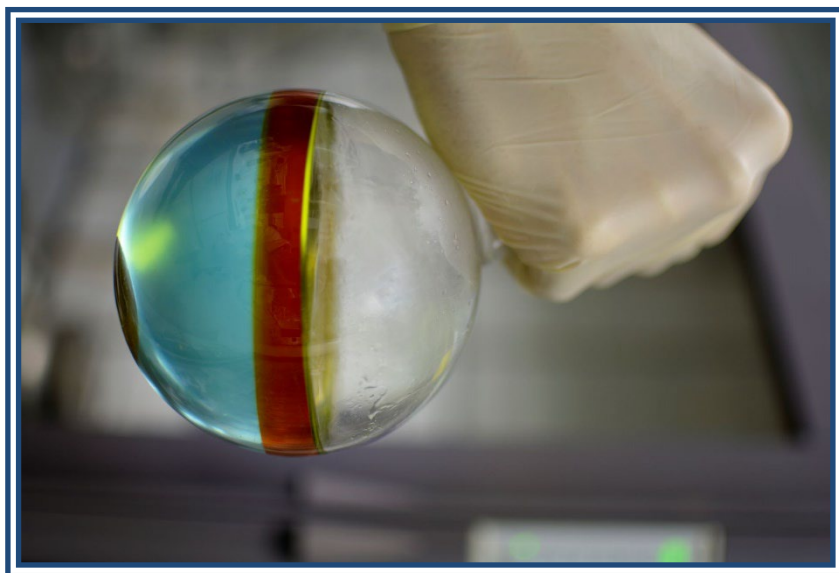
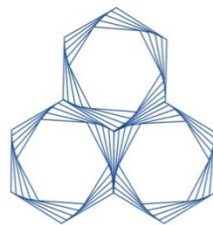


# Középiskolai Kémiai Lapok



L.

2023/3.



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS  
MINISZTERIUM



A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap, a Kulturális és Innovációs Minisztérium, a Nemzeti Tehetség Program és a Magyar Tudományos Akadémia támogatja.

# Középiskolai Kémiai Lapok

A Magyar Kémikusok Egyesülete  
Kémia tanári Szakosztályának folyóirata

|             |             |         |
|-------------|-------------|---------|
| 2023. május | L. évfolyam | 3. szám |
|-------------|-------------|---------|

**Alapító:** Dr. Várnai György

**Főszerkesztő:** Zagyi Péter

**A szerkesztőbizottság:**

**Elnöke:** Dr. Magyarfalvi Gábor

**Tagok:** Dr. Borbás Réka, Dr. Horváth Judit, Dr. Ósz Katalin,  
Tóth Edina, Dr. Tóth Zoltán, Dr. Varga Szilárd, Zagyi Péter

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Szerkesztőség:</b> | Magyar Kémikusok Egyesülete, 1015 Budapest Hattyú u. 16.<br>E-mail: kokel@mke.org.hu      06-1-201-6883 |
|-----------------------|---|

**Kiadja:** Magyar Kémikusok Egyesülete

**Felelős kiadó:** Androsits Beáta

**Terjeszti:** Magyar Kémikusok Egyesülete

**Előfizethető:** postai utalványon a Magyar Kémikusok Egyesülete,  
1015 Budapest Hattyú u. 16. II. 8. címre vagy átutalással a CIB  
Bank Zrt. 10700024-24764207-51100005 pénzforgalmi  
jelzőszámon „MKE9068” megjelöléssel.

**Készült:** Europrinting Kft.

**Megjelenik** évente ötször.

**Előfizetési díj** a 2023. évre: 4000 Ft, mely összeg magában foglalja az áfát.

A Magyar Kémikusok Egyesülete tagjai számára kedvezményes előfizetési  
díj: 3000 Ft.

**ISSN 0139-3715 (nyomtatott)**

**ISSN 2498-5198 (online)**

<http://www.kokel.mke.org.hu>

A lapot az MTA MTMT indexeli és a REAL archiválja, továbbá az Országos  
Széchényi Könyvtár (OSZK) Elektronikus Periodika Adatbázisa és Archivuma  
(EPA) archiválja.

A címlapfotón Hegedüs Kristóf fotója látható.

A kiadó számára minden jog fenntartva. Jelen kiadványt, illetve annak részleteit tilos  
reprodukálni, adatrendszerben tárolni, bármely formában vagy eszközzel –  
elektronikus, fényképeszeti úton vagy módon – a kiadó engedélye nélkül közölni.

# 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<br>Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium,<br>Győr | Molnár Zsolt     | 197      |
| 2 | Viczko Csaba Péter<br>ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium        | Sebő Péter       | 175,5    |

### K pontverseny (11-12. osztály)

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

**H pontverseny**

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

**Angol fordítási verseny**

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

**Német fordítási verseny**

|   | <b>Név, iskola</b>                            | <b>Felkészítő tanár</b> | <b>Pontszám</b> |
|---|---|-------------------------|-----------------|
| 2 | Sánta Regina Luca<br>DSzC Vegyipari Technikum | Burzáné Pintye Lívía    | 160             |
| 3 | Mokánszki Nóra<br>DSzC Vegyipari Technikum    | Burzáné Pintye Lívía    | 137             |

**Keresd a kémiát!**

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

**A 2022/2023. tanév díjazott felkészítő tanára**

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

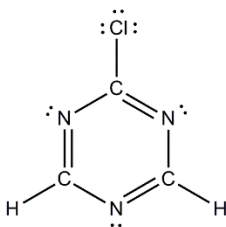
## Megoldások

**K444.** a) Azonos számú atomot, kötő és nemkötő elektronpárt tartalmazó molekula például a  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (6-6 db), valamint a  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (8-8 db).

b) Az alábbi molekulákban az atomok, a kötő és a nemkötő elektronpárok számának aránya 1:1:2:  $\text{O}_2$  és  $\text{S}_2$  (2 atom, 2 kötő és 4 nemkötő elektronpár),  $\text{S}_8$  (8 atom, 8 kötő és 16 nemkötő elektronpár),  $\text{COCl}_2$  (4 atom, 4 kötő és 8 nemkötő elektronpár),  $\text{NOCl}$  (3 atom, 3 kötő és 6 nemkötő elektronpár).

c) A hidrogén-halogenidek ( $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ) 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):  $\text{SO}_2$  (3 atom, 4 kötő és 5 nemkötő elektronpár),  $\text{CH}_3\text{Cl}$  (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  $\text{CH}_3\text{F}$ ,  $\text{CH}_3\text{Br}$ ,  $\text{CH}_3\text{I}$ ) 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  $\text{N}_2$  és 36,03 g  $\text{H}_2\text{O}$  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  $\text{N}_2$  és 36,03 g  $\text{H}_2\text{O}$  keletkezik, a harmadik bomlástermék tömege 16,00 g. Ez megfelel 0,500 mol  $\text{O}_2$  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  $\text{O}_2$  és  $\text{N}_2$ . 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  $\text{H}_2\text{O}$ , utóbbi 1,000 mol  $\text{Br}_2$  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 **AB<sub>2</sub>**. 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 sárgászöld-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)  $YIn_{1-x-2y-z}Mn_xZn_yTi_yAl_zO_3$

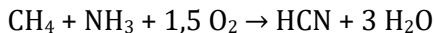
f) Ha 1 g  $CuO$  mellett 28,4 g  $Y_2O_3$  van a pigmentben, akkor az anyagmennyiség arányuk 0,0126 : 0,1257, azaz 1:10. Mivel 10 mol  $Y_2O_3$ -ból 20 mol pigment készíthető, ehhez kell 1 mol  $CuO$ . Tehát a képletben a réz együtthatója 1/20, azaz 0,05 lesz. Ennyi titán lesz mellette, és együtt 0,1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

