^{-6} = L_{\text{Ca-tartarát}}$$

Tehát a Ca-tartarát csapadék idővel ki fog válni, azaz a bor nem stabil.

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{H-tartarát}^-]^2 = 2,87 \cdot 10^{-6} < 3,39 \cdot 10^{-6} = L_{\text{Ca-H-tartarát}}$$

Tehát a Ca-H-tartarát csapadék nem fog kiválni.

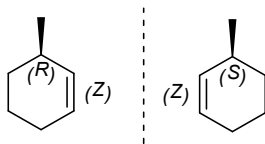
(A hidrogén-tartarát-ion esetében pontosabb értéket kapunk az oldhatósági szorzatra, ha az oldódás során bekövetkező pH változással is számolunk. Erre is járt a maximális pontszám.)

b) Sókiválás hatására csökken a tartarát- (és hidrogén-tartarát-) ionok koncentrációja. A savi disszociációs egyenletekből látható, hogy ez a disszociáció felé tolja el az egyensúlyt, tehát az oldat savasodik, azaz a pH csökken.

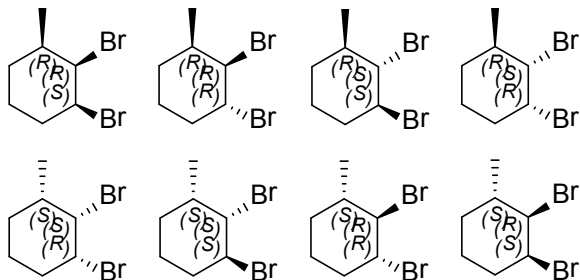
A feladatra Angyal Péter, Baglyas Márton, Csenki János Tivadar, Stenczel Tamás Károly, Sütő Péter és Virágh Anna küldött maximális pontot érő megoldást, az átlagpontszám 8,1 volt. Sok esetben elszámolás miatt kellett pontot levonni.

(Bacsó András)

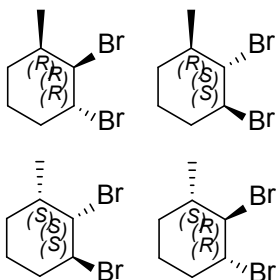
H194. a) A 3-metil-ciklohex-1-énnek két sztereoisomere van, amelyek enantiomerek:



b) Gyökös addícióban nyolc különböző termék keletkezhet, ugyanis a bróm mind szin, mind anti pozícióban addicionálhat a kettős kötésre. A termékek között 4 enantiomerpár található (egymás alatti ábrák), míg a többi vegyület diasztereomer viszonyban van egymással:

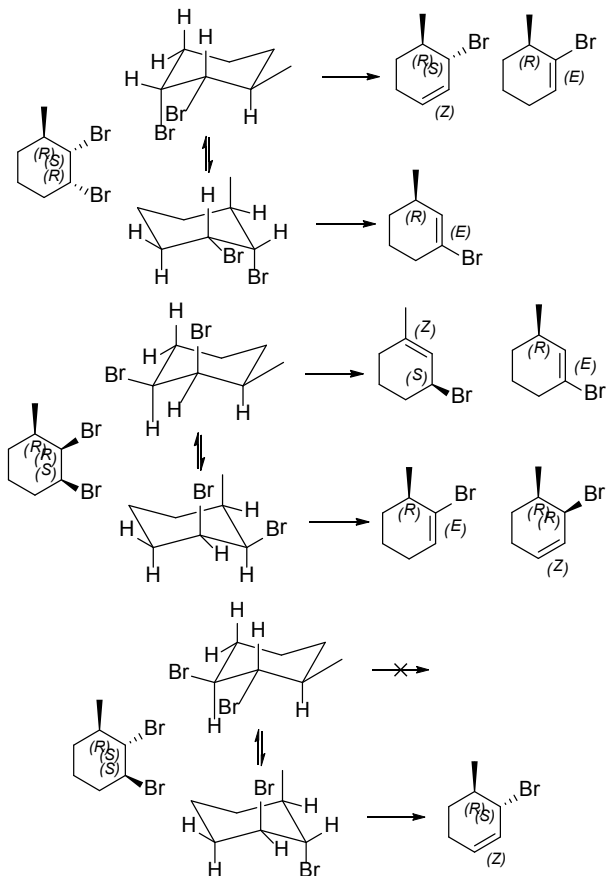


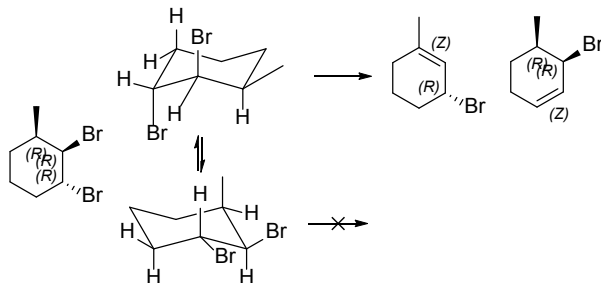
c) Ionos elektrofil addícióban a fentiek közül csak az a négy termék keletkezik, ahol a két Br ellentétes térállású (2 enantiomerpár):



d) Az erős bázissal történő elimináció E2 mechanizmussal megy végbe, mely során a távozó ligandumoknak ún. anti-periplanáris térállásúnak kell lennie.

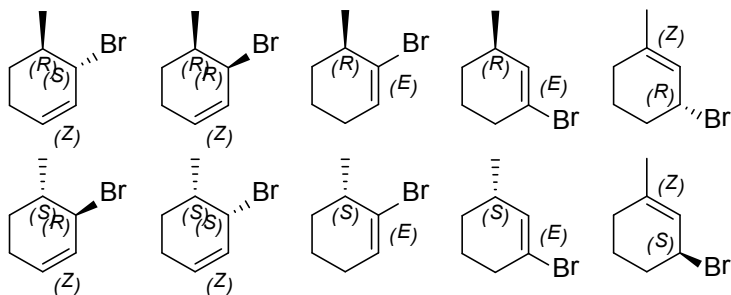
A b) feladatban keletkező négy enantiomerpár egy-egy tagjából HBr-ot eliminálva a következő termékek keletkezhetnek (az anti-periplanaris pozíciók felfedezése könnyebb, ha a kiindulási anyagokat térben kirajzoljuk). A következőkben termék arányokat nem tüntetünk fel, de minden esetben a főterméket a Zajcev-szabály határozza meg:





Ezen négy enantiomer eliminációs reakciójában összesen 10 termék keletkezik, melyek közül 6 különböző. Ezekből az a kettő, amelyben a metilcsoport a kettős kötéshez kapcsolódik, enantiomerpárt alkot.

A kiindulási anyagok enantiomerpárjainak eliminációs reakciójában minden esetben a fentivel analóg módon az említett 6 termék enantiomere keletkezik. Mivel az említett enantiomerpár mindkét esetben előáll, ezért összesen 10 különböző termék keletkezik, melyek között 5 enantiomerpár található (egymás alatti ábrák):



A pontátlag 5,65 pont volt. Hibátlan, nagyon szépen levezetett, részletes megoldást küldött be Vörös Zoltán. A megoldás során a legtöbb gondot a d) feladatrészt okozta. A szék konformációk átbillenését szinte mindenki figyelmen kívül hagyta, illetve a legtöbben azzal sem számoltak, hogy a Zajcev-szabály sokkal kevésbé szigorú a Markovnyikov-szabálynál, azaz jelentős mennyiségű melléktermék keletkezésével kell számolni az eliminációs reakciók során.

(Varga Szilárd, Sarka János)

H195. Tekintsük a tartály $1,000 \text{ m}^3$ térfogatú részét. Ennek tömege a reakció előtt a sűrűség alapján 2150 g , a reakció után pedig 86 g . A tömegmegmaradás törvénye értelmében ez csak úgy lehetséges, ha a reakcióban kondenzált fázisú termék(ek) is keletkeztek, amelyek tömege 2064 g . A reakció után az ideális gázok állapotegyenlete alapján számolt anyagmennyiség:

$$n = pV/(RT) = 100000 \text{ Pa} \cdot 1,000 \text{ m}^3 / (8,314 \text{ J}/(\text{mol K}) \cdot 280 \text{ K}) = 43,0 \text{ mol.}$$

Így a gázfázis átlagos moláris tömege $86 \text{ g}/43,0 \text{ mol} = 2,0 \text{ g/mol}$; ez csak úgy lehetséges, ha a gázfázis tiszta hidrogéngáz (H_2). Így tehát valószínűsíthető, hogy a kiindulási gázkeverék egyik komponense hidrogén (ha nem az, akkor a reakcióban kellett keletkeznie a kondenzált fázisú termékekkel együtt).

A kiindulási gázelegy anyagmennyisége:

$$n = pV/(RT) = 550000 \text{ Pa} \cdot 1,000 \text{ m}^3 / (8,314 \text{ J}/(\text{mol K}) \cdot 280 \text{ K}) = 236,5 \text{ mol.}$$

A kiindulási gázelegy átlagos moláris tömege így $2150 \text{ g}/236,5 \text{ mol} = 9,09 \text{ g/mol}$. Az egyik komponens moláris tömegének ennél kisebbnek kell lennie. Mindössze két gáz tesz eleget ennek a feltételnek, a hidrogén és a hélium, azonban a kettő közül a hélium se nem éghető, se reakcióba nem lép semmivel, így a kezdeti gázelegy egyik komponense biztosan a hidrogén volt, s az is egyértelmű, hogy a hidrogén a reakcióban feleslegben maradt, nem pedig keletkezett. Tehát a gázelegy második komponense reagál hidrogénnel.

Az oxigén hozzáadásával a nyomás négyszeresére nőtt állandó térfogaton és hőmérsékleten, így a hozzáadott oxigén anyagmennyisége a maradék hidrogén anyagmennyiségének háromszorosa (129 mol), tömege pedig 4128 g . Az oxigénnel való melegítéskor lejátszódó reakció égés. Ezután a hőmérséklet csökkenése miatt a víz kondenzál. A gázfázis anyagmennyisége $1,75 \cdot 43,0 \text{ mol} = 75,25 \text{ mol}$, tömege pedig 3182 g , vagyis átlagos moláris tömege $42,3 \text{ g/mol}$. Ez nem lehet teljes egészében a feleslegben maradt oxigén, tehát a kondenzált fázis is elégett, és égéstermékei közül legalább az egyik gáz-halmazállapotú, moláris tömege pedig $42,3 \text{ g/mol}$ -nál nagyobb. Az égés után a kondenzált fázis tömege $4128 + 2150 - 3182 = 3096 \text{ g}$.

Tegyük fel, hogy a hidrogéntől különböző kiindulási komponens moláris tömege M , anyagmennyisége x , 1 molja pedig m anyagmennyiségű H_2 -nel reagál. Így a következő két egyenlet írható fel:

az elegy össztömegéből:
$$Mx + (mx + 43) \cdot 2,00 = 2150$$

az elegy teljes anyagmennyiségéből: $x + mx + 43 = 236,5$

A második egyenletből: $x = 193,5 / (1 + m)$

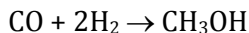
Ezt behelyettesítve az első egyenletbe:

$$193,5M / (1 + m) + 387m / (1 + m) = 2064$$

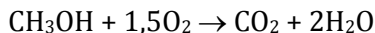
Átrendezés után:

$$M = 10,67 \cdot (1 + m) - 2m = 10,67 + 8,67 \cdot m$$

A sztöchiometriai szabályok alapján m -nek egész számnak kell lennie, esetleg egy egész szám felének. Próbálgatással $m = 2$ esetében $M = 28,0$ g/mol, következik, vagyis éppen a CO moláris tömege (a N_2 és a C_2H_4 az ismeretlen gáz eddigre már megismert tulajdonságai miatt kizárhatók). A CO valóban reagálhat 1:2 arányban H_2 -nel, ekkor metanol képződik. A CO anyagmennyisége $x = 64,5$ mol. A reakció hidrogénnel:



Tehát 64,5 mol metanol képződik, ennek tömege valóban 2064 g. A metanol égése:



Ebben 64,5 mol CO_2 és 129 mol H_2O keletkezik, valamint 96,75 mol O_2 fogy. Az égés után a gázfázis összetétele:

$$64,5 \text{ mol } CO_2 \text{ és } 129 - 96,75 - 0,5 - 43 = 10,75 \text{ mol } O_2.$$

Tehát a teljes anyagmennyiség 75,25 mol, a teljes tömeg 3182 g. Mindkettő azonos a közvetlen adatokból számolttal.

Az égés után a kondenzált fázis $129 + 43 = 172$ mol H_2O , tömege 3096 g. Ez szintén azonos a közvetlen adatokból számolttal.

Tehát a kiindulási gázelegy $43 + 129 = 172$ mol hidrogéngázt és 64,5 mol CO-t tartalmazott. A hidrogén tömegszázaléka tehát: $2,00 \cdot 172 \cdot 100 / (2,00 \cdot 172 + 28,00 \cdot 64,5) = 16 \%$, a CO-é pedig 84 %.

A feladatra érkezett megoldások 2/3-a kifogástalan volt, apróbb hibát vagy következetlenséget (7-8 pont) tartalmazott csak a további megoldások fele. Kis túlzással azt is lehetne állítani, hogy a helyes megoldások mind különböző gondolatmenetet követtek. A tömegmegmaradás törvényére közvetlenül nagyon kevesen hivatkoztak, pedig a feladat megoldását egyszerűsítette (volna). Többen intuitív megoldást küldtek be (pl. a leírás alapján eleve csak H_2 és CO elegyével foglalkoztak), ők is maximális pontot kaptak akkor, ha bebizonyították, hogy a megsejtett megoldás a feladatban leírt minden egyes adatnak megfelel.

(Lente Gábor)