

GONDOLKODÓ



A 2022/2023. tanév pontversenyeinek végeredménye

Az alábbiakban közöljük az egyes kategóriákban kiemelkedő eredményt elért diákok névsorát. Elektronikus úton minden résztvevő megkapta a pontszámait. Két támogatónk (Hildegard Alapítvány és Hiflylabs Zrt.) köszönhetően mindannyian 10-50 ezer forintos jutalomban részesülnek, amelynek átadását és a további jutalmakat (KÖKÉL előfizetés) a Magyar Kémikusok Egyesülete intézi.

Gratulálunk az eredményekhez!

K pontverseny (9-10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Muraközi Péter Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium, Győr	Molnár Zsolt	197
2	Viczko Csaba Péter ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium	Sebő Péter	175,5

K pontverseny (11-12. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Burkódi Mikes Boronkay György Technikum és Gimnázium	Berek László	183,75
2	Kozma Szemere Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Bonyhád	Bölcskei Bence	171
3	Csernyák Milán Munkácsy Mihály Gimnázium, Kaposvár	Dávidné Varga Gabriella	164

H pontverseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Viczián Dániel Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, Szeged	Szívós Ádám	186,78
2	Éger Viktória ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium	Villányi Attila	183,65
3	Szabó Márton Péter András Gimnázium és Koll., Szeghalom	Dr. Tabiné Lehotai Klára	176,26

Angol fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Csingi Zoltán Szent Bazil Oktatási Központ, Hajdúdorog	Dr. Pénzeli Péter, Kissné Oláh Edit Gizella	396
2	Duchon Laura Fasori Evangélikus Gimnázium, Budapest	Költő Emese	393,2
3	Vámi Ármin Vasvári Pál Gimnázium, Székesfehérvár	Dr. Schüller-Hajnal Katalin, Párkányi Virág Krisztina	389,9
3	Váradi Eliza Sára DRK Dóczy Gimnáziuma, Debrecen	Bárány Zsolt Béla, Horváth Marianna	389,8

Német fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
2	Sánta Regina Luca DSzC Vegyipari Technikum	Burzáné Pintye Lívía	160
3	Mokánszki Nóra DSzC Vegyipari Technikum	Burzáné Pintye Lívía	137

Keress a kémiát!

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Csingi Zoltán Szent Bazil Oktatási Központ, Hajdúdorog	Dr. Pénzeli Péter	115,5
2	Lelkes Máté Vasvári Pál Gimnázium, Székesfehérvár	Szabó Endre	109,5
3	Róbert Dóra Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Husza Pálma	98

A 2022/2023. tanév díjazott felkészítő tanára

Tóth Imre	Kecskeméti Református Gimnázium
-----------	---------------------------------

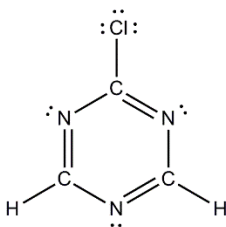
Megoldások

K444. a) Azonos számú atomot, kötő és nemkötő elektronpárt tartalmazó molekula például a H_2CO_3 (6-6 db), valamint a H_3PO_4 (8-8 db).

b) Az alábbi molekulákban az atomok, a kötő és a nemkötő elektronpárok számának aránya 1:1:2: O_2 és S_2 (2 atom, 2 kötő és 4 nemkötő elektronpár), S_8 (8 atom, 8 kötő és 16 nemkötő elektronpár), COCl_2 (4 atom, 4 kötő és 8 nemkötő elektronpár), NOCl (3 atom, 3 kötő és 6 nemkötő elektronpár).

c) A hidrogén-halogenidek (HF , HCl , HBr , HI) molekuláiban a kötő elektronpárok, az atomok és a nemkötő elektronpárok száma és azok aránya: 1:2:3.

d) Az egyszeresen halogén-szubsztituált triazin molekulában 6 nemkötő elektronpár, 9 atom és 12 kötő elektronpár található, ezek számának aránya 2:3:4, például:



e) Az alábbi molekulákban az atomok, a kötő és a nemkötő elektronpárok számának aránya 3:4:5 (nem feltétlenül ebben a sorrendben): SO_2 (3 atom, 4 kötő és 5 nemkötő elektronpár), CH_3Cl (3 nemkötő elektronpár, 4 kötő elektronpár, 5 atom).

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 5,3 pont. A legtöbb helyes megoldást Selmei Anna és Windhoffer Boglárka küldték be. A legnagyobb nehézséget a d) feladatrész okozta, erre nem érkezett megoldás. A feladat szövege szerint molekulavegyületeket kell keresni, több esetben szerepelt ionvegyület a megoldások között, amelyet nem fogadtunk el. A fenti megoldókulcsban szereplő vegyületek analógjait (például az e) feladatrész esetén CH_3F , CH_3Br , CH_3I) is teljes értékű megoldásként fogadtuk el.

(Zagyai Péter, Vörös Tamás)

K445. Az **A** jelű ammóniumvegyület bomlása során a víz mellett egy kémiai elem keletkezik. Ez alapján a vegyület tartalmaz oxigént is, valamint feltételezhető, hogy a keletkező elem a nitrogén. Ismert, hogy a vegyületet nem lehet tiszta formában előállítani, ez az ammónium-nitritre igaz, bomlásának egyenlete: $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$. A kiindulási anyag 1 moljának bomlása során 28,00 g N_2 és 36,03 g H_2O keletkezik, ezek tömegaránya 1,287:1,000, amely épp a feladatban szereplő arány.

A **B** vegyület bomlása során keletkező termékek tömegaránya 2,252 : 1,750 : 1,000, az egyes értékeket 1,750-nel osztva kapjuk, hogy 1,287 : 1,000 : 0,571. Észrevehetjük, hogy itt is megjelenik az az arány, mint az **A** vegyület esetén. Feltételezve, hogy a **B** vegyület 1 moljának bomlása során is 28,00 g N_2 és 36,03 g H_2O keletkezik, a harmadik bomlástermék tömege 16,00 g. Ez megfelel 0,500 mol O_2 tömegének. Ezek alapján a **B** vegyület az ammónium-nitrát, hóbomlásának egyenlete: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 0,5 \text{O}_2$.

A **C** vegyület esetén a bomlástermékek tömegarányába sajnos hiba csúszott, a tömegarány helyesen 5,708 : 2,574 : 1,143 : 1,000. Feltételezhető, hogy a **C** vegyület bomlása során is keletkezik O_2 és N_2 . Ezek moláris tömegének aránya éppen 1,143 : 1,000, azaz a feladat adatai alapján azonos anyagmennyiség keletkezik a két gázból. Amennyiben ezekből 1-1 molt veszünk, a további két termék tömege $2,574 \cdot 28 \text{ g} = 72,07 \text{ g}$, illetve $5,708 \cdot 28 \text{ g} = 159,8 \text{ g}$. Előbbi megfelel 4,00 mol H_2O , utóbbi 1,000 mol Br_2 tömegének. Ezek alapján a **C** vegyület az ammónium-bromát, melynek bomlása az alábbi reakcióegyenlet szerint játszódik le: $2 \text{NH}_4\text{BrO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{Br}_2$.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 6,7 pont, a legjobb megoldásokat Burkódi Mikes, Csernyák Milán, Molnár Kristóf és Viczkó Csaba Péter küldték be. Annak ellenére, hogy a C vegyület bomlástermékeinek tömegaránya hibásan szerepelt a feladatban, sokan rájöttek, hogy brómvegyületről lehet szó. C vegyületként mind az ammónium-bromátot, mind a feladat adataiból adódó $(\text{NH}_4)_2\text{BrO}_6$ képletet elfogadtuk a megfelelő bomlási egyenlettel együtt.

(Vörös Tamás)

K446. a) A feladat ábráján a köbös cirkónia elemi cellája látható. Ehhez tartozik 8 db kisebb gömb (**B**). Az **A**-val jelölt, nagyobb gömbök közül az elemi cella csúcsain lévő 8-8, a lapközpontokban lévő 2-2 elemi cellához tartoznak. Ez alapján egy elemi cellához $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ db nagyobb gömb (**A**) tartozik. A vegyület tapasztalati képlete tehát **AB₂**. Figyelembe véve, hogy a cirkónia képlete ZrO_2 , a köbös cirkónia esetén az **A**-val jelölt, nagyobb gömbök szimbolizálják a Zr atomot.

b) A cirkon a cirkónium-szilikát, képlete $ZrSiO_4$.

c) A sárgászörös-vörösbarna színű ásvány a hiacint, a virág a jácint, míg a cirkónium régi magyar neve jácany.

d) A cirkon a Földön azonosított legősibb ásvány.

e) A kísérletben detektált 10255 db ^{206}Pb izotóp anyagmennyisége $10255 / (6,0 \cdot 10^{23}) \text{ mol} = 1,7 \cdot 10^{-20} \text{ mol}$. Az izotóp relatív atomtömegét 206-nak véve ekkora mennyiségű ^{206}Pb tömege $206 \cdot 1,7 \cdot 10^{-20} \text{ g}$, vagyis $3,52 \cdot 10^{-18} \text{ g}$. A vizsgált kristály térfogata $0,02 \mu\text{m}^3$, vagyis $2 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3$. Ezt a $4,65 \text{ g/cm}^3$ sűrűség értékkel szorozva a minta tömegére $9,3 \cdot 10^{-14} \text{ g}$ adódik. Az ^{206}Pb -tartalom: $3,52 \cdot 10^{-18} / 9,3 \cdot 10^{-14} \cdot 100\% = 3,8 \cdot 10^{-3} \%$.

f) 3,11 g kiindulási vegyületből 1,71 g káliummal 1,00 g elemi cirkónium állítható elő. Ezek alapján 1 mol, vagyis 91,22 g cirkónium 283,7 g vegyületből keletkezik 156 g, azaz 4 mol kálium felhasználásával. Ez alapján a keresett vegyületben a Zr +4-es oxidációs számmal van jelen. Ismert, hogy a reakcióban az elemi fém mellett csak kálium-fluorid keletkezik. Kézenfekvő, hogy a kiindulási vegyület ZrF_4 , ennek 1 mólja (167,2 g) azonban 116,5 g-mal kisebb tömegű, mint a 283,7 g. Ez a különbség éppen megfelel 2 mol KF tömegének, azaz a kiindulási vegyület képlete K_2ZrF_6 . A cirkónium előállításának reakcióegyenlete: $K_2ZrF_6 + 4 K \rightarrow 6 KF + Zr$

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,9 pont, hibátlan megoldást Burkódi Mikes és Muraközi Péter küldtek be. Több megoldó az atomméretek alapján válaszolt az a) kérdésre, az atomok mérete azonban nem egyezik meg a vegyületben lévő részecskék méretével, tehát ez alapján még nem dönthető el egyértelműen, hogy melyik atomot jelöli az A, illetve a B gömb. További nehézséget okozott az f) feladatrész, többen az 1:4 arány alapján ZrF_4 -ként azonosították a kiindulási vegyületet és nem ellenőrizték, hogy ez nem felel meg a feladat adatainak.

(Vörös Tamás)

K447. a) Y_2O_3 , In_2O_3 és Mn_2O_3

b) Az általános képlet szerint 1 mol pigmenthez 1 mol Y, tehát 0,5 mol Y_2O_3 szükséges, mellette pedig 0,8 mol In és 0,2 mol Mn, tehát 0,4 mol In_2O_3 és 0,1 mol Mn_2O_3 szükséges. Ezek tömege rendre 113 g, 111,2 g és 15,8 g. Tehát a kívánt tömegarány:

$$m(Y_2O_3) : m(In_2O_3) : m(Mn_2O_3) = 7,15 : 7,04 : 1,00$$

c) A képletből látszik, hogy 2 rész indiumot helyettesít 1-1 cink és titán. A 2 indium összesen 6 elektront ad át az oxigéneknek. A helyettesítő atomoknak is ennyit kell átadni, ami csak úgy jöhet össze, hogy 1:1 arányban vannak, ugyanis a cink 2, míg a titán 4 elektront tud leadni.

d) ZnO és TiO_2

e) $YIn_{1-x-2y-z}Mn_xZn_yTi_yAl_zO_3$

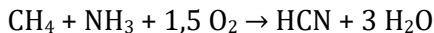
f) Ha 1 g CuO mellett 28,4 g Y_2O_3 van a pigmentben, akkor az anyagmennyiség arányuk 0,0126 : 0,1257, azaz 1:10. Mivel 10 mol Y_2O_3 -ből 20 mol pigment készíthető, ehhez kell 1 mol CuO . Tehát a képletben a réz együtthatója 1/20, azaz 0,05 lesz. Ennyi titán lesz mellette, és együtt 0,1 rész indiumot fognak helyettesíteni.

Tehát a pigment képlete: $YIn_{0,9}Cu_{0,05}Ti_{0,05}O_3$ lesz.

A beérkezett megoldások pontátlagá 7,00 volt, hibátlan megoldást Burkódi Mikes küldött be. Jellemzően az f) feladatrész volt hibás, ugyanis a megoldók többsége elfeledkezett az indium és/vagy a titán „beépítéséről” a pigmentbe.

(Bacsó András)

K448. a) A hidrogén-cianid ipari előállításának egyenlete:



b) Az egyenletben szereplő vegyületek képződéshő adatai a következők:

$$\Delta_k H(HCN(g)) = 135 \text{ kJ/mol}$$

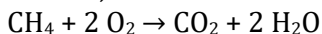
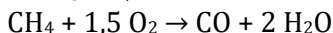
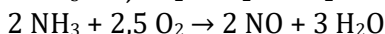
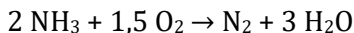
$$\Delta_k H(H_2O(g)) = -242 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_k H(CH_4(g)) = -74,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_k H(NH_3(g)) = -46,1 \text{ kJ/mol}$$

Ezek alapján kiszámítható a fenti egyenlethez tartozó reakcióhő értéke: $[3 \cdot (-242) + 135 - (-74,9 - 46,1)] \text{ kJ/mol} = -470 \text{ kJ/mol}$, azaz a folyamat exoterm.

c) A hidrogén-cianid előállítása során lezajló lehetséges további reakciók egyenletei:



d) Elemi hidrogén keletkezhet például az alábbi egyenletek szerint: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2 \text{H}_2$, $2 \text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3 \text{H}_2$, illetve $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

e) A modellkísérletben 3 mol CH_4 , 5 mol NH_3 és 8,75 mol O_2 , azaz 3 mol C, 27 mol H, 5 mol N és 17,5 mol O atom volt kiinduláskor. A termékelegyenletben legyen a mol HCN, b mol H_2O , c mol N_2 , d mol NO és e mol CO. Ekkor az alábbi egyenletek írhatók fel:

$$\text{C-atomokra: } a + e = 3$$

$$\text{H-atomokra: } a + 2b = 27$$

$$\text{N-atomokra: } a + 2c + d = 5$$

$$\text{O-atomokra: } b + d + e = 17,5$$

Ezeket az egyenleteket átrendezve kifejezhetjük a értékét (azaz a HCN anyagmennyiségét) a másik négy, termékelegyenlet alkotó anyag anyagmennyiségével: $a = 3 - e$, $a = 27 - 2b$, $a = (2d - 2)/3$, valamint $a = (4 - 2c)/2,5$. A négy egyenlet alapján látható, hogy a értéke lehet 0-hoz tetszőlegesen közeli, de mindenképpen 1,6-nél kisebbnek kell lennie, mert ellenkező esetben c értéke nem lehetne pozitív szám. Tehát a termék gázelegyenlet HCN tartalma 0 és 1,6 mol közötti.

f) A másik modellkísérletben 2,4 mol CH_4 , 2,6 mol NH_3 és 5 mol O_2 , azaz 2,4 mol C, 17,4 mol H, 2,6 mol N és 10 mol O atom volt kiinduláskor. A termékelegyenletben legyen a' mol HCN, b' mol H_2O , c' mol N_2 , d' mol NO és e' mol CO. Ekkor az alábbi egyenletek írhatók fel:

$$\text{C-atomokra: } a' + e' = 2,4$$

$$\text{H-atomokra: } a' + 2b' = 17,4$$

$$\text{N-atomokra: } a' + 2c' + d' = 2,6$$

$$\text{O-atomokra: } b' + d' + e' = 10$$

Fejezzük ki az előzőekhez hasonlóan a' értékét a többi változó segítségével: $a' = 2,4 - e'$, $a' = 17,4 - 2b'$, $a' = (1,1 + d')/1,5$, valamint $a' = (3,7 - 2c')/2,5$. Az utóbbi két egyenlet alapján $1,1/1,5 < a' < 3,7/2,5$.

Például a' értékét 1-nek választva $b' = 8,2$, $c' = 0,6$, $d' = 0,4$ és $e' = 1,4$, azaz keletkezhethet ilyen termékelegység.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 5,0 pont. A legjobb megoldásokat Muraközi Péter és Molnár Kristóf küldték be. A legnagyobb nehézséget az e) és f) feladatrészek okozták. Több megoldó az alapján, hogy magas hőmérsékleten lejátszódó reakció, endoterm folyamatnak gondolta a hidrogén-cianid ipari előállítását.

(Vörös Tamás)

K449. a) A szabályos tetraéder alakú, oxigéntartalmú anion képlete XO_4^{y-} , ahol X az anion központi atomja, és y az anion töltése. A kalciumionokkal alkotott vegyületének (A) képlete $Ca_y(XO_4)_z$, melynek oxigéntartalma 22,23 m/m%. Az A vegyület képlete alapján felírható, hogy

$$8 \cdot 16,00 / (y \cdot 40,08 + 2 \cdot M_X + 8 \cdot 16,00) = 0,2223$$

Ebből átrendezést követően kapjuk, hogy $M_X = 223,9 - 20,04y$, melyből $y = 2$ esetén adódik kémiai helyes megoldás. Ekkor $M_X = 183,8$ g/mol, amely a W moláris tömege. Az anion képlete WO_4^{2-} , az A vegyület a kalcium-volframát, képlete $CaWO_4$.

A B vegyület képlete $Me_z(WO_4)_z$, amelyben a keresett kation képlete Me^{z+} . Az oxigéntartalomra felírható az alábbi összefüggés:

$$z \cdot 4 \cdot 16,00 / (2 \cdot M_{Me} + z \cdot 183,8 + z \cdot 4 \cdot 16,00) = 0,2181$$

Ebből $M_{Me} = 22,82z$, $z = 4$ esetén $M_{Me} = 91,28$ g/mol, amely gyakorlatilag megfelel a Zr moláris tömegének. A B vegyület képlete $Zr(WO_4)_2$.

b) A cirkónium-volframát negatív hőtágulási együtthatóval rendelkezik, vagyis melegítés hatására zsugorodik.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,0 pont, hibátlan, szép megoldást összesen 6 tanuló küldött be. Több megoldó a B vegyületet $z = 1$ -et feltételezve Na_2WO_4 -ként azonosította, melynek tömegszázalékos oxigéntartalma 21,78 m/m%, amely némileg eltér a feladatban megadott értéktől.

(Vörös Tamás)

K450. a) A keresett fémiot jelölje Me^{z+} , kloridjának képlete MeCl_z . A maltol összegképlete $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3$, savmaradékionjának képlete $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_3^-$, az anion moláris tömege 125,1 g/mol. Az ismeretlen fémmel alkotott vegyületének képlete $\text{Me}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_3)_z$. A fém-klorid tömegszázalékos fémtartalma

$$M_{\text{Me}}/(M_{\text{Me}} + z \cdot 35,45) \cdot 100\%,$$

míg a komplex esetén ez az érték

$$M_{\text{Me}}/(M_{\text{Me}} + z \cdot 125,1) \cdot 100\%.$$

Mivel a fém kloridjának tömegszázalékos fémtartalma 2,527-szerese a komplexének, felírható:

$$2,527 \cdot M_{\text{Me}}/(M_{\text{Me}} + z \cdot 125,1) = M_{\text{Me}}/(M_{\text{Me}} + z \cdot 35,45)$$

Ebből a keresett fém moláris tömegére $M_{\text{Me}} = 23,26z$ adódik. Kémiaileg helyes megoldást $z = 3$ esetén kapunk, ekkor $M_{\text{Me}} = 69,78$ g/mol, amely a gallium moláris tömege.

b) A galliumot magas hőmérsékleten működő hőmérőkben használják elemi formában. A maltol előfordul a természetben (pl. az európai vörösfenyőben és az erdei fenyőben), valamint ízfokozóként is alkalmazzák (E636).

c) Tutanhamon a kettő közül a maltollal kerülhetett kapcsolatba, amely például a maláta pörkölése során nyerhető.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,8 pont, a beküldők többsége hibátlanul oldotta meg a feladatot.

(Vörös Tamás)

K451. a) A 10 szénatomos, telített, nyílt láncú diol összegképlete $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_2$. A hidroxilcsoportokat az első feladatrész során helyettesíthetjük hidrogénnel. A primer szénatomhoz 3 hidrogén, a szekunderhez 2 hidrogén, a terciérhez pedig 1 hidrogén kapcsolódik. Ha a primer szénatomot P-vel, a szekundert S-sel, a terciert T-vel és a kvaternert pedig K-vel jelöljük a következő egyenletek írhatók fel:

$$P + S + T + K = 10$$

$$3P + 2S + T = 22$$

S és T értékét ismerjük, így a következőképpen alakulnak az egyenletek:

$$P + 4 + 3 + K = 10, \text{ azaz } P + K = 3$$

$$3P + 8 + 3 = 22, \text{ azaz } 3P = 11$$

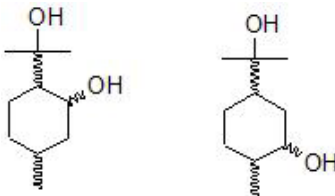
Látható, hogy a második egyenletnek nincs megoldása az egész számok körében. A feladatban leírtakon kívül csak a nyílt láncúságot tételeztük fel, tehát ezt tudjuk módosítani. Egy gyűrűt tartalmazó esetben az összegképlet $C_{10}H_{20}O_2$, az egyenletrendszer pedig:

$$P + 4 + 3 + K = 10, \text{ azaz } P + K = 3$$

$$3P + 8 + 3 = 20, \text{ azaz } 3P = 9$$

Ez már megoldható az egész számok körében, mégpedig úgy, hogy a vegyület 3 primer szénatomot tartalmaz ($P = 3$) és nincs benne kvaterner szénatom ($K = 0$).

b) A szekunder szénatomok elhelyezkedéséből olyan 6 tagú gyűrűre lehet következtetni, mely para helyzetben tartalmaz széntartalmú funkciós csoportokat. A gyűrűben tehát van 4 szekunder és 2 terciér szénatom, a para helyzetű csoportokban pedig 3 primer és 1 terciér. Ez utóbbi úgy jöhet össze, ha az egyik egy metilcsoport, míg a másik egy izopropilcsoport. Az enyhe oxidáció során keletkező keton arra enged következtetni, hogy nincs primer szénatomon hidroxilcsoport, ugyanis abból aldehid keletkezne. Az egyik hidroxilcsoport viszont nem oxidálódik ilyen körülmények között, tehát az terciér szénatomon található, míg a másik szekunderen. A kiralitás tekintetében elmondható, hogy a hidroxilcsoportot tartalmazó szekunder szénatom biztosan királis, tehát a hidroxilcsoportot tartalmazó terciér szénatom nem királis. Így csak az izopropil csoport középső (gyűrűhöz kapcsolódó) szénatomja jöhet szóba. Így a következő 2 konstitúció lehetséges:



c) A leírás alapján a citromillatú eukaliptuszfáról van szó, és a belőle kinyerhető *p*-mentán-3,8-diol nevű vegyületről. Ebben a vegyületben a hidroxilcsoport a metiltől távolabbi szénatomon található, tehát az ábra bal oldalán ábrázolt vegyület a megoldás.

A c) feladatrész alapján könnyűnek bizonyult a keresett vegyület megtalálása, azonban beküldők többségénél hiányzott az előző két feladatrész indoklása. A pontátlag 4,56 volt, a hibátlan megoldáshoz Tóth Petra Lili járt a legközelebb (8 pont).

(Bacsó András)

K452. a) A marsi légkör átlagos moláris tömege:

$$M_{\text{átlag}} = 0,950M(\text{CO}_2) + 0,028M(\text{N}_2) + 0,02M(\text{Ar}) + 0,002M(\text{O}_2) \\ = 43,4 \text{ g/mol}$$

A sűrűség a gáztörvény alapján a $\rho = pM/RT$ összefüggéssel számítható:

$$\rho = 0,0155 \text{ g/dm}^3$$

A földi légkörre $M(\text{levegő}) = 29 \text{ g/mol}$ értéket használva

$$\rho_{\text{Mars}} / \rho_{\text{Föld}} = 0,0127$$

adódik.

b) Azok a lufik szállnának fölfelé, amelyekben a töltőgáz moláris tömege kisebb, mint a légkört alkotó gázelegy átlagos moláris tömege, tehát a He, O₂, C₂H₆ és HCl.

c) 0,0286 mol O₂ 0,0572 mol Mg-al reagál, miközben keletkezik 0,0572 mol szilárd MgO. A maradék Mg CO₂-al 0,1178 mol MgO-t és 0,0589 mol C-t képez.

Így a képződő szilárd anyag össztömege 7,76 g lesz.

Szép megoldások érkeztek, sokan magas pontszámot értek el. A c) részben sok fejtörést okozott, hogy a Mg vajon mivel reagál, néhány esetben a Mg + CO₂ reakció le is maradt.

(Horváth Donát)

K453. a) anód: $2 \text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{e}^-$

katód: $2 \text{CO}_2 + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{CO} + 2 \text{O}^{2-}$

b) $Q = 4 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 14400 \text{ C}$, tehát $n(\text{e}^-) = 0,15 \text{ mol}$. Ebből következik, hogy a fejlődött oxigén anyagmennyisége 0,0375 mol, melynek tömege pontosan 1,2 g. Tehát a cella hatásfoka 100%.

c) Mivel 1 cella 1 hónap alatt 864 g-ot termel, 16 hónap alatt 1737 cella termel 24 t oxigént.

Eközben kétszeres anyagmennyiségű CO keletkezik, amelynek tömege 42 t.

d) Több okot is említhetünk: a keletkező CO környezeti, élettani hatása, a módszer rendkívül nagy energiaigénye (800 °C!), amely költségessé tenné, a földi légkörben a CO₂ kis koncentrációja miatt pedig a módszer nagyon kevésbé lenne hatékony.

Nagyon sok jó megoldás érkezett, a pontátlag ennek megfelelően magas. Néhányan a c) részben csak az egyik kérdést válaszolták meg.

(Horváth Donát)

K454. a) Az 1,00 dm³-es tartályba tett 124 g fehérfoszfor éppen 1,00 mol, melynek a 87,8%-a átalakul, azaz 12,2%-a, vagyis 0,122 mol változatlanul P₄-ként marad. Mivel a (2) folyamat egyensúlyi állandója nagyon kicsi érték, az egyensúlyi elegyben lévő P(g) mennyisége elhanyagolható a másik két komponens mennyiségéhez képest. Emiatt jó közelítéssel az átalakult 0,878 mol P₄ kétszer ekkora anyagmennyiségű, vagyis 1,756 mol P₂(g)-vé alakul. Ezek alapján az 1500 °C-on mért egyensúlyi koncentrációk: [P₄(g)] = 0,122 mol/dm³, valamint [P₂(g)] = 1,756 mol/dm³. Ezekből az (1) folyamat egyensúlyi állandója:

$$K_1 = [\text{P}_2(\text{g})]^2 / [\text{P}_4(\text{g})] = 25,3 \text{ mol/dm}^3$$

b) Ismert, hogy

$$K_2 = [\text{P}(\text{g})]^2 / [\text{P}_2(\text{g})] = 2,33 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$$

Felhasználva, hogy [P₂(g)] = 1,756 mol/dm³, kiszámítható az egyensúlyi foszforatomok koncentrációja, amely [P(g)] = 6,40 · 10⁻⁵ mol/dm³. Az egyensúlyi elegyben az egyes foszforformák (P₄ : P₂ : P) anyagmennyiség-aránya 0,122 : 1,756 : 6,40 · 10⁻⁵, vagyis

$$[\text{P}_4] : [\text{P}_2] : [\text{P}] = 1907 : 27453 : 1$$

(Ez alapján látható, hogy jogos volt az a) feladatrészen alkalmazott elhanyagolás.)

c) Az egyensúlyi nyomás a $p = c_{\text{össz}} \cdot R \cdot T$ összefüggés alapján számítható. Az összkoncentráció $(0,122 + 1,756 + 6,40 \cdot 10^{-5})$ mol/dm³, azaz 1,878 mol/dm³, a hőmérséklet értéke 1773 K, míg $R = 8,314 \text{ J} \cdot (\text{Kmol})^{-1}$. Ezeket az értékeket behelyettesítve az elegy egyensúlyi nyomására 27,7 MPa adódik.

d) 1800 °C-on mind K_1 , mind K_2 értéke nagyobb az 1500 °C-on mérhető értékekhez képest. Ez azt jelenti, hogy a P₂(g) és a P(g) formák egyensúlyi koncentrációja is nagyobb lesz magasabb hőmérsékleten, vagyis egyedül a P₄(g) forma mennyisége lesz kisebb az új egyensúly beállása után. Az új egyensúlyi koncentráció értékek a következők lesznek: $[P_4(g)]' = 0,0162 \text{ mol/dm}^3$, $[P_2(g)]' = 1,97 \text{ mol/dm}^3$, valamint $[P(g)]' = 7,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,0 pont. A legszebb megoldásokat Hegedűs Márton és Kozma Szemere küldték be. Érdeemes megjegyezni, hogy az a) feladatrészen kiszámítandó egyensúlyi állandó mértékegysége mol/dm³, ez több megoldónál hiányzott (pontlevonás nem járt érte).

(Vörös Tamás)

K455. a) Foglaljuk össze táblázatban a keveréket alkotó anyagok és atomok mennyiségét. Vegyük a szén anyagmennyiségét 1,000 mólnak.

	n/mol	m/g	$n(\text{C})/\text{mol}$	$n(\text{Ca})/\text{mol}$	$n(\text{O})/\text{mol}$
C	1,000	12,01	1,000	-	-
CaO	x	$56,08x$	-	x	x
CaCO ₃	y	$100,09y$	y	y	$3y$

A megadott feltétel alapján felírható:

$$12,01(1+y) = 40,08(x+y)$$

$$12,01(1+y) = 16,00(x+3y)$$

Az egyenletrendszer megoldása: $x = 0,09576 \text{ mol}$; $y = 0,2911 \text{ mol}$

Tehát $m(\text{C}) = 12,01 \text{ g}$; $m(\text{CaO}) = 5,370 \text{ g}$; $m(\text{CaCO}_3) = 29,14 \text{ g}$

A tömegarány: $m(\text{C}) : m(\text{CaO}) : m(\text{CaCO}_3) = 2,236 : 1,000 : 5,426$

b) A keverékben lévő CaO reakcióba léphet a levegőben lévő vízzel és szén-dioxiddal. Ha csak vízzel lépne reakcióba, akkor a keverék százalékos oxigéntartalma nőne, kalcium- és széntartalma csökkenne.

Ha csak szén-dioxiddal lépne reakcióba, akkor a keverék százalékos szén- és oxigéntartalma nőne, kalciumtartalma csökkenne. Annyi tehát bizonyos, hogy a keverék százalékos kalciumtartalma csökkenni fog, oxigéntartalma pedig nőni.

c) Közelítsük meg a problémát más oldalról. Legyen a keverék tömege pl. 48,00 g, így mindegyik benne lévő elem tömege 16,00 g kell, hogy legyen.

Ha oxigén csak a CaO-ban lenne, akkor annak anyagmennyisége 1,000 mol, tömege 56,08 g, ami ellentmondás, hiszen a keverék teljes tömege 48,00 g. Tehát oxigénnek lennie kell a kalcium-karbonátot helyettesítő összetevőben is.

Szilárd halmazállapotú szén-oxidok ugyan léteznek, mégis egyszerűbbnek tűnik olyan vegyületet keresni, amelyben nem csak szén és oxigén, hanem kalcium is található. Egy kézenfekvő lehetőség a kalcium-oxalát: $\text{Ca}(\text{COO})_2$.

A keverék összetételét bemutató táblázat ezúttal:

	n/mol	m/g	$n(\text{C})/\text{mol}$	$n(\text{Ca})/\text{mol}$	$n(\text{O})/\text{mol}$
C	1,000	12,01	1,000	-	-
CaO	x	$56,08x$	-	x	x
$\text{Ca}(\text{COO})_2$	y	$128,1y$	$2y$	y	$4y$

A megadott feltétel alapján felírható:

$$12,01(1+2y) = 40,08(x+y)$$

$$12,01(1+2y) = 16,00(x+4y)$$

Az egyenletrendszer megoldása: $x = 0,2135 \text{ mol}$; $y = 0,2149 \text{ mol}$

Tehát $m(\text{C}) = 12,01 \text{ g}$; $m(\text{CaO}) = 11,97 \text{ g}$; $m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 27,53 \text{ g}$

A tömegarány: $m(\text{C}) : m(\text{CaO}) : m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 1,003 : 1,000 : 2,300$

d) Szilárd anyag, amelyben nitrogén- és/vagy oxigén található, lehet például: nitrid, azid, nitrit, nitrát, oxid. A harmadik elem tehát leginkább

valamilyen fém lehet. Az, hogy melyik fém és annak mely sói lehetnek alkalmasak, alapvetően próbálgatással lehet megállapítani.

Választhatjuk kiindulópontnak a kalciumot mint az előző részfeladatok egyik elemét. Ahhoz, hogy a keverék tömegének $1/3$ -a nitrogén lehessen, biztosan szükség lesz olyan anyagra, amely tömegének több, mint $1/3$ -a nitrogén. (Ez a feltétel a továbbiakban is érvényes lesz, és nem csak a nitrogénre, hanem a másik két elemre is.) Ehhez igen nagy nitrogéntartalom kell, ami a szóba jöhető vegyületek közül egyedül a kalcium-azidnál valósul meg: $\text{Ca}(\text{N}_3)_2$; $67,7 \text{ m/m}\% \text{ N}$.

Ami az oxigéntartalmat illeti, szintén szükségünk lesz olyan vegyületre, amely tömegének több, mint $1/3$ -a oxigén. Ez a kalcium-oxidra nem teljesül, de a kalcium-peroxidra igen: CaO_2 , $44,4 \text{ m/m}\% \text{ O}$.

Ezek mellé kell választani egy harmadik anyagot, amely első közelítésben lehet akár elemi kalcium, kalcium-nitrát vagy kalcium-nitrid is.

Elemi kalcium esetén:

	n/mol	m/g	$n(\text{Ca})/\text{mol}$	$n(\text{N})/\text{mol}$	$n(\text{O})/\text{mol}$
Ca	1,000	40,08	1,000	–	–
CaO_2	x	$72,08x$	x	–	$2x$
$\text{Ca}(\text{N}_3)_2$	y	$124,1y$	y	$6y$	–

A megadott feltétel alapján felírható:

$$40,08(1+x+y) = 14,01 \cdot 6y$$

$$40,08(1+x+y) = 16,00 \cdot 2x$$

Sajnos ennek az egyenletrendszernek nincs kémiaiilag értelmes megoldása. Ha jobban belegondolunk, akkor ennek az az oka, hogy a keverék összetevőinek tömegszázalékos kalciumtartalma rendre 100; 55,6; 32,3 – vagyis ahhoz, hogy a kalciumtartalom is rendben legyen, a keveréknek aránytalanul sok kalcium-azidot kellene tartalmaznia, ami azonban a nitrogéntartalom túl magas arányához vezetne.

Kipróbálhatjuk kalcium helyett egy jóval alacsonyabb kalciumtartalmú anyaggal, pl. kalcium-nitráttal.

	n/mol	m/g	$n(\text{Ca})/\text{mol}$	$n(\text{N})/\text{mol}$	$n(\text{O})/\text{mol}$
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,000	164,1	1,000	2,000	6,000
CaO_2	x	$72,08x$	x	-	$2x$
$\text{Ca}(\text{N}_3)_2$	y	$124,1y$	y	$6y$	-

A megadott feltétel alapján felírható:

$$40,08(1+x+y) = 14,01(2+6y)$$

$$40,08(1+x+y) = 16,00(6+2x)$$

Az egyenletrendszer megoldása: $x = 1,005 \text{ mol}$; $y = 1,193 \text{ mol}$

Tehát $m[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] = 164,1 \text{ g}$; $m(\text{CaO}_2) = 72,44 \text{ g}$; $m[\text{Ca}(\text{N}_3)_2] = 148,1 \text{ g}$

A tömegarány: $m[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] : m(\text{CaO}_2) : m[\text{Ca}(\text{N}_3)_2] = 2,265:1,000:2,044$

Megoldható a feladat a CaO , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{N}_3)_2$ anyaghármassal is.

	n/mol	m/g	$n(\text{Ca})/\text{mol}$	$n(\text{N})/\text{mol}$	$n(\text{O})/\text{mol}$
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,000	164,1	1,000	2,000	6,000
CaO	x	$56,08x$	x	-	x
$\text{Ca}(\text{N}_3)_2$	y	$124,1y$	y	$6y$	-

A megadott feltétel alapján felírható:

$$40,08(1+x+y) = 14,01(2+6y)$$

$$40,08(1+x+y) = 16,00(6+x)$$

Az egyenletrendszer megoldása: $x = 0,7402 \text{ mol}$; $y = 0,9505 \text{ mol}$

Tehát $m[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] = 164,1 \text{ g}$; $m(\text{CaO}) = 41,51 \text{ g}$; $m[\text{Ca}(\text{N}_3)_2] = 118,0 \text{ g}$

A tömegarány: $m[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] : m(\text{CaO}) : m[\text{Ca}(\text{N}_3)_2] = 3,953:1,000:2,843$

Kalcium helyett meg lehetne próbálni más fémet is, főleg, ha zavaró a kalcium-azid vagy a kalcium-peroxid nem hétköznapi volta. A nátrium-azid és a nátrium-peroxid vagy a lítium-azid és a lítium-oxid például ígéretes választásnak tűnnek a lítium-nitrát mellé.

Muraközi Péter a nátrium-oxid, nátrium-azid, nátrium-nitrát összetételt választotta – kiváló, bár Vendel nem fog örülni, hogy kémiailag tiszta nátrium-oxidot kell beszereznie, netán előállítania: ez nem éppen egyszerű feladat.

A feladat c) és d) része nehéznek bizonyult. Előbbit Suhajda Botond és Muraközi Péter, utóbbit csak Muraközi Péter oldotta meg helyesen. A pontátlag így csak 4,6 pont lett.

(Zagyai Péter)

K456. a) Az első ábrán látható elemi cella kockájának 8 csúcán és 6 lapközepén találhatóak **A** jelű atomok. A csúcsokon lévő 8, a lapközepén lévő atomok 2 elemi cellához tartoznak, vagyis összesen $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ db **A** jelű atom van egy elemi cellában. **B** jelű atomokból 1 található a cella középpontjában, míg 12 az élek felezőpontjaiban. Utóbbiak mindegyike 4 elemi cellához tartozik, vagyis egy elemi cellához összesen $1 + 12 \cdot 1/4 = 4$ db **B** jelű atom tartozik. Ez alapján az anyag tapasztalati képlete **AB**.

b) Az elemi cella térfogata $(4,212 \cdot 10^{-8} \text{ cm})^3 = 7,47 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$. Ezt a $3,583 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűség értékkel szorozva egy elemi cella tömege $2,68 \cdot 10^{-22} \text{ g}$. Ebben 4 db **A** és 4 db **B** jelű atom található. Ez alapján 1 mol **AB** tömege $(2,68 \cdot 10^{-22} \text{ g})/4 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 40,3 \text{ g}$, amely érték megfelel 1 mol MgO tömegének, melyre az is teljesül, hogy ionjai izoelektronosak.

c) A második ábrán látható elemi cella középpontjában lévő **B** jelű atom teljes egészében ehhez az elemi cellához tartozik, míg a kockák csúcsain lévő 8 db **A** atom mindegyike 8 elemi cellához tartozik, azaz 1 elemi cellában $8 \cdot 1/8 = 1$ db **A** jelű atom van. A vegyület képlete tehát **AB**.

d) Az elemi cella térfogata $(4,503 \cdot 10^{-8} \text{ cm})^3 = 9,13 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$. Ennek tömege $9,13 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3 \cdot 4,725 \text{ g/cm}^3 = 4,31 \cdot 10^{-22} \text{ g}$. Ez egyben 1 db **A** és 1 db **B** jelű atom tömege. Ezek alapján kiszámítható **AB** moláris tömege: $4,31 \cdot 10^{-22} \text{ g} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 259,8 \text{ g/mol}$. Ez a CsI moláris tömege, mely izoelektronos ionokból álló vegyület.

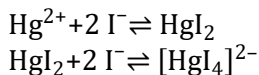
e) A kocka középpontjában lévő **C** jelű atom csak ehhez az elemi cellához tartozik, a lapközepén lévő **B** jelű atomok 2-2, a csúcsokon lévő **A** jelű atomok 8-8 elemi cellához tartoznak, vagyis a vizsgált elemi cellához 1 db **C**, $6 \cdot 1/2 = 3$ db **B** és $8 \cdot 1/8 = 1$ db **A** jelű atom tartozik. Az anyag képlete általánosan **AB₃C**.

f) Az elemi cella térfogata $(3,950 \cdot 10^{-8} \text{ cm})^3 = 6,16 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$. Ezt $2,796 \text{ g/cm}^3$ -rel, majd az Avogadro-állandó értékével szorozva kapjuk az **AB₃C** moláris tömegét, $103,8 \text{ g/mol}$ -t. Ez a Na₃OF moláris tömege, amely izoelektronos ionokból áll.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,8 pont, hibátlan megoldást küldött be Burkódi Mikes és Muraközi Péter.

(Vörös Tamás)

K457. a) A HgI_2 fény hatására elbomlik, illetve a I_2 gázfázisba is nagyobb mértékben kerülhet a napfény miatt a hőmérséklet megemelkedésével. (A ICl még 100°C -on is elég stabil vegyület.)



b) A $25,3 \text{ cm}^3$ nátrium-tioszulfát-oldat $2,53 \text{ mmol}$ nátrium-tioszulfátot tartalmaz, ez a mennyiség $1,265 \text{ mmol}$ jóddal reagált. A $30,0 \text{ cm}^3$ alkoholos jód–higany(II)-klorid-oldatban $0,750 \text{ g}$ jód van, ami $2,95 \text{ mmol}$. Tehát a táplálékkiegészítővel $1,69 \text{ mmol}$ reagált (azaz $1,69 \text{ mmol}$ nyi jód $1,69 \text{ mmol}$ nyi ICl -t képzett, ami $1,69 \text{ mmol}$ nyi kettős kötést telített). Tehát ez $1,69 \text{ mmol}$ kettős kötést jelent a mintában. Amennyiben a minta tiszta EPA ($\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$) lenne, akkor ez $1,69 \text{ mmol} / 5 = 0,338 \text{ mmol}$, azaz $0,102 \text{ g}$ EPA-t jelent. Ha a minta tiszta DHA ($\text{C}_{22}\text{H}_{34}\text{O}_2$), akkor a fogyás megfelel $1,69 \text{ mmol} / 6 = 0,281 \text{ mmol}$, azaz $0,0928 \text{ g}$ DHA-nak.

A pontátlag 7,3 pont lett. Hibaként fordult elő, hogy megfeledeztek arról, hogy minden kettős kötést telít a ICl a reakcióban, és az EPA-ban 5, a DHA-ban 6 kettős kötés, tehát a hibás megoldásban ötszörös, hatszoros tömegek adódtak. Pontot vesztek a nem teljes válaszok is, illetve ha a megoldó nem visszamérési titrálásként oldotta meg a feladatot.

(Borbás Réka)

K458. A feladatban szereplő, 5-nél kisebb tömegszázalék értékek adják meg a keresett vegyületek hidrogéntartalmát, a további három érték pedig az oxigéntartalmakat. Utóbbiak közül feltételezhető, hogy a legnagyobb érték tartozik a kristályvizes sóhoz, a második legnagyobb a metanolt tartalmazóhoz, míg a harmadik legnagyobb az ammóniatartalmúhoz, hiszen ilyen sorrendben csökken a koordinálódott részecskék tömegszázalékos oxigéntartalma.

A kristályvizes vegyületet jelöljük $\text{Me}(\text{CH}_3\text{COO})_x \cdot y \text{H}_2\text{O}$, míg a metanolt tartalmazót $\text{Me}(\text{CH}_3\text{COO})_x \cdot y \text{CH}_3\text{OH}$ képlettel. Ezzel egyben azt is

feltételezzük, hogy a koordinálódott molekulák cseréje során azok száma nem változik. A víztartalmú vegyület oxigéntartalmára felírható, hogy

$$(2x + y) \cdot 16,00 / (M_{\text{Me}} + x \cdot 59,04 + y \cdot 18,02) = 0,4253,$$

míg a metanoltartalmú vegyület esetén az alábbi összefüggést kapjuk:

$$(2x + y) \cdot 16,00 / (M_{\text{Me}} + x \cdot 59,04 + y \cdot 32,04) = 0,3958,$$

ahol M_{Me} az ismeretlen fém moláris tömegét jelöli. Az első egyenletből kifejezhetjük y értékét:

$$y = (0,4253M_{\text{Me}} - 6,89x) / 8,336,$$

melyet a második egyenletbe helyettesítve egyszerűsítést követően $M_{\text{Me}} = 26,00x$ adódik. Kémiaileg helyes megoldást $x = 2$ esetén kapunk, ekkor $M_{\text{Me}} = 52,00$ g/mol, amely a króm moláris tömege. Visszahelyettesítve ezeket az értékeket, a koordinálódott molekulák számára $y = 1$ -et kapunk. A keresett vegyületek képletei tehát $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{CH}_3\text{OH}$ és $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{NH}_3$. Ellenőrizhető, hogy a vegyületek tömegszázalékos oxigéntartalma rendre 42,53; 39,58 és 34,21, míg a hidrogéntartalmuk 4,287; 4,987 és 4,849 m/m%, amelyek éppen a feladatban szereplő értékek. Fontos megjegyezni, hogy a króm(II)-acetát dimer formában fordul elő, melyben négyszeres Cr-Cr kötés szerepel. A tényleges képletek tehát:



A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,1 pont. A legszebb megoldást Tóth Petra Lili küldte be, kiemelve, hogy a keresett vegyületek dimer formájában fordulnak elő.

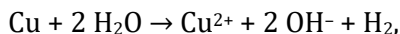
(Vörös Tamás)

K459. a) anód: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$

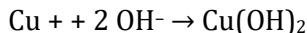
(A Cu/Cu^{2+} standard potenciál kisebb, mint a Cl^-/Cl_2 , így az anód anyaga fog oxidálódni. A rézelektrod mint anód tehát nem indifferens elektródként viselkedett.)

katód: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

Az elektrolízis bruttó reakcióegyenlete tehát:



ill. a $\text{Cu}(\text{OH})_2$ csapadékként leválik:



b) A kiindulási oldat tömege $400 \text{ cm}^3 \cdot 1,10 \text{ g/cm}^3 = 440 \text{ g}$.

Ebben $0,4 \text{ dm}^3 \cdot 1,5 \text{ mol/dm}^3 = 0,6 \text{ mol NaCl}$ volt, ami 35,1 g, és ez a mennyiség az elektrolízis során nem változik.

A katódon $49 / 24,5 = 2 \text{ mol H}_2$ fejlődik, emellett a bruttó egyenlet szerint 2 mol $\text{Cu}(\text{OH})_2$ válik le. Tehát gyakorlatilag 4 mol víz hagyja el a rendszert, melynek tömege 72 g.

Az új összetétel:

$$\frac{35,1}{440-72} \cdot 100 = 9,54\%$$

Az anódreakciót sokan hibásan írták fel, a kloridion oxidációját tételezték fel, emiatt a számolásuk is teljesen elcsúszott. Néhányan csapadékot is az oldat részének tekintették, vagy csak a H_2 távozását vették figyelembe, és emiatt kaptak hibás eredményt.

(Horváth Donát)

H381. A különféle aminok és a HCl gáz reakciójában szilárd sók keletkezését várjuk. A gázfázisban visszamarad a levegő és a feleslegben levő reagens, ami lehet a HCl: 36,45 g/mol vagy az Et-NH₂: 45,08 g/mol, Me-NH₂: 31,05 g/mol, NH₃: 17,03 g/mol egyike.

A levegő (78% nitrogén, 21% oxigén és 1% argon) átlagos moláris tömege ilyen összetételben 28,96 g/mol. A visszamaradó gázok levegőhöz viszonyított relatív sűrűségével azt vizsgáljuk tulajdonképpen, hogy a visszamaradó gáz átlagos moláris tömege hogyan viszonyul a levegőéhez.

Egy különleges eset, ha a visszamaradó gáz levegőhöz viszonyított relatív sűrűsége épp 1, ilyenkor biztos, hogy tiszta levegő maradt vissza, a reagensek épp 1:1 mólarányban voltak jelen. Az aminok ekkor a nagyobb tartály 50 térfogatszázalékát teszik ki.

Etil-aminos keverékeknél az összes többi esetben az elegy moláris tömege magasabb a levegőénél. Ez kétféle módon valósulhat meg: vagy az etil-amin vagy a HCl marad feleslegben.

Viszont a HCl-feleslegnek határt szab az edények térfogataránya. Tiszta levegő és HCl keverése esetén lesz maximális a gáz átlagos moláris tömege HCl-felesleg esetén.

$$\bar{M}_{max,HCl} = \frac{M_{lev} + 0,5M_{HCl}}{1,5} = 31,46 \text{ g/mol}$$

Ennél magasabb moláris tömegek esetén biztosan etil-amin maradt vissza a reakció után. Legyen az eredeti elegy etil-amin tartalma x , és ez ekkor biztosan nagyobb, mint 50%. A reakció utáni elegy átlagos moláris tömegére felírható:

$$\bar{M} = \frac{(1-x)M_{lev} + (x-0,5)M_{EtNH_2}}{0,5} > 31,46 \text{ g/mol}$$

Az egyenlőtlenséget megoldva:

$$x > 0,578 = \frac{1}{2} + \frac{M_{HCl} - M_{lev}}{6(M_{EtNH_2} - M_{lev})}$$

Tehát ha a kiindulási gázkeverék etil-amin-tartalma pontosan 50% vagy nagyobb, mint 57,8%, akkor a sűrűségmérésből egyértelműen megkapható az összetétel.

Ammónia-levegő keverékek esetén a visszamaradó elegy átlagos moláris tömege a levegőénél kisebb, ha az ammónia, nagyobb, ha a HCl van feleslegben. A sűrűségmérésből egyértelműen meghatározható a keverék összetétele.

Metil-amin levegő keverék reakciója esetén a visszamaradó gáz átlagos moláris tömege nagyobb lesz a levegőénél, és ez megeshet bármelyik reakciópartner feleslegénél.

Metil-amin-felesleg esetén az átlagos moláris tömeg nem lehet 31,05 g/mol-nál nagyobb, ami akkor áll elő, amikor tiszta metil-amin és HCl reagál, és metil-amin marad csak vissza a reakció után. Ha a mérés ennél nagyobb moláris tömeget ad, akkor biztos a HCl-felesleg. Legyen az eredeti elegy metil-amin tartalma x . A reakció utáni elegy átlagos moláris tömege:

$$\bar{M} = \frac{(1-x)M_{lev} + (0,5-x)M_{HCl}}{1,5-2x} > 31,05 \text{ g/mol}$$

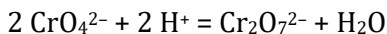
Ebből az egyenlőtlenségből:

$$x < 0,184 = \frac{0,5(M_{HCl} - M_{MeNH_2}) - (M_{MeNH_2} - M_{lev})}{(M_{HCl} - M_{MeNH_2}) - (M_{MeNH_2} - M_{lev})}$$

Tehát ha a kiindulási gázkeverék metil-amin-tartalma pontosan 50% vagy kisebb, mint 18,4%, akkor a sűrűségmérésből egyértelműen megkapható az összetétel.

(Magyarfalvi Gábor)

H382. A feladat megoldása során a következő egyensúlyi átalakulást vizsgáljuk:



a folyamathoz K egyensúlyi állandó tartozik. Itt kell megjegyezni, hogy a feladat kiírása hibát tartalmazott, ugyanis az egyensúlyi állandó értéke helyesen $3 \cdot 10^{14}$.

A feladat a) részében a két színes speciesz arányát kellett vizsgálni a pH függésében: Az oldat színe citromsárga ha a $[\text{CrO}_4^{2-}]/[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ aránya 9:1, míg narancssárga ha ez az arány 1:9.

A továbbiakban a $[\text{CrO}_4^{2-}]/[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ arányt A -val jelöljük, míg a króm-tartalmú specieszek összkoncentrációját c -vel. Számításainkhoz a következő egyenletek használjuk fel:

$$K = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 [\text{H}^+]^2}$$

$$A = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$$

$$c = 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] + [\text{CrO}_4^{2-}]$$

Ezekből az egyenletekből kifejezhető a hidrogénionok koncentrációja az egyensúlyi állandó, a koncentráció és az arány függvényében:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{1}{K} \frac{A + 2}{cA^2}}$$

Ez alapján az oldat citromsárga színű, ha a $\text{pH} > 7,2$, míg narancssárga, ha a $\text{pH} < 5,6$.

A b) kérdésben azt kellett megvizsgálni, hogy alkalmas-e a kromát-dikromát rendszer sav-bázis indikátornak. Számos okból nem. Nagyon magas koncentrációban szükséges alkalmazni, hogy jól látható legyen a színe. Ez a színváltó átalakulás sok savat igényel, így e két együttes hatás miatt jelentős hibát okoz a mérésben. Továbbá a kromát-dikromát rendszer erős oxidáló hatású elegy, ami a mérendő vegyületek átalakulását is okozhatja.

A feladat megoldása a többségnek jól sikerült, a hibás egyensúlyi állandó érték ellenére.

(Varga Szilárd)

H383. a) A bomlástörvény:

$$N(t) = N(0) \exp(-\lambda t)$$

ahol $N(0)$ és $N(t)$ a radioaktív izotóp mennyisége a kezdeti és a t időpontban, λ pedig a bomlási állandó.

A bomlástermékek és a kérdéses izotóp mennyiségének aránya tehát:

$$\frac{N(0) - N(t)}{N(t)} = \frac{N(0) - N(0)e^{-\lambda t}}{N(0)e^{-\lambda t}} = e^{\lambda t} - 1$$

b) A mintában levő 140 g K 3,58 mol, ennek 0,012%-a, 0,430 mmol a K-40.

Az argontartalom 10,86%-a az összes elbomlott K-40-nak, ami ezek szerint $1,76 \cdot 10^{-4}$ mmol.

Az arányt a fent kapott képletbe helyettesíthetjük be, és figyelembe vehetjük, hogy a bomlási állandó a két részfolyamat állandóinak összege $5,543 \cdot 10^{-10}$ év⁻¹.

Az így kapott eredmény: $t = 0,74$ Mév.

c) A Ga-68 bomlási állandója $\lambda = \ln(2)/t_{1/2} = 0,614$ h⁻¹.

A radioaktív magok aktivitása egyenesen arányos a számukkal, tehát az aktivitás is a bomlástörvény szerint csökken:

$$A(t) = A(0) \exp(-\lambda t)$$

Az aktivitás 2 óra, illetve 7,5 óra után 100 MBq-ról ezen összefüggés szerint 29,3 MBq-re, illetve 1,0MBq-ra csökken.

Az eredeti érték 15%-ára az aktivitás pedig az összefüggés szerint 3,09 óra után csökken, azaz 13:05-ig lehet beadni a mintát.

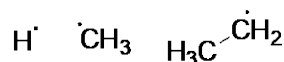
d) Az aktivitás a bomlási állandó és a magok számának szorzata. A megfelelő mértékegységekkel 1 mol Ga-68-ra:

$$A = \lambda N = 1,706 \cdot 10^{-4} \text{ 1/s } N_A = 1,027 \cdot 10^{11} \text{ GBq}$$

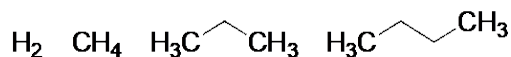
A 67,93 g mintára ez $1,51 \cdot 10^9$ GBq/g fajlagos aktivitást jelent.

(Magyarfalvi Gábor)

H384. a) Az etán radiolízise során keletkező gyökök a következők:



A radiolízis során keletkező új molekulák:



Egy etánmolekulában 6 db C-H kötés és 1 db C-C kötés található, így egy C-H kötés hasadásának a valószínűsége $6/7$, míg a szén-szén kötés hasadásának valószínűsége $1/7$. Feltételezve, hogy a radiolízis körülményei között ugyanolyan könnyen hasad a C-H és a C-C kötés. Ha n db etánmolekulát radiolízisnek vetünk alá, akkor a keletkező gyökök mennyiség és keletkezésének relatív valószínűsége a következőnek adódik:

Gyökök	Mennyiség	Relatív valószínűség
H^\cdot	$6n/7$	$(6n/7)/2n = 3/7$
$\cdot\text{CH}_3$	$2n/7$	$(2n/7)/2n = 1/7$
$\text{H}_3\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H}_2$	$6n/7$	$(6n/7)/2n = 3/7$
Összesen	$14n/7 = 2n$	1

A gyökök rekombinációja során keletkeznek az új termékek. A termékek keletkezésének valószínűségét a következőképpen számíthatjuk:

Ha a gyökök nem egyformák (**A** és **B**, melyek képződési valószínűsége $p(\mathbf{A})$ és $p(\mathbf{B})$), akkor a képződő termék képződési valószínűsége

$$p(\mathbf{AB}) = 2p(\mathbf{A})p(\mathbf{B});$$

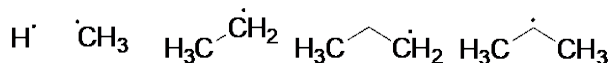
ha a gyökök egyformák (2 **A**, melyek képződési valószínűsége $p(\mathbf{A})$), akkor képződő termék képződési valószínűsége

$$p(\mathbf{A}_2) = p(\mathbf{A})^2.$$

Így az etán radiolízise során képződő termékek keletkezésének valószínűsége a következő:

Termék	Gyökök	Relatív valószínűség	Új termékek aránya
H ₂	H \cdot H \cdot	$(3/7)(3/7) = 9/49$ (18%)	30%
CH ₄	H \cdot \cdot CH ₃	$2(3/7)(1/7) = 6/49$ (12%)	20%
C ₂ H ₆	H \cdot \cdot CH ₃	$2(3/7)(3/7)$	
	\cdot CH ₃ \cdot CH ₃	$+(1/7)(1/7) = 19/49$ (39%)	
C ₃ H ₈	H \cdot H ₃ C- $\dot{\text{C}}\text{H}_2$	$2(3/7)(1/7) = 6/49$ (12%)	20%
C ₄ H ₁₀	H ₃ C- $\dot{\text{C}}\text{H}_2$ H ₃ C- $\dot{\text{C}}\text{H}_2$	$(3/7)(3/7) = 9/49$ (18%)	30%
Összesen		1 (100%)	100%

b) A propán radiolízise során képződő gyökök:

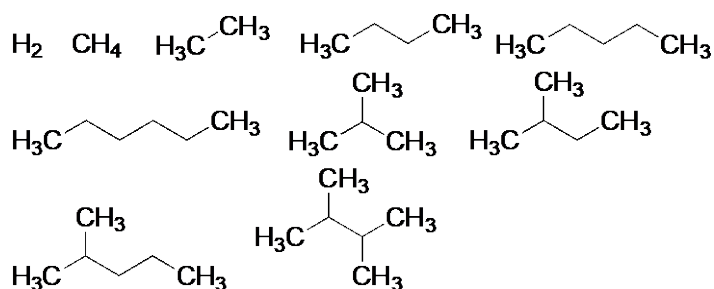


A propánban 6 db C_{prim}-H, 2 db C_{szek}-H és 2 db C-C kötés található, felhasadásuk során 20 gyök keletkezhet egyenlő valószínűséggel.

Ha n db propán molekulát radiolízisnek vetünk alá, akkor a keletkező gyökök mennyiség és keletkezésének relatív valószínűsége a következőnek adódik:

Gyökök	Mennyiség	Relatív valószínűség
$\text{H}\cdot$	$8n/10$	$(8n/10)/2n = 4/10$
$\cdot\text{CH}_3$	$2n/10$	$(2n/10)/2n = 1/10$
$\text{H}_3\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H}_2$	$2n/10$	$(2n/10)/2n = 1/10$
$\text{H}_3\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_3$	$6n/10$	$(6n/10)/2n = 3/10$
$\text{H}_3\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_3$	$2n/10$	$(2n/10)/2n = 1/10$
Összesen	$20n/10 = 2n$	1

c) 10 db új termék keletkezik, amelyek szerkezete a következő:



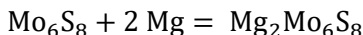
d) A propán radiolízise során képződő termékek keletkezésének valószínűsége a következő:

Termék	Gyökök	Relatív valószínűség	Új <i>n</i> -alkán aránya
H ₂	H· H·	$(4/10)(4/10) = 16/100$	
CH ₄	H· ·CH ₃	$2(4/10)(1/10) = 8/100$	21%
C ₂ H ₆	H· C ₂ H ₅ ·	$2(4/10)(1/10) + (1/10)(1/10) = 9/100$	23%
	·CH ₂ ·CH ₃		
C ₃ H ₈	H· 1-C ₃ H ₇ ·	$2(4/10)(3/10) + 2(4/10)(1/10) + 2(1/10)(1/10) = 34/100$	
	H· 2-C ₃ H ₇ ·		
	·CH ₃ C ₂ H ₅ ·		
C ₄ H ₁₀	·CH ₃ 1-C ₃ H ₇ ·	$2(1/10)(3/10) + (1/10)(1/10) = 7/100$	18%
	C ₂ H ₅ · C ₂ H ₅ ·		
(CH ₃) ₂ CHCH ₃	·CH ₃ 2-C ₃ H ₇ ·	$2(1/10)(1/10) = 2/100$	
C ₅ H ₁₂	C ₂ H ₅ · 1-C ₃ H ₇ ·	$2(1/10)(3/10) = 6/100$	15%
(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	C ₂ H ₅ · 2-C ₃ H ₇ ·	$2(1/10)(1/10) = 2/100$	
C ₆ H ₁₄	1-C ₃ H ₇ · 1-C ₃ H ₇ ·	$(3/10)(3/10) = 9/100$	23%
(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ CH ₃	1-C ₃ H ₇ · 2-C ₃ H ₇ ·	$2(3/10)(1/10) = 6/100$	
(CH ₃) ₂ CHCH(CH ₃) ₂	2-C ₃ H ₇ · 2-C ₃ H ₇ ·	$(1/10)(1/10) = 1/100$	
Összesen		1	100%

A feladat megoldásával kapcsolatban a legtöbb nehézséget az egyes gyökök relatív valószínűsége, illetve a termékarányok megállapítása jelentette a beküldőknek.

(Varga Szilárd)

H385. a) A felírt elektródreakciók alapján a cellareakció:



A cellareakció standardpotenciálja az alábbiak szerint számítható:

$$E = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}} = (-1,3 \text{ V}) - (-2,4 \text{ V}) = 1,1 \text{ V}$$

Ezt felhasználva a cellareakció standardentalpia-változása:

$$\Delta_r G = -zFE = -4 \cdot 96485 \text{ C/mol} \cdot 1,1 \text{ V} = -424,5 \text{ kJ/mol}$$

b) Először számítsuk ki az akkumulátor fajlagos energiasűrűségét. Tekintsünk egy olyan galváneleket, melyben a fenti cellareakció 1 mólja játszódik le. Ekkor 1,1 V feszültség mellett 4 mol·96485 C/mol töltést ad le az anód, és vesz fel a katód. E reakcióhoz 1 mol Mo₆S₈-ra és 2 mol magnéziumra van szükség, valamint a feladat feltételei szerint e két összetevő teszi ki a teljes tömeg felét. Ez alapján a fajlagos energiasűrűség:

$$\frac{4 \text{ mol} \cdot 96485 \text{ C/mol} \cdot 1,1 \text{ V}}{(1 \text{ mol} \cdot 832,1 \text{ g/mol} + 2 \text{ mol} \cdot 24,3 \text{ g/mol}) \cdot 2} = 241,02 \text{ J/g}$$

Felhasználva, hogy 1 Wh 3,6 kJ-al egyenlő, azt kapjuk, hogy az előbbi fajlagos energiasűrűség 66,95 Wh/kg. Ha azt szeretnénk, hogy azonos mennyiségű energiát tudjon leadni az új akkumulátor, akkor az előbbi fajlagos energiasűrűség alapján körülbelül 3,0-szoros tömegű Mg-ion-akkumulátorra van szükség a Li-ion-akkumulátor lecseréléséhez.

c) A Mo₆S₈ mennyisége (3,0 mmol) miatt 6,0 mmol Mg oxidálódik a kisülés során. Eredetileg 7,15 mmol magnéziumból állt az anód, így az eredeti mennyiség 84%-a oxidálódott. Ez alapján egyenletes elvékonyodást feltételezve az eredeti 0,16-szorosára csökken a fólia vastagsága, ami így 1,6 μm lesz.

d) A két elektródon 4 mol·96485 C/mol töltés áthaladásához 1 mol Mo₆S₈ és 2 mol Mg szükséges. Ez alapján az anód fajlagos kapacitása 7941,1 C/g, míg az katódé 463,8 C/g. Tudjuk, hogy 1 mAh 3,6 C-al

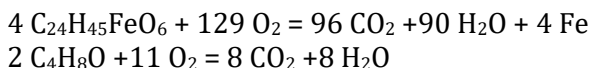
egyenletékű, így az akkumulátor anódjának 2206 mAh/g, míg katódjának 128,8 mAh/g a fajlagos kapacitása.

e) Ügyelve arra, hogy használat során, mind a két elektródon történik töltésáthaladás, használjuk fel az előző rész eredményeit. Ezek alapján 3,9 g tömegű Mo_6S_8 -ra, valamint a felesleget figyelembe véve 0,25 g magnéziumra van szükség. Mivel az akkumulátor tömegének felét teszi ki e két komponens, így az akkumulátor teljes tömege 8,3 g.

A feladat nem okozott nagy nehézséget. Sokan írtak hibátlan, vagy közel hibátlan megoldást. Az átlagpontoszám 8,55 lett.

(Ficsór István Dávid)

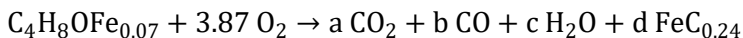
H386. a) A prekursor és a THF égésének egyenlete:



Az égéshez szükséges oxigén:

$$V = \left(\frac{2,7 \text{ g/min}}{485,45 \text{ g/mol}} \frac{129}{4} + \frac{1,8 \text{ g/min}}{72,1 \text{ g/mol}} \frac{11}{2} \right) 24,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} = 7,75 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

b) A tapasztalati egyenlet alapján felírható a 4 elem anyagmérlege, és kiszámíthatók a hiányzó együtthatók:



$$\text{C: } 4 = a + b + 4 \cdot 0,24$$

$$\text{H: } 8 = 2c$$

$$\text{O: } 1 + 2 \cdot 3,87 = 2a + b + c$$

$$\text{Fe: } 0,07 = d$$

$$a = 0,7568, b = 3,226, c = 4, d = 0,07$$

Az a/b arány tehát 0,235.

c) Az $\text{FeC}_{0,24}$ összetétel 4,9 % széntartalmat tükröz, tehát a nanorészecskékben vas és vas-karbid található.

d) A széntartalom arra utal, hogy vas-karbid és szén alkotja a részecskéket, a szövegből az is kiderült, hogy vas-karbid magot borít ilyenkor grafitréteg. Legyen a grafitréteg vastagsága r , akkor a mag sugara $30-r$.

A gömb alakú részecske és mag térfogata és sűrűségeik segítségével felírható egy összefüggés a teljes részecske ismeretes széntartalmára:

$$0,094 = \frac{\rho_{gr}(V_{rész} - V_{mag}) + 0,0667\rho_{FeC}V_{mag}}{\rho_{gr}(V_{rész} - V_{mag}) + \rho_{FeC}V_{mag}}$$

$$0,094 = \frac{2,26(V1 - V2) + 0,0667 \cdot 7,69 V2}{2,26(V1 - V2) + 7,69V2}$$

Az egyenletet megoldva $r = 0,96$ nanométer. A mágneses részecske térfogata a héj nélkül $V_{mag} = 1,03 \cdot 10^5 \text{ nm}^3$.

A feladat megfogalmazása nem volt tökéletes, lehetett úgy is értelmezni, hogy a mágneses mag sugara 30 nm, és ez esetben a grafithéj vastagságát és a teljes részecske térfogatát kell kiszámítani, azaz $30 + r$ a teljes részecske sugara.

A héj vastagságára ilyenkor 0,99 nm jön ki, a teljes részecske térfogata pedig $V_{rész} = 1,25 \cdot 10^5 \text{ nm}^3$.

Bármelyik esetet tekintjük, a héj vastagsága a mérési hibán belül megfelel a négy grafénréteghez tartozó $3 \cdot 0,335 \text{ nm}$ vastagságnak.

Az aránylag munkás megoldásokban kevés volt a számolási hiba. Érdekes, hogy a viszonylag egyszerű b) részben esett a legtöbb ilyen. A grafitrétegek számolásánál is gyakori volt a tévedés: 4 grafénréteg vastagsága felel meg 3 rétegeközi távolságnak.

(Magyarfalvi Gábor)

H387. a) Az α a ^{18}O atomok száma osztva az összes oxigénatom számával:

$$\alpha = \frac{f_{36} + \frac{1}{2}f_{34}}{f_{36} + f_{34} + f_{32}} = f_{36} + \frac{1}{2}f_{34}$$

Ennek megfelelően:

$$f_{36} = \alpha - \frac{1}{2}f_{34}$$

Mínt hogy a móltörtek egyet adnak ki:

$$f_{32} = 1 - f_{36} - f_{34} = 1 - \left(\alpha - \frac{1}{2}f_{34}\right) - f_{34} = 1 - \alpha - \frac{1}{2}f_{34}$$

Ezek az összefüggések bármilyen elegyre igazak, nem csupán az izotópokat teljesen véletlenszerűen tartalmazó keverékre, amiben:

$$f_{36} = \alpha^2 \quad f_{34} = 2 \alpha (1-\alpha) \quad f_{32} = (1-\alpha)^2$$

b) Az izotópcseré folyamatának a reakcióhője nulla, hisz oxigénmolekulák szerepelnek az egyenlet mindkét oldalán.

A reakció moláris entrópiaváltozása viszont a megadott összefüggés alapján:

$$\Delta_r S^0 = 2 \cdot \ln 2 \cdot R$$

Így:

$$\Delta_r G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0 = -298 \text{ K} \cdot 11,3 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} = -3,37 \text{ kJ/mol}$$

$$K = e^{\frac{-\Delta_r G_{298}^0}{RT}} = e^{\frac{-\Delta_r H_{298}^0 + T \Delta_r S_{298}^0}{RT}} = e^{\frac{\Delta_r S_{298}^0}{R}} = e^{\frac{2 \cdot \ln 2 \cdot R}{R}} = 4$$

Ez az egyensúlyi állandó láthatóan független a hőmérséklettől.

Egy másik megközelítés a véletlenszerű, azaz egyensúlyi izotópeloszlásra kapott gyakoriságokat használja:

$$K = \frac{(2 \alpha (1-\alpha))^2}{\alpha^2 \cdot (1-\alpha)^2} = 4$$

c) A kérdés megközelíthető az izotópok véletlenszerű eloszlására alapozva, a korábban megadott eloszlás alapján. Ez esetben $\alpha = 0,5$.

$$f_{36} = \alpha^2 = 0,25 \quad f_{34} = 2 \alpha (1-\alpha) = 0,5 \quad f_{32} = (1-\alpha)^2 = 0,5$$

Az izotópcseré folyamatát a megadott reakció egyensúlyát követve is tárgyalhatjuk. Ha x mol alakul át a kiindulási anyagokból:

$$K = \frac{(2x)^2}{(0,5-x) \cdot (0,5-x)} = 4$$

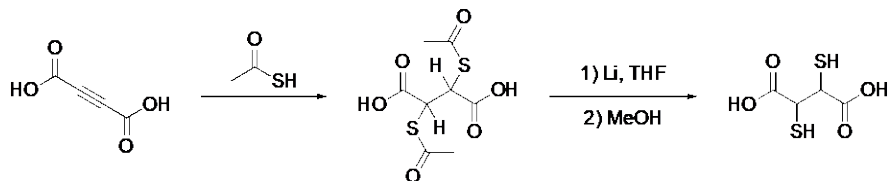
Az egyenletrendszer megoldásából $x = 0,25$, ami természetesen megfelel a fent megadott eredménynek.

A feladat szövege nem (az eredetiben sem) hangsúlyozta, hogy a levezetendő összefüggéseknél érdemes olyanokat keresni, amelyek érvényesek lesznek az izotópok bármilyen eloszlásánál is, nemcsak a véletlenszerű esetben, így elfogadtunk minden helyes kifejezést. Érdekes volt, hogy a c) kérdésben több megoldónak nem lett gyanús, hogy az

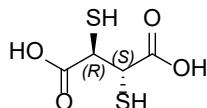
elvértett számolása miatt az izotópok összaránya eltért a kiindulástól. A megoldók közel 40%-a ért el maximális pontot.

(Magyarfalvi Gábor)

H388. a) A reakció:



A dimerkaptó-szukcinilsav sztereoizomerei közül az R,R és az S,S változatok egymás enantiomerei, és forgatják a polarizált fényt. A harmadik sztereoizomer, az R,S változat nem forgat, ez a forgalmazott anyag.



b) A négyértékű sav oldatában érdemben csak a karbonsavcsoportok disszociálnak, a tiolcsoportok disszociációja biztosan elhanyagolható.

Csak az első disszociációs lépést tekintve is eléggé savas az oldat:

$$K_1 = 10^{-2,71} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_3\text{A}^-]}{[\text{H}_4\text{A}]} \cong \frac{x^2}{0,1 - x}$$

A megoldásból megkapott hidrogénion-koncentráció 1,885-es pH-nak felel meg. A második disszociáció ilyen pH-n csak néhány százalékos, de számításba vételével korrigálni lehet:

$$K_2 = 10^{-3,48} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{A}^{2-}]}{[\text{H}_3\text{A}^-]}$$

$$0,1 = [\text{H}_4\text{A}] + [\text{H}_3\text{A}^-] + [\text{H}_2\text{A}^{2-}]$$

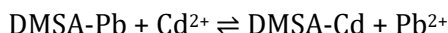
$$[\text{H}_3\text{A}^-] + 2[\text{H}_2\text{A}^{2-}] = [\text{H}^+]$$

A négy ismeretlen koncentráció megkereséséhez az anyagmérleg és töltésmérleg felírása szükséges a két egyensúlyon felül. Az így kapható

1,875-ös pH a közönséges pH-mérők pontosságán belül savasabb csupán az első közelítésnél.

c) A kiindulási ólomkoncentráció a vérben $4,1 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ -nek, A bevitt DMSA mennyisége viszont $0,41 \text{ mmol}/\text{dm}^3$ -nek felelt meg. A DMSA komplexálódó 0,5%-a az ólom felét tudja komplexálni, így $2,05 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ólom marad szabadon.

d) A két DMSA komplex erősen kötött, a szabad ligandum koncentrációja elhanyagolható lesz az oldatban. Tulajdonképpen az alábbi reakció egyensúlya lesz a meghatározó:



Ennek egyensúlyi állandója a két stabilitási állandó hányadosa:

$$K = \frac{[\text{DMSA-Cd}][\text{Pb}^{2+}]}{[\text{DMSA-Pb}][\text{Cd}^{2+}]} = \frac{K_2}{K_1} = 10^{-1,1} = \frac{x^2}{(0,1-x)(0,05-x)}$$

Az egyenletet megoldva $x = [\text{DMSA-Cd}] = [\text{Pb}^{2+}] = 0,0153 \text{ mmol}/\text{dm}^3$.

$[\text{DMSA-Pb}] = 0,0847 \text{ mmol}/\text{dm}^3$, $[\text{Cd}^{2+}] = 0,0347 \text{ mmol}/\text{dm}^3$.

A feladat a beküldők többségének nem jelentett komolyabb nehézséget (az átlagos pontszám 8 volt), bár általában sokkal bonyolultabb számolások végén jutottak el a végeredményhez, mint ahogy az szükséges volt. Érdekes módon senki nem vette észre, hogy tized pontosságú pH-bebecsléshez a DMSA első disszociációjával is elég volt számolni.

(Magyarfalvi Gábor)

H389. a) A feladatra több megoldás is létezik.

Lehetséges például az ideális gáztörvény eredeti, $pV = nRT$ alakját a

$$p = nRT \cdot \frac{1}{V}$$

alakba transzformálni. Ekkor, ha a vízszintes tengelyen a térfogat reciprokát ($1/V$), a függőleges tengelyen pedig a nyomást ábrázoljuk, akkor – állandó hőmérséklet és anyagmennyiség esetén – lineáris függvényt kapunk, melynek kiterjesztése egy, az origón átmenő, az egyenes arányosságnak megfelelő grafikonnal ábrázolható függvény. Ennek meredeksége nRT , míg tengelymetszete az előbbieket szerint az origó mindkét tengely esetén. A hőmérséklet növelésével a meredekség nő, így az egyenes pozitív irányba (az óramutató járásával ellentétes

irányba) elfordul. Természetesen valójában a $p\left(\frac{1}{V}\right)$ függvény nem értelmezhető a (0; 0) pontban, hiszen sem a nyomás nem lehet 0, sem a térfogat reciproka nem lehet 0 (ez utóbbi azt jelentené, hogy a térfogat ∞ vagy $-\infty$, ami természetesen nem lehetséges). Tehát szigorúan véve ebben az esetben nincs metszéspontja a grafikonnak egyik tengellyel sem. A javítás során a tengelymetszetek esetén mindkét megoldást elfogadtuk.

Egy másik, linearizálás céljából gyakran célravezető lehetőség a logaritmálás. Ez esetünkben $\ln(pV) = \ln(nRT)$ alakhoz vezet, melyre a logaritmus azonosságait alkalmazva, és átrendezve az $\ln p = \ln(nRT) - \ln V$ alak adódik. Ekkor tehát a térfogat természetes alapú logaritmusának függvényében a nyomás természetes alapú logaritmusát ábrázolva egyenest kapunk. Ennek meredeksége -1, függőleges tengelymetszete $\ln(nRT)$, vízszintes tengelymetszete (tehát zérushelye) pedig az $\ln p$ függőleges koordináta helyére 0-t behelyettesítve kapható:

$$\begin{aligned} 0 &= \ln(nRT) - \ln V \\ \ln V &= \ln(nRT) \end{aligned}$$

Tehát a vízszintes tengelymetszet szintén $\ln(nRT)$. Ezen metszéspontoknak fizikailag is van realitása. A hőmérsékletet növelve a meredekség nem változik, a tengelymetszetek viszont nőnek, tehát a grafikon eltolódik jobbra felfelé egy, az eredetivel párhuzamos egyenesbe. Természetesen tetszőleges pozitív, 1-től különböző alappal elvégezhető a logaritmálás, hasonló eredményt kapunk. 1-nél kisebb alapú logaritmusok esetén a hőmérséklet növelésének hatására a függvény balra lefelé, 1-nél nagyobb alapok esetén jobbra felfelé tolódik (ez utóbbi az 1-nél kisebb alapú logaritmusfüggvények szigorúan monoton csökkenő, az 1-nél nagyobb alapú logaritmusfüggvények szigorúan monoton növekvő tulajdonságából adódik).

b) Nagy nyomáson az ideális gáztörvény veszít érvényességéből, mivel a gáZRészecskék (molekulák vagy atomok) kellő közelségbe kerülnek egymáshoz ahhoz, hogy a köztük fellépő kölcsönhatást már ne lehessen elhanyagolni, továbbá kellően nagy nyomáson a gáZRészecskék ösztérfogata már nem elhanyagolható az edény térfogatához képest. Az ideális gáztörvény többek közt azokon a közelítéseken alapszik, hogy a gáZRészecskék térfogata elhanyagolhatóan kicsi az edény térfogatához

képeket, és hogy a gázcseppkék közti kölcsönhatás – az ütközések kivételével – elhanyagolható.

c) Ismert termodinamikai összefüggés a következő:

$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K$$

ahol $\Delta_r G^0$ a vizsgált reakció standard szabadentalpia-változása, R az ideális gázállandó, T az abszolút hőmérséklet, K pedig a vizsgált reakció egyensúlyi állandója. Az egyenletet átrendezhető a következő alakba:

$$\ln K = -\frac{\Delta_r G^0}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

Ez alapján látható, hogy ha az egyensúlyi állandó természetes alapú logaritmusát a hőmérséklet reciprokéval függvényében ábrázoljuk, egyenest kapunk, melynek meredeksége $-\frac{\Delta_r G^0}{R}$ (meghosszabbítása pedig most is átmegy az origón, de ez a pont fizikailag ismét nem értelmezhető, hiszen ebben az esetben a hőmérséklet reciproka 0, tehát a hőmérséklet ∞ vagy $-\infty$ kellene, hogy legyen). Tehát a vízszintes tengelyen a hőmérséklet reciprokat, a függőleges tengelyen pedig az egyensúlyi állandó természetes alapú logaritmusát kell ábrázolni. Az elmondottak azonban csak akkor érvényesek, ha kellően kis hőmérséklet-tartományban vizsgálódunk, mivel csak ebben az esetben hanyagolhatjuk el a szabadentalpia-változás hőmérsékletfüggését. Tágabb hőmérséklet-tartományban ez az elhanyagolás, és így a linearitás is jelentősen sérül.

Természetesen a termodinamikában szintén jól ismert következő helyettesítést is alkalmazhatjuk:

$$\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T \Delta_r S^0$$

ahol $\Delta_r H^0$ a vizsgált reakció standard entalpiaváltozása, $\Delta_r S^0$ pedig a standard entrópiaváltozása. Így a következő, van't Hoff egyenletként ismert alakhoz juthatunk:

$$\ln K = -\frac{\Delta_r H^0}{R} \cdot \frac{1}{T} + \frac{\Delta_r S^0}{R}$$

A tengelyek ebben az esetben is megegyeznek az előzőekkel, de a meredekség és a tengelymetszetek már eltérnek. Ez az összefüggés már tágabb hőmérséklet-tartományban is jó közelítéssel lineárisnak tekinthető.

d) Mivel az egyensúlyi állandó értéke nem függ a nyomástól, így az egyensúlyi állandó – nyomás függvény egy konstans függvény, tehát meredeksége zérus. Tehát ábrázolhatjuk egész egyszerűen az egyensúlyi állandót a függőleges, a nyomást pedig a vízszintes tengelyen.

Többen az ideális gáztörvény alapján az előző feladatrész megoldását alakították át egy olyan egyenletté, melyben az egyensúlyi állandó kifejezhető volt a nyomás függvényében, és ekkor egy olyan, első ránézésre egyenest leíró egyenlethez jutottak, melynek meredekségében szerepelt az anyagmennyiség és a térfogat is. Ez azonban csak ránézésre ír le egyenest, hiszen ez a meredekség nem konstans, hanem a nyomás függvényében ez is változik. A nyomás változtatása maga után vonhatja a reakciótérfogat változását (bár ez állandó térfogatú edénnyel kiküszöbölhető), továbbá nem ekvimoláris gázreakciók esetén az anyagmennyiség változását is az egyensúly eltolása révén.

e) A vizsgált egyenlet:

$$y = \frac{ax}{b+x}.$$

A jobb oldal nevezőjével szorozva a következő egyenlethez jutunk:

$$by + xy = ax.$$

Ezt (ay) -nal osztva és $\frac{x}{y}$ -t kifejezve megkapjuk az első sor megoldását:

$$\frac{b}{a} + \frac{x}{a} = \frac{x}{y}.$$

Ekkor, ha az $\frac{x}{y}$ hányadost x függvényében ábrázoljuk, egyenest kapunk, melynek meredeksége $\frac{1}{a}$, a függőleges tengelymetszet $\frac{b}{a}$, a vízszintes tengelymetszet pedig az $\frac{x}{y} = 0$ behelyettesítés alapján $-b$.

Ha a nevezővel való felszorzás után kapott egyenletet (axy) -nal osztjuk, megkapjuk a második sor megoldását:

$$\frac{b}{ax} + \frac{1}{a} = \frac{1}{y}$$

Ekkor, ha az $\frac{1}{y}$ hányadost $\frac{1}{x}$ függvényében ábrázoljuk, egyenest kapunk, melynek meredeksége $\frac{b}{a}$, a függőleges tengelymetszet $\frac{1}{a}$, a vízszintes tengelymetszet pedig az $\frac{1}{y} = 0$ behelyettesítés alapján $-\frac{1}{b}$.

Ha a nevezővel való felszorzás után kapott egyenletet x -szel osztjuk, és átrendezzük, megkapjuk a harmadik sor megoldását:

$$y = -\frac{by}{x} + a$$

Ekkor, ha $y \cdot t$ $\frac{y}{x}$ függvényében ábrázoljuk, egyenest kapunk, melynek meredeksége $-b$, a függőleges tengelymetszet a , a vízszintes tengelymetszet pedig az $y = 0$ behelyettesítés alapján $\frac{a}{b}$.

A feladatot a d) feladatrészt kivételével számos versenyző jól oldotta meg, azonban sajnos teljesen hibátlan megoldás nem érkezett. Az átlagpontszám 6,11 volt.

(Csorba Benjámin)

H390. a) Az ismert szorzófaktor (f) segítségével könnyen számíthatók a retenciós idők a következő formula használatával:

$$t_{n+1} = f \cdot t_n$$

Így az értékek a következők $t_7 = 160$ s; $t_8 = 256$ s; $t_9 = 410$ s; $t_{10} = 655$ s.

Ez alapján az n hosszúságú alkán retenciós ideje meghatározható, ha a fenti adatpontoknak kiszámítjuk a logaritmusát és ezekre az értékekre egyenest illesztünk (bármely két pont esetén). Ekkor az egyenes egyenlete a következő:

$$\lg(t_n) = 0,204 \cdot n + 0,775.$$

Ez az egyenlet levezethető a következőképpen is (ehhez ismernünk kell a metán retenciós idejét t_1):

$$\begin{aligned} t_n &= f^{n-1} \cdot t_1 \\ \lg(t_n) &= (n-1) \cdot \lg(f) + \lg(t_1) \\ \lg(t_n) &= n \cdot \lg(f) + (\lg(t_1) - \lg(f)). \end{aligned}$$

b) A retenciós idő alapján az **X** alkohol a heptán és az oktán közé esik, így a retenciós indexe a következőképpen számítható:

$$R_x = 100 \cdot n + \frac{\lg\left(\frac{t_x}{t_7}\right)}{\lg\left(\frac{t_8}{t_7}\right)} = 100 \cdot 7 + \frac{\lg\left(\frac{200s}{160s}\right)}{\lg\left(\frac{256s}{160s}\right)} = 747,5$$

c) Az új felfűtési program esetében az R_x' képletét használjuk, azzal a megkötéssel, hogy az így kiszámítható retenciós index értékét megegyezőnek vesszük az izoterm körülmények között meghatározottával.

$$t'_x = \frac{t'_8 - t'_7}{100} \cdot (R'_x - 100 \cdot n) + t'_7 = 189,5 \text{ s}$$

d) Ebben a feladatban egy másik felfűtési programot használtak, ezért a retenciós indexek jelölésére az R'' jelölést használjuk majd. Kiszámítása a c) feladatrészből leírtak alapján történhet. A keverék 5 db alkánt és 3 ismeretlen vegyületet tartalmaz. Az alkánok retenciós ideje egyenesen növekszik, az adatsor alapján ez a szabályosság az 5 pontra a következő:

$$t''_{n+1} = t''_n + 0,95$$

Ezek az adatpontok pedig 16,43; 17,38; 18,33; 19,28; 20,23. Így az ismeretlen vegyületek retenciós ideje és indexe a következőképpen alakul:

$$1. \text{ komponens} - 18,13 \text{ perc: } R'' = 1900 + 100 \frac{18,13 - 17,33}{18,33 - 17,33} = 1979$$

$$2. \text{ komponens} - 19,75 \text{ perc: } R'' = 2100 + 100 \frac{19,75 - 19,28}{20,23 - 19,28} = 2149$$

$$3. \text{ komponens} - 19,99 \text{ perc: } R'' = 2100 + 100 \frac{19,99 - 19,28}{20,23 - 19,28} = 2175$$

Az 1. és a 2. komponens retenciós indexének különbsége közel 200, így elmondható, hogy ezek egy homológ sorba tartoznak és a 2. szabály alapján valószínűleg zsírsavészterek. Ezek alapján az 1. komponens az etil-palmitát ($C_{15}H_{31}CO_2C_2H_5$), míg a 2. az etil-sztearát ($C_{17}H_{35}CO_2C_2H_5$).

Az 1. és a 2. szabály alapján a 3. komponens se nem zsíralkohol, se nem zsírsav-etilészter. A retenciós indexe 29-cel kisebb, mint az etil-sztearaté. Ezért feltételezhető, hogy ez egy telítetlen zsírsav etilésztere lesz. Ilyen észter lehet például az etil-oleát:



(Varga Szilárd)