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

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

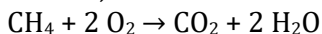
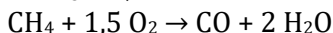
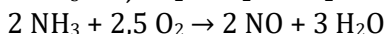
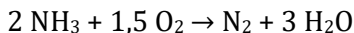
$$\Delta_k H(CH_4(g)) = -74,9 \text{ kJ/mol}$$

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

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  $\text{CH}_4$ , 5 mol  $\text{NH}_3$  és 8,75 mol  $\text{O}_2$ , azaz 3 mol C, 27 mol H, 5 mol N és 17,5 mol O atom volt kiinduláskor. A termékelegyben legyen  $a$  mol HCN,  $b$  mol  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $c$  mol  $\text{N}_2$ ,  $d$  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, termékelegyet 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 gázelegy HCN tartalma 0 és 1,6 mol közötti.

f) A másik modellkísérletben 2,4 mol  $\text{CH}_4$ , 2,6 mol  $\text{NH}_3$  és 5 mol  $\text{O}_2$ , azaz 2,4 mol C, 17,4 mol H, 2,6 mol N és 10 mol O atom volt kiinduláskor. A termékelegyben legyen  $a'$  mol HCN,  $b'$  mol  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $c'$  mol  $\text{N}_2$ ,  $d'$  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 keletkezhet ilyen termékelegye.

*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 kémiaiag 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  $\text{Me}^{z+}$ , kloridjának képlete  $\text{MeCl}_z$ . 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-val 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:

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

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

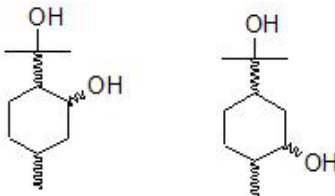
Látható, hogy a második egyenletnek nincs megoldása az egész számok körében. A feladatban leírtakon kívül csak a nyílt láncúságot tételeztük fel, tehát ezt tudjuk módosítani. Egy gyűrűt tartalmazó esetben az összegképlet  $C_{10}H_{20}O_2$ , az egyenletrendszer pedig:

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

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

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 tercier szénatom, a para helyzetű csoportokban pedig 3 primer és 1 tercier. 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 tercier szénatomon található, míg a másik szekunderen. A kiralitás tekintetében elmondható, hogy a hidroxilcsoportot tartalmazó szekunder szénatom biztosan királis, tehát a hidroxilcsoportot tartalmazó tercier 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, O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> és HCl.

c) 0,0286 mol O<sub>2</sub> 0,0572 mol Mg-al reagál, miközben keletkezik 0,0572 mol szilárd MgO. A maradék Mg CO<sub>2</sub>-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 + CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 dm<sup>3</sup>-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 P<sub>4</sub>-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 P<sub>4</sub> kétszer ekkora anyagmennyiségű, vagyis 1,756 mol P<sub>2</sub>(g)-vé alakul. Ezek alapján az 1500 °C-on mért egyensúlyi koncentrációk: [P<sub>4</sub>(g)] = 0,122 mol/dm<sup>3</sup>, valamint [P<sub>2</sub>(g)] = 1,756 mol/dm<sup>3</sup>. 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 [P<sub>2</sub>(g)] = 1,756 mol/dm<sup>3</sup>, kiszámítható az egyensúlyi foszforatomok koncentrációja, amely [P(g)] = 6,40 · 10<sup>-5</sup> mol/dm<sup>3</sup>. Az egyensúlyi elegyben az egyes foszforformák (P<sub>4</sub> : P<sub>2</sub> : P) anyagmennyiség-aránya 0,122 : 1,756 : 6,40 · 10<sup>-5</sup>, 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/dm<sup>3</sup>, azaz 1,878 mol/dm<sup>3</sup>, 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 P<sub>2</sub>(g) és a P(g) formák egyensúlyi koncentrációja is nagyobb lesz magasabb hőmérsékleten, vagyis egyedül a P<sub>4</sub>(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/dm<sup>3</sup>, 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.

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

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:

|                           | $n/\text{mol}$ | $m/\text{g}$ | $n(\text{C})/\text{mol}$ | $n(\text{Ca})/\text{mol}$ | $n(\text{O})/\text{mol}$ |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 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:  $\text{CaO}_2$ ,  $44,4 \text{ m/m}\% \text{ O}$ .

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

Elemi kalcium esetén:

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

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.

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

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

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

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 csúcson lévők 8, a lapközepén lévők 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 csúcsein 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.

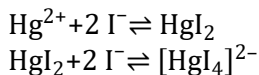
e) A kocka középpontjában lévő **C** jelű atom csak ehhez az elemi cellához tartozik, a lapközepén lévő **B** jelű atomok 2-2, a csúcson lévő **A** jelű atomok 8-8 elemi cellához tartoznak, vagyis a vizsgált elemi cellához 1 db **C**,  $6 \cdot 1/2 = 3$  db **B** és  $8 \cdot 1/8 = 1$  db **A** jelű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

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 **AB<sub>3</sub>C** moláris tömegét,  $103,8 \text{ g/mol}$ -t. Ez a Na<sub>3</sub>OF 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  $\text{HgI}_2$  fény hatására elbomlik, illetve a  $\text{I}_2$  gázfázisba is nagyobb mértékben kerülhet a napfény miatt a hőmérséklet megemelkedésével. (A  $\text{ICl}$  még  $100^\circ\text{C}$ -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  $\text{ICl}$ -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  $\text{ICl}$  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  $M_{\text{Me}}$  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.*

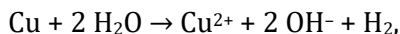
(Vörös Tamás)

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

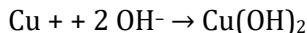
(A  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$  standard potenciál kisebb, mint a  $\text{Cl}^-/\text{Cl}_2$ , így az anód anyaga fog oxidálódni. A rézelektrod mint anód tehát nem indifferens elektródként viselkedett.)

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  $\text{H}_2$  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-NH<sub>2</sub>: 45,08 g/mol, Me-NH<sub>2</sub>: 31,05 g/mol, NH<sub>3</sub>: 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:

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

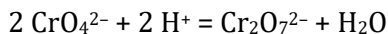
Ebből az egyenlőtlenségből:

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

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,  $\lambda$  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<sup>-1</sup>.

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

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

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.

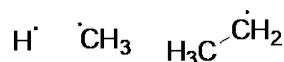
d) Az aktivitás a bomlási állandó és a magok számának szorzata. A megfelelő mértékegységekkel 1 mol Ga-68-ra:

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

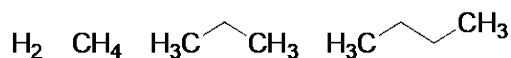
A 67,93 g mintára ez  $1,51 \cdot 10^9$  GBq/g fajlagos aktivitást jelent.

(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 |
|---|--------------|----------------------|
| $\text{H}^\cdot$                              | $6n/7$       | $(6n/7)/2n = 3/7$    |
| $\cdot\text{CH}_3$                            | $2n/7$       | $(2n/7)/2n = 1/7$    |
| $\text{H}_3\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H}_2$ | $6n/7$       | $(6n/7)/2n = 3/7$    |
| 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

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

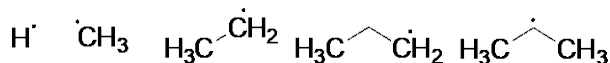
ha a gyökök egyformák (2 **A**, melyek képződési valószínűsége  $p(\mathbf{A})$ ), akkor képződő termék képződési valószínűsége

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

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

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

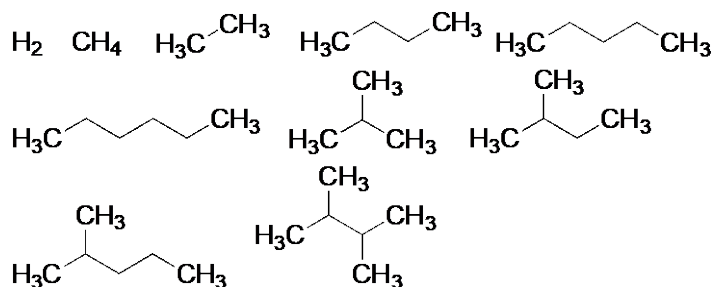


A propánban 6 db C<sub>prim</sub>-H, 2 db C<sub>szek</sub>-H és 2 db C-C kötés található, felhasadásuk során 20 gyök keletkezhet egyenlő valószínűséggel.

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:



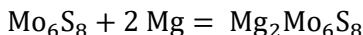
d) A propán radiolízise során képződő termékek keletkezésének valószínűsége a következő:

| Termék  | Gyökök   | Relatív valószínűség                                     | Új <i>n</i> -alkán aránya |
|---|--|--|---------------------------|
| H <sub>2</sub>  | H $\cdot$ H $\cdot$  | $(4/10)(4/10) = 16/100$                                  |                           |
| CH <sub>4</sub>   | H $\cdot$ $\cdot$ CH <sub>3</sub>  | $2(4/10)(1/10) = 8/100$                                  | 21%                       |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | H $\cdot$ C <sub>2</sub> H <sub>5<math>\cdot</math></sub>                          | $2(4/10)(1/10) + (1/10)(1/10) = 9/100$                   | 23%                       |
|   | $\cdot$ CH <sub>2</sub> $\cdot$ CH <sub>3</sub>                                    |  |                           |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | H $\cdot$ 1-C <sub>3</sub> H <sub>7<math>\cdot</math></sub>                        | $2(4/10)(3/10) + 2(4/10)(1/10) + 2(1/10)(1/10) = 34/100$ |                           |
|   | H $\cdot$ 2-C <sub>3</sub> H <sub>7<math>\cdot</math></sub>                        |  |                           |
|   | $\cdot$ CH <sub>3</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> $\cdot$                      |  |                           |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | $\cdot$ CH <sub>3</sub> 1-C <sub>3</sub> H <sub>7<math>\cdot</math></sub>          | $2(1/10)(3/10) + (1/10)(1/10) = 7/100$                   | 18%                       |
|   | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> $\cdot$ C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> $\cdot$        |  |                           |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>3</sub>                                 | $\cdot$ CH <sub>3</sub> 2-C <sub>3</sub> H <sub>7<math>\cdot</math></sub>          | $2(1/10)(1/10) = 2/100$                                  |                           |
| C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> $\cdot$<br>1-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$   | $2(1/10)(3/10) = 6/100$                                  | 15%                       |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                 | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> $\cdot$<br>2-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$   | $2(1/10)(1/10) = 2/100$                                  |                           |
| C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>  | 1-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$<br>1-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$ | $(3/10)(3/10) = 9/100$                                   | 23%                       |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | 1-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$<br>2-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$ | $2(3/10)(1/10) = 6/100$                                  |                           |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 2-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$<br>2-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> $\cdot$ | $(1/10)(1/10) = 1/100$                                   |                           |
| 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 galvánelektrolyt, melyben a fenti cellareakció 1 mólya 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 Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>-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 Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub> 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 Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub> 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

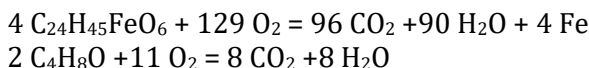
egyenétékű, így az akkumulátor anódjának 2206 mAh/g, míg katódjának 128,8 mAh/g a fajlagos kapacitása.

e) Ügyelve arra, hogy használat során, mind a két elektródon történik töltésáthaladás, használjuk fel az előző rész eredményeit. Ezek alapján 3,9 g tömegű  $\text{Mo}_6\text{S}_8$ -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)

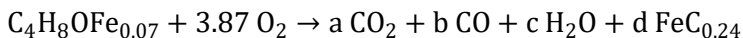
**H386.** a) A prekursor és a THF égésének egyenlete:



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  $\alpha$  a  $^{18}\text{O}$  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:

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

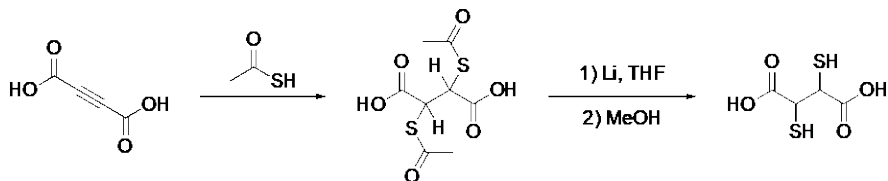
Az egyenletrendszer megoldásából  $x = 0,25$ , ami természetesen megfelel a fent megadott eredménynek.

*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*

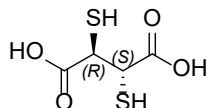
elvértett számolása miatt az izotópok összaránya eltért a kiindulástól. A megoldók közel 40%-a ért el maximális pontot.

(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:

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

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

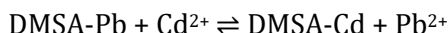
$$[\text{H}_3\text{A}^-] + 2[\text{H}_2\text{A}^{2-}] = [\text{H}^+]$$

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  $\infty$  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

képezt, és hogy a gázcsepscék 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 reciprokéjaként 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  $\infty$  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 reakcióterfogat 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) feladatrészben leírtak alapján történhet. A keverék 5 db alkánt és 3 ismeretlen vegyületet tartalmaz. Az alkánok retenciós ideje egyenletesen 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)



# KERESD A KÉMIÁT!



**Szerkesztő: Keglevich Kristóf**

## Kedves Diákok!

Vége a 2022/2023-as tanév *Keresd a kémiát!* versenyének. Az összes forduló feladatait beküldők közül Csingi Zoltán, a hajdúdorogi Szent Bazil Oktatási Központ tanulója (tanára: Pénzeli Péter) 115,5 pontot szerzett, így ő bizonyult a legeredményesebbnek. A második helyezett 109,5 ponttal Lelkes Máté lett (Vasvári Pál Gimnázium, Székesfehérvár, tanára: Szabó Endre), a harmadik pedig a 98 pontot gyűjtő Róbert Dóra (Soproni Széchenyi István Gimnázium, tanára Kiss-Husza Pálma). Megemlítenéd, hogy mindhármuk megoldása szépen szerkesztett, formai szempontból is kiemelkedő. Máté rengeteg érdekes addicionális információnak is utánanézett, pl. ellenőrizte az alább elemzett Columbo-epizód eredeti angol szövegét.

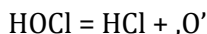
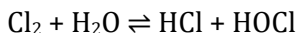
Zoltán, Máté és Dóra jutalma a KÖKÉL egy éves előfizetése. Gratulálunk!

\*

## A 2023/1. számban kitűzött feladatok megoldása

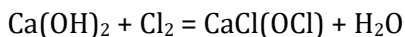
### 7. idézet: Columbo, klór és szappan

A víz klórozása során a kémiai oldódó klór diszproporcionálódik. A folyamat során keletkező hipoklórossav **atomos (nascens) oxigénre** bomlik, közvetlenül ez a speciesz (részecske) felelős a **fertőtlenítő hatásért**.



Semmelweis Ignác (1818–1865) magyar orvos, „az anyák megmentője” 1847-ben a bécsi kórházban jött rá a gyermekágyi láz okára: az orvosok nem fertőtlenítették kezüket. Ezért több vegyszer kipróbálása

után a **klórmeszes** oldatot – tehát valójában nem a klóros vizet! – választotta fertőtlenítőszerként. A klórmész előnye, hogy mivel ionos, **nem olyan illékony**, mint a klóros víz. Olcsóbb is volt.



Semmelweis ugyanúgy a krisztinavárosi templomban kötött házasságot (21 évvel később) és ugyanúgy a döblingi elmegyógyintézetben halt meg (5 évvel később), mint **Széchenyi István**. Bizonytalan, hogy miért került ide. Ápolói többször súlyosan bántalmazták. Mellesleg Semmelweis tanait kollégái visszautasították, az orvosi közvélemény még élete végén is ellenséges volt irányában.

A klórálló fürdőruha nem **fakul ki**. A fürdőruha anyagául szóba jöhető összetevők közül klórral szemben a **poliészter** a legellenállóbb, egyszersmind tartós is. A **poliamid** (nejlon) tartós, könnyű és nem nedvszívó, ezért hamar szárad. Testhez tapadása kellemesebb érzés. Az **elasztán** tapintása puha és finom, nem dörzsöli ki az érzékenyebb bőrreteget sem, illetve jól nyúlik (majd nyeri vissza eredeti formáját).

A filmek szinkronizálása során gyakran csúsznak be a szakemberek – és a kémiaiból jeles osztályzatot szerző diákok – számára bosszantó hibák. Az idézett Columbo-epizód minden bizonnyal fordításból származó hibája, hogy nem létezik '*trihidrik-alkohol*' nevű vegyület és (magyarul) olyan sem, hogy '*glicerol*'. A *glycerol* a glicerin angol neve. A *trihydric alcohol* szintén egy angol kifejezés, jelentése: háromértékű alkohol, és a glicerinre vonatkozik.

A glicerinnel a zsírsavak (hosszú szénláncú karbonsavak) képeznek triglicerideket. Ilyen pl. a **palmitinsav** (hexadekánsav,  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ) és a **sztearinsav** (oktadekánsav,  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ ). Előbbi neve a pálmafa nevéből (a pálmazsír), utóbbié a görög 'sztear' háj, faggyú, zsír szóból ered, arra utalóan, miből izolálták őket először.

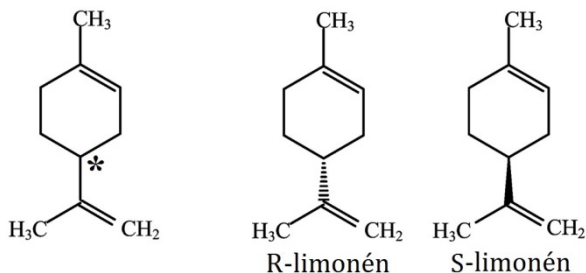
A szappanok tisztító hatásának lényege, hogy amfipatikus anionjai micellákat képeznek, ezek hidrofób belseje képes feloldani a zsíros szennyezéseket.

## 8. idézet: az izomerek

Izomerek alatt az **azonos összegképletű, de eltérő szerkezetű molekulákat** értjük. Bár az idézett könyvrészletben Philip közel járt a valóságos meghatározáshoz, mégis nagyot tévedett. Nézzük meg ezt konkrét példákon keresztül! A könyvrészlet alapján izomernek tekinthetőek az allotróp módosulatok (pl.  $O_2$  és  $O_3$ ), különböző szénatomszámú egyszerűen telítetlen alkének ( $C_nH_{2n}$ ), a formaldehid és ecetsav ( $CH_2O$  és  $C_2H_4O_2$ ), a tejsav és glükóz ( $C_3H_6O_3$  és  $C_6H_{12}O_6$ ), vagyis az összes olyan molekula, amelyek tapasztalati képlete megegyezik. A valóságban viszont nem (csak) a tapasztalati, hanem az összegképletüknek kell megegyeznie, hogy két molekulát izomernek nevezhessünk.

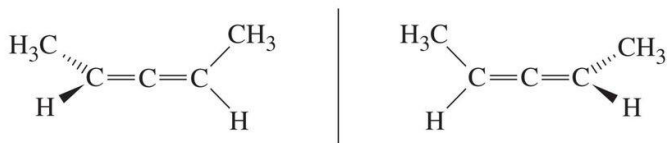
Bonnie az optikai izomériára gondolt, itt jelennek meg olyan molekulapárok, amelyek egymás tükörképei, de nem hozhatók fedésbe egymással. Biológiai fontosságú aminosavak alatt a fehérjealkotó aminosavakat értjük, amelyek a glicin kivételével mind királisak. Legtöbbször az alanint nevezték meg, de a fenilalanin, glutamin is a jó megoldások közé tartozik.

Ha egy szénatomhoz négy különböző ligandum kapcsolódik, az **centrális**, azaz középpontos **kiralitás** központjává válik. A kiralitáscentrumot jelentő szénatomot csillaggal szoktuk jelölni, ahogy az a limonén alábbi szerkezeti képletén is látható. A két enantiomer szerkezetét is feltüntettük, ahol a ligandumok térbeli állását kivastagított vagy szaggatott vonallal érzékeltetjük (a vastagított vonal a lap síkja előtti elhelyezkedésre utal). A D-/(+)/R-limonén narancs, citrom aromájú, míg az S-/(–)/L-limonén fenyőtohoz illatú.



A kiralitás nem csupán egyetlen pont, hanem egy gátolt rotációjú tengely körül is megvalósulhat, ezt nevezünk **axiális kiralitás**nak. A legegyszerűbb allén szerkezeti képlete  $CH_2=C=CH_2$ , tudományos elnevezése propadién. A kiralitás tengelye a szénatomokon átmenő egyenes, viszont

mivel a tengely két végén elhelyezkedő molekularészek azonosak, a molekula nem királis. A kiralitás feltétele, hogy oldalanként legalább egy ligandumot lecseréljünk, vagyis egy 1,3-diszubsztituált allén már királis lesz. Ilyenkor egymáshoz képest szintén két, tükörképi viszonyban álló konfiguráció jön létre, amelyek nem hozhatók fedésbe.



## A 2023/2. számban kitűzött feladatok megoldása

### 9. feladat: az éter

Az ógörög mitológiában az éter az istenek lakóhelyét / „levegőjét” jelentette, azt a könnyű, fényes légréteget, amely nem keveredett az alsó levegővel, az *aérral*. A későbbiekben átvitt értelemben a világegyetemet kitöltő közeget, a „semmit” is éternek nevezték.

Az „éter” a dietil-éter köznapi neve, de az étercsoportot tartalmazó molekulákat is étereknek nevezzük. Ehhez hasonlóan az alkohol (etil-alkohol,  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ) és a fenol („hidroxibenzol”,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH}$ ) hétköznapi elnevezések is egy egész vegyületcsoportot jelentenek tudományos értelemben. Az alkoholok olyan hidroxivegyületek, ahol a hidroxilcsoport tetített szénatomhoz kapcsolódik. A fenolok molekulájában a hidroxilcsoportot aromás szénatom hordozza.

Vitatott, hogy ki, mikor, hogyan alkalmazta először a gyógyászatban az éter narkotikus hatását. Crawford Williamson Long és William Edward Clarke neve mellett William Morton (1819–1868) amerikai fogorvosét szokás említeni. Morton először foghúzáskor bizonyította az éter hatékonyságát. Az erre a célra használt dinitrogén-oxid („kéjgáz”) helyett Morton egyik harvardi professzora, Charles Jackson (1805–1880) javasolta a szert Mortonnak. (Az adoma szerint Jackson egyik előadásán az éter kábító hatását mutatta be, de az éterbe áztatott kendővel belélegeztetett diák túl nagy adagot kapott a szerből, és elájult. Pár perc múltán azonban magához tért. Ez a történet inspirálta Mortont.) Morton a

sikeren fölbuzdulva altatóorvosként komolyabb műtéteken is bemutatta az éter hatását. 1846. október 16-án, Bostonban egy nyilvános műtét során Morton étert adagolt be a betegnek, majd John Warren (1778–1856) sebész daganatot távolított el a páciens nyakából. Ez volt a világ első fájdalommentes műtete.

Az éter másik típusú orvosi, fagyasztó fölhasználásának anyagszerkezeti alapja az étermolekulák gyakorlatilag **apoláros** volta. Csak **diszperziós kötés** hat közöttük, így az anyag igen könnyen párolog, **nagy a párolgáshője**, párolgás közben lehűti a környezetét.

Az éter kitűnő **apoláros oldószer**. Mivel **illékony**sága mellett igen **tűzveszélyes** is, tilos a nyílt láng használata ott, ahol éterrel dolgoznak.

Kémiaórán úgy szoktuk tanulni, hogy a dietil-éter nem oldódik vízben. Ezzel szemben a valóságban 20 °C-on 6,9 g dietil-éter oldódik 100 g vízben, ami 6,5 m/m%-os oldatnak felel meg. (Összehasonlításképp: 20 °C-on a vízdoldékonyak gondolt és mondott hipermangán rosszabbul oldódik, hiszen oldhatósága: 6,4 g  $\text{KMnO}_4$  / 100 g víz.)

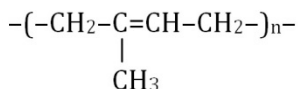
## 10. idézet: ragasztók

A ragasztók nagy részének „ragasztóanyaga” valamilyen polimer (makromolekula). A **csiriz**ben keményítő található, amit Lugol-oldattal ( $\text{KI}_3$ ) mutathatunk ki. A sötétkék színű komplexet a föltételezések szerint valójában nem a jód-molekula, hanem a trijodidion ( $\text{I}_3^-$ ) képezi.

A **gumiarábikum** afrikai akáciafák gumyszerű váladéka. (Napjainkban Mauritánia, Niger, Csád és Szudán fő exportcikke.) Más elnevezései: arabmézga, arabgumi. Az arab jelző nem a származási helyére utal, hanem arra, hogy a középkori arab orvosok sok betegséget gyógyítottak vele, és hogy a nyersmézgát Európába leginkább arabiai kikötőkből szállították. A gumiarábikum nevével ellentétben poliszacharid, legnagyobb mennyiségben D-galaktóz (35–45%) és L-arabinóz (25–45%) alkotja. Élelmiszeradalékként az E414 számmal jelölik. A 400-as E-számcsoporthoz tartozó adalékanyagok sűrítőanyagok, stabilizátorok és emulgeálószerke. Ebből következik a gumiarábikum élelmiszeripari fölhasználása: sűrítőszerként használják pl. édességekben. Vörösborok színezőanyagának stabilizálására is alkalmas, alkalmanként emulgeálószer, habzásgátló szerepe van (citromlé, narancslé). Néhány példa nem élelmiszeripari felhasználására: tinták kötő-, illetve sűrítőanyaga, postai

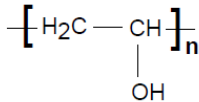
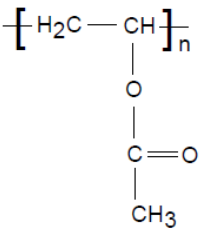
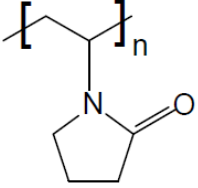
bélyegek ragasztandó oldala, gyufafej ragasztása, cipőkenőcs, a gyógyszeriparban emulziók készítése.

A gumiarábikumhoz hasonló módon, a kaucsukfa kérgének megsértésével nyerhető a **kaucsuk**. A nyerskaucsuk felépítése szerint izoprénvázas vegyület, terpén. Makromolekulájának ismétlődő részlete:



Ami az utóbbi két polimer oldhatóságát illeti, a gumiarábikum meleg vízben oldatba vihető. A kaucsuk nem vízdékony, de a fából csöpögő latexben vizes közegben van jelen, mert az emulziót / szuszpenziót a kísérő fehérjék stabilizálják.

A ma használatos papírragasztók többsége a **poli(vinil-alkohol)**, a **poli(vinil-acetát)** vagy a **poli(vinil-pirrolidon)** valamelyikét tartalmazza. Közülük a PVA és a PVP „ehető” is, E1201 és E1203 számmal étrendkiegészítő-tabletták bevonó anyagaként vagy stabilizátoraként is használatosak. A PVAc nem vízdoldható (ez összefügg azzal, hogy nem használják az élelmiszeriparban).

|   |  |  |
|---|--|--|
|  |  |  |
| PVA (E1203)<br>poli(vinil-alkohol)  | PVAc<br>poli(vinil-acetát)   | PVP (E1201)<br>poli(vinil-pirrolidon)  |
| oldalláncában<br>alkoholos<br>hidroxilcsoport                                     | oldalláncában<br>észtercsoport   | oldalláncában<br>amidcsoport (gyűrűs<br>belső amid = laktám)                       |

(Bacsó Zsófia Réka, Horváth Judit, Keglevich Kristóf)

\*

A harmadik és negyedik forduló során a következő eredmények születtek:

|     |   | <b>7.</b> | <b>8.</b> | <b>9.</b> | <b>10.</b> | <b>Σ</b>    |
|-----|---|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| 1.  | Bella Alisa (9.)<br>Soproni Széchenyi István Gimnázium          | 12        | 5         | 7,5       | 14         | <b>38,5</b> |
| 2.  | Bodor Boldizsár (10.)<br>Kecskeméti Református Gimnázium        | 9         | 5         | 5         | 10,5       | <b>29,5</b> |
| 3.  | Csingi Zoltán (10.)<br>Szent Bazil Oktatási Kp., Hajdúdorog     | 16        | 13        | 10        | 19         | <b>58</b>   |
| 4.  | Fábián László (9.)<br>Soproni Széchenyi István Gimnázium        | 8         | 4         | 4,5       | 14,5       | <b>31</b>   |
| 5.  | Kiss Gábor Imre (10.)<br>Kecskeméti Református Gimnázium        | 11,5      | 8,5       | 7         | 15,5       | <b>42,5</b> |
| 6.  | Lelkes Máté (12.)<br>Vasvári Pál Gimnázium, Székesfehérvár      | 16        | 11        | 10        | 18,5       | <b>55,5</b> |
| 7.  | Pap Klaudia (10.)<br>Szent Orsolya Gimnázium, Sopron            | 8         | 7,5       | 5,5       | 16,5       | <b>37,5</b> |
| 8.  | Róbert Dóra (9.)<br>Soproni Széchenyi István Gimnázium          | 12        | 12        | 8,5       | 17,5       | <b>50</b>   |
| 9.  | Várad Eliza Sára (10.)<br>Debreceni Ref. Koll. Dóczy Gimnáziuma | 7         | 4         | 7         | 14         | <b>32</b>   |
| 10. | Zombory Réka (10.)<br>Kecskeméti Református Gimnázium           | 6         | 10,5      | 10        | 15,5       | <b>42</b>   |

# KÉMIA IDEGEN NYELVEN



## Kémia németül

*Szerkesztő: Horváth Judit*

*A 2022/4. számban megjelent szakszöveg fordítása:*

### Műtrágyák<sup>1</sup> - (1. rész)

**Műtrágyázás nélkül** a modern mezőgazdaság **magas hozama nem érhető el és nem tartható** fenn, bármely más modern technikai vívmány használata mellett sem. A magas hozamok feltétele a **tápanyagok kívülről történő** kiegészítő bevitele, mivel a talaj a szükséges tápanyagmennyiség **utánpótlását** nem képes megfelelő mértékben biztosítani. A kielégítő mértékű ásványi trágyázás<sup>2</sup> nem csak magas hozamokat eredményez, hanem értékes növényi eredetű **tápanyagokat** egyaránt. A műtrágyázás erősen befolyásolja a **kalóriaforrásként**<sup>3</sup> szolgáló **szénhidrátokat, zsírokat és fehérjéket** éppúgy, mint az energiában szegény, de az emberek és állatok táplálkozása szempontjából egyaránt szükséges növényi összetevőket, úgymint **vitaminokat, növekedést serkentő és ásványi anyagokat**. A világon 2 milliárd ember már<sup>4</sup> most is kizárólag<sup>5</sup> a **kiegészítő** műtrágyázásnak köszönhetően látható el élelemmel.

**Az ásványi trágyázás jelentősége az élelmezés<sup>6</sup> biztonsága szempontjából**

A növényeknek növekedésükhöz **napfényen és vízen kívül ásványi anyagokra**, úgynevezett szervesen tápanyagokra is szükségük van. **1840-ben Justus von Liebig** kémikus bizonyítani tudta a **nitrogén**, a foszfátok és a kálium növekedést serkentő hatását. Ennek folyamán mindegy, hogy ezekhez az **ásványi anyagokhoz** a növény a kőzetek



mállása<sup>7</sup>, **szerves anyagok** mineralizálódása vagy pedig **ásványi trágyázás révén** jut hozzá. 50 felett volt a tézisek száma, melyeket Liebig megfogalmazott:

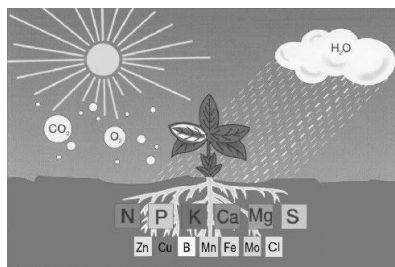
*„Egy talaj egy adott növényfaj számára akkor **termékeny**, ha az **e növény számára szükséges ásványi tápanyagokat megfelelő mennyiségben, helyes arányban és a felvételre alkalmas megjelenési formában tartalmazza.**”*

A minimum törvénye: *„Egy növény **növekedését és hozamát az a tápanyag** vagy növekedési faktor **határozza meg**, amelyik a **legkisebb (minimális) mennyiségben áll rendelkezésre.**”*

*„Ha egy talaj **termékenységét hosszútávon meg akarjuk<sup>8</sup> őrizni**, akkor rövidebb vagy hosszabb idő elteltével **pótolni<sup>9</sup> kell a talajból kivont<sup>10</sup> összetevőket**, vagyis a talaj **összetételét helyre<sup>11</sup> kell állítani.**”*

(Justus von Liebig / Mezőgazdasági kémia / 8. kiadás, 1865)

Mivel nem minden talaj mutat **tápanyagtartalom** szempontjából optimális tulajdonságokat, valamint a növények **tápanyagszükséglete** egymásétól **erősen eltér**, ezért a **modern mezőgazdaságban a jó minőségű műtrágyák döntő jelentőségűek a jó hozam szempontjából. A fenntartható mezőgazdaság** nagymértékű elköteleződést, innovációs erőt, szakértelmet<sup>12</sup> és kreativitást kíván.



1. kép. A növények ásványi tápanyagainak makroelem- és nyomelemkomponensei

Egy műtrágya legfontosabb összetevői leginkább a **fő** tápanyagnak számító **elemek<sup>13</sup>**: a **nitrogén (N)**, a **foszfor (P)** és a **kálium (K)**, mivel ezen tápanyagok hiánya sok talajban korlátozza a növények növekedését. Azokat a műtrágyákat, melyek nitrogént, foszfort és

káliumot is tartalmaznak **NPK-műtrágyának** vagy **komplex**<sup>14</sup> **műtrágyának** nevezik. A műtrágyák másodsorban **ként**, **kalciumot** és **magnéziumot** tartalmaznak. Végül a növényeknek még **nyomelemekre** is<sup>15</sup> szükségük van: ezek közé tartozik a bór (B), a vas (Fe), a klór (Cl), a réz (Cu), a mangán (Mn), a molibdén (Mo) és a cink (Zn), melyek a műtrágyákban is benne lehetnek, vagy pedig speciális **mikroelemtrágyaként** árusítják őket. Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a **nitrogén a levéltömeg képzését**, a **foszfor a virág és termés képzését** szolgálja, a **kálium** a fásodást és a **növény statikáját** erősíti, a **magnézium** pedig a **tápanyagfelvételt** segíti elő.

Sok, tápanyagként szolgáló elemet<sup>16</sup> **fosszilis lelőhelyekről**<sup>17</sup> lehet **kitermelni**<sup>17</sup>. Azonban a **kőzetekben** stabil, **alig oldható vegyületként**<sup>18</sup> fordulnak elő. A tápanyagokat a növények csak **vízben oldott ionok formájában** veszik fel. Az **NPK szervesen műtrágya** gyártásához a **nyersfoszfátot savakkal feltárják**<sup>19</sup>, és az így képződött<sup>20</sup> **foszforsavat ammóniával semlegesítik**. A **kálisókat** bányászat útján nyerik, feldolgozzák (kálium-klorid-műtrágya), vagy kálium-szulfáttá alakítják át.

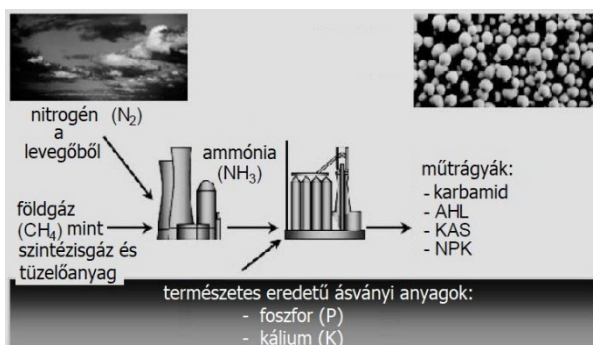
**A növények a tápanyagokat tényleg csak ionos formában veszik fel?** Ez így valójában nem teljesen igaz. A **bór nyomelem** a semleges  $B(OH)_3$  formában (**bórsav**) kerül felvételre. Így aztán speciális esetet képvisel. A bór a **sejtfalak** kialakításában vesz részt, és a virágzat és a termés képződését támogatja.

**A világ népessége növekszik: hogyan biztosítsuk**<sup>21</sup> **az élelmezésüket?**

Thomas Malthus angol, nemzetgazdasággal foglalkozó közgazdász már **1800 körül megjósolta**, hogy az **élelmiszertermelés nem képes lépést tartani az emberiség növekedésével**. Kutatók, mint pl. Justus von Liebig (1803–1873) ettől kezdve fáradoztak azon, hogy a mezőgazdaságban a **hozamokat mesterséges trágyázás révén javítsák**. Ezzel egyidőben angol gazdák **nitrogéntartalmú guanóval** történő **trágyázással** kísérleteztek, és **hatalmas növekedést** mutattak<sup>22</sup> fel a **hozamokban**. Mivel azonban a **guanólelőhelyek korlátozottak** voltak és legnagyobbbrészt **Dél-Amerikából** kellett behozni, olyan módszerről álmodoztak<sup>23</sup>, amellyel a **nitrátok mesterséges** úton állíthatók elő. **Habár a Föld légköre háromnegyed**

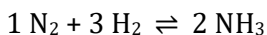
részben nitrogénből áll, ebben az elemi formában a növények csak bizonyos talajbaktériumok által történő átalakítás után<sup>24</sup> tudják hasznosítani. Ebbe a feladatba több, mint száz éven keresztül beletörtek a kémikusok bicskájá<sup>25</sup> – míg jött Fritz Haber. Neki **1908-ban sikerült<sup>26</sup> a nagy fogás<sup>27</sup>: a nitrogénműtrágya előállítás.** Ettől fogva, immár<sup>28</sup> száz éve lehetséges nitrogént műtrágyává alakítani.

A **nitrogénműtrágya** legtöbb esetben ammónium-nitrátot, ammónium-szulfátot és kálium-nitrátot takar, és **ammóniából és salétromsavból állítják elő.**



2. kép. Az ammóniát, mely szinte mindegyik N-tartalmú műtrágya alap építőeleme, a levegő nitrogénjéből és földgázból állítják elő

**1 rész levegőből származó nitrogén és 3 rész metánból származó hidrogén 2 rész ammóniát ad:**



mindez 450 °C-on és 300 bar nyomáson<sup>29</sup> egy reaktorban. Ebből mindjárt látjuk<sup>30</sup>, hogy Haber úttörőnek számító ötletének technikai megvalósítása **hatalmas kihívást** jelentett a gyakorlati<sup>31</sup> tehetséggel megáldott Carl Bosch gépészmérnök<sup>32</sup> számára.

Haber idejében a **hidrogént kokszból** nyerték, még egészen **1960-ig**. Ma szinte mindegyik ammóniaüzem **földgázalapon** működik, mint legolcsóbb kiindulási anyag. A **hidrogént földgázból** (metán, CH<sub>4</sub>) a **gőzreformálási eljárással** nyerik. Az **energiaigény** az ammónia tonnájaként **kokszt** kiindulási anyag esetében **90 GJ** (gigajoule), **földgáz** esetében kb. **30 GJ**.

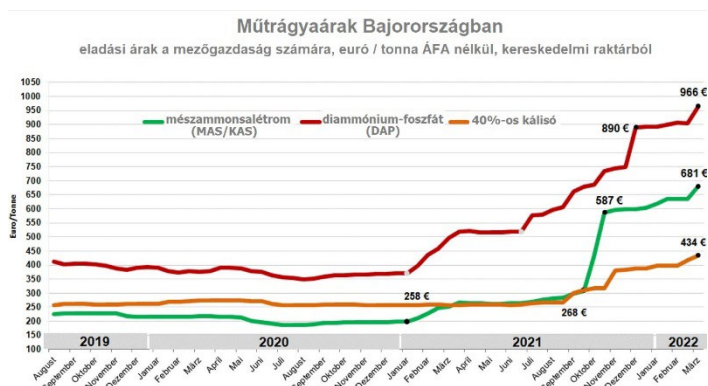
## Energiafelhasználás a műtrágyagyártás során

A szintetikus műtrágyák előállítása nagyon energiaigényes, mely magas nyersanyagforrás-felhasználással<sup>33</sup> és üvegházhatású gázok kibocsátásával jár együtt. A műtrágyagyártáshoz jelenleg világszinten a földgáz kereken 4 százalékát kell felhasználni. Ebből a gáz 80%-a nyersanyagként szolgál a műtrágyához, míg a maradék 20%-ot melegítésre és áramfejlesztésre használják.

Nyugat-Európában ma a teljes energiefelhasználás mintegy **15%-át élelmiszer előállítására** fordítják. Ez 5%-ban a szükséges nyersanyagok mezőgazdasági előállítása és 10%-ban a nyersanyagok élelmiszerekké történő **feldolgozása** (a logisztikai ráfordítást beleértve) között oszlik meg<sup>34</sup>. A mezőgazdasági termelésben **nagyon sok energiát** az ásványi N-műtrágyák alkalmazása miatt használnak el. Így például a téli búza termesztése során **52%** az **N-műtrágya** alkalmazásának (gyártás<sup>35</sup>, szállítás, kiszórás<sup>36</sup>) részaránya a teljes energiefelhasználásból. A **P- és K-műtrágyák** csak **8%-ban** járulnak hozzá az energiefelhasználáshoz, míg a **földmunkák** valamint az üzemeltetéshez szükséges eszközök és anyagok (vetőmag, stb.) **részaránya 40%** a teljes energiefelhasználásban.

## Gázárak és a műtrágyapiac

Az **európai műtrágyaipar** súlyos **krízisbe** került, mivel az európai gázpiac a padlón<sup>37</sup> van. A **rekordmagas földgázárak**, melyek a műtrágyagyártás változó **előállítási költségeinek 90%-át** teszi ki, az európai gyártók számára lehetetlenné teszik, hogy tovább termeljenek és versenyezzenek. Ennek eredményeként az **európai termelés** több mint **70%-át** már **csökkentették<sup>38</sup> vagy leállították**. (2022. 08. 26.) A politikai döntéshozóknak emiatt komolyan el kell gondolkozniuk a műtrágyakrízis kezelésére szolgáló intézkedéseken ahhoz, hogy az **élelmezés<sup>39</sup> biztonságára** gyakorolt hosszútávú hatásokat minimalizálni lehessen az EU-ban. Európának **erős hazai műtrágyaiparra** van szüksége ahhoz, hogy továbbra is termeljen élelmiszert.



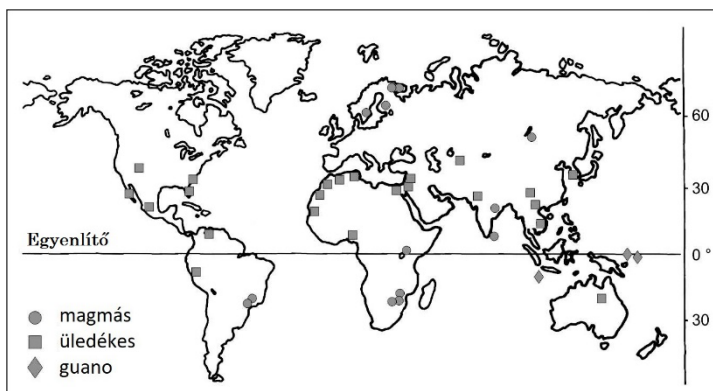
3. kép: A műtrágya nettó árának alakulása az elmúlt hónapokban

### Ásványműtrágya-gyártás és a műtrágyák nyersanyagai

A **nitrogéntartalmú műtrágyák** legjelentősebb előállító országa **Kína**, őt követi **India** és az **USA**. Európában a legfontosabb gyártók **Oroszország** és **Ukrajna**, őket követi **Lengyelország**, **Hollandia**, **Németország** és **Franciaország**.

A legnagyobb **kálimezőzők**<sup>40</sup> **Kanadában**, valamint **Oroszországban** ill. **Fehéroroszországban** és **Németországban** találhatóak.

A világ **foszfátlelőhelyei** a két **40. szélességi kör**<sup>41</sup> között terülnek el. Ezen geológiai feltétel miatt a kitermelés **kevés országra korlátozódik**<sup>42</sup>.



4. kép: A világszinten jelentős foszfátlelőhelyek

Emiatt tudni kell, hogy a műtrágyák ásványi összetevői, ahogy pl. a foszfát, egészen természetes módon **nehézfémekkel szennyezettek**. Foszfát esetében ez elsősorban a **kadmium** nehézfém. Tehát aki **rendszeresen** olyan ásványi műtrágyával trágyáz, melyben **magas a foszfát aránya**, hosszú távra **nehézfémeket dúsíthat**<sup>43</sup> fel a talajban. Mára sajnos szinte kizárólag megnövekedett<sup>44</sup> kadmiumtartalmú foszfátlelőhelyek léteznek, mert a **kadmiumban szegény** bányák már **kimerültek**. Németországban emiatt védő **határértékek**<sup>45</sup> vannak érvényben. Ezekből a rendelkezésekből különösen **Oroszország** és **Dél-Afrika** profitál<sup>46</sup>. Az ottani **készletek különösen tiszták**<sup>47</sup>, és az EU országaiban történő kizárólagos felhasználás<sup>48</sup> mellett közel 300 évig kitartanak.

Csak amiatt, mert **nehézfémek** kerülnek a **földbe**, még messze nem feltétlenül<sup>49</sup> biztos, hogy a **növények felveszik** ezeket. A **talajok**<sup>50</sup> **bizonyos anyagokat** meg tudnak **kötni**, melyeket emiatt<sup>51</sup> például a növények nem tudnak felvenni. A következő **összetevők** és **tulajdonságok** vannak pozitív hatással a **nehézfémek megkötésére**: (1) Magas **agyagtartalom**. (2) A **humusz** szintén képes nehézfémeket megkötni. (3) A pH-érték a talajban<sup>50</sup> **ne** legyen **6 alatt**. Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy egy nehéz, humuszt és agyagot tartalmazó talaj képes sok nehézfémet megkötni. **Homokos talajból**<sup>50</sup> viszont a nehézfémeket a növények fokozott mértékben **felveszik**, és a talajvízbe **kimosódnak**. Azonban a nehéz talaj is csak akkor tudja a nehézfémeket **hatékonyan megkötni**, ha a pH **nem túl savas**.

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

#### Anyagok:

|                        |            |
|------------------------|------------|
| s Kohlenhydrat, ~s, ~e | szénhidrát |
| s Fett, ~(e)s, ~e      | zsír       |
| s Eiweiß, ~es, ~e      | fehérje    |
| r Stickstoff, ~(e)s    | nitrogén   |
| s Phosphat, ~s, ~e     | foszfát    |
| s Kalium               | kálium     |
| r Schwefel, ~s, ~      | kén        |
| s Calcium / Kalzium    | kalcium    |

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| <b>s Magnesium</b>             | magnézium      |
| <b>s Spurenelement, ~s, ~e</b> | nyomelem       |
| <b>s Eisen, ~s, ~</b>          | vas            |
| <b>s Chlor, ~(e)s</b>          | klór           |
| <b>s Kupfer, ~s, ~</b>         | réz            |
| <b>s Mangan, ~s</b>            | mangán         |
| <b>s Molybdän, ~s</b>          | molibdén       |
| <b>s Zink, ~s</b>              | cink           |
| <b>s Gestein, ~s, ~e</b>       | kőzet          |
| <b>e Säure</b>                 | sav            |
| <b>e Phosphorsäure</b>         | foszforsav     |
| <b>s Ammoniak, ~s</b>          | ammónia        |
| <b>Kalisalze (Pl.)</b>         | kálisók        |
| <b>s Kaliumchlorid</b>         | kálium-klorid  |
| <b>s Kaliumsulfat</b>          | kálium-szulfát |
| <b>e Borsäure</b>              | bórsav         |
| <b>e Salpetersäure</b>         | salétromsav    |
| <b>s Kaliumnitrat, ~s</b>      | kálium-nitrát  |
| <b>r Wasserstoff, ~(e)s</b>    | hidrogén       |
| <b>s Methan, ~s</b>            | metán          |
| <b>r Koks, ~es, ~e</b>         | koksz          |
| <b>s Erdgas, ~es, ~e</b>       | földgáz        |
| <b>Schwermetalle (Pl.)</b>     | nehézfémek     |
| <b>s Cadmium / Kadmium</b>     | kadmium        |
| <b>r Ton, ~(e)s, ~e</b>        | agyag          |
| <b>r Humus, ~</b>              | humusz         |

Fogalmak:

anorganisch

szervetlen

|                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| <b>organisch</b>                   | szerves                |
| <b>e Menge, ~n</b>                 | mennyiség              |
| <b>s Verhältnis, ~ses, ~se</b>     | arány                  |
| <b>r Bestandteil, ~(e)s, ~e</b>    | alkotórész / összetevő |
| <b>e Zusammensetzung</b>           | összetétel             |
| <b>r Gehalt, ~(e)s, ~e an etw.</b> | tartalom               |
| <b>fossil</b>                      | fosszilis / ásványi    |
| <b>e Lagerstätte, ~n</b>           | lelőhely               |
| <b>löslich</b>                     | oldható                |
| <b>gelöst</b>                      | oldott                 |
| <b>s Ion, ~s, ~e</b>               | ion                    |
| <b>...haltig</b>                   | vmilyen tartalmú       |
| <b>in elementaren Form</b>         | elemi formában         |
| <b>r Druck, ~(e)s, ~e</b>          | nyomás                 |
| <b>s Verfahren, ~s, ~</b>          | eljárás                |
| <b>r Energieaufwand, ~(e)s, ~e</b> | energiafelhasználás    |
| <b>r Anteil, ~(e)s, ~e</b>         | részesedés, rész       |
| <b>r Grenzwert, ~(e)s, ~e</b>      | határérték             |
| <b>r pH-Wert, ~(e)s, ~e</b>        | pH-érték               |
| <b>sauer</b>                       | savas                  |

Egyéb:

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>ab bauen</b>          | kitermel (bányászattal)<br>/ lebont |
| <b>neutralisieren</b>    | semlegesít                          |
| <b>um setzen</b>         | átalakít                            |
| <b>aus etw. bestehen</b> | áll vmiből                          |
| <b>an reichern</b>       | (fel)dúsít                          |



## Magyar helyesírás és nyelvtan:

Figyeljünk, hol írunk kis- ill. nagybetűt: *bór / pH / a Föld légköre / európai műtrágyaipar*

A névelőt elhagyjuk: *egy kiváló minőségű növényi tápanyagot / egy speciális esetet képvisel / az angol gazdák / a Haber úttörő ötletének / a hidrogént a kokszból nyerték / az üvegházhatású gázok kibocsátásával jár / a humuszt és az agyagot tartalmazó talaj*

egybeírjuk: *ammóniaüzem / nitrogéntartalmú / kadmiumszegény / 80% / guanótrágya / guanókészletek*

Hat szótagig a többszörösen összetett szavakat is egybeírjuk:

*tápanyagtartalom / tápanyagfelvétel / nyomelemtrágya / műtrágyagyártás / műtrágyatermelés / műtrágyapiac / foszfátlelőhely*

kötőjellel írjuk: *élelmiszer-biztonság / kálium-klorid-műtrágya / termés hozam-növekedés / nyersanyagforrás-felhasználás*

Ld.: <https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#139>

különírjuk: 450 °C / 300 bar (nem bár!)

A fordításokról:

Szépen kérek mindenkit: ha fordítóprogramot vesznek igénybe, minden egyes kapott mondatot figyelmesen és legfőképpen nagyon kritikusan (!) tessenek átolvasni, értelmezni (!) és szükség szerint kijavítani!

Álljon itt néhány elrettentő példa, melyeket sajnos többen is szó szerint így hagytak a beküldött fordításukban:

👉 „A Földi légkör a nitrogén háromnegyedéből áll.” (???) 👉

👉 „Ma a földgáz alapú ammónia létesítmény szinte az összes legolcsóbb kiindulási anyagként működik.” 👉

👉 „A műtrágyákat tartalmazó nitrogént gyártó legfontosabb országai” 👉

## További, gyakran ismétlődő hibák:

<sup>1</sup>**Kunstdünger** – *műtrágya / műtrágyák*. Önmagában a címből nem derül ki, hogy egyes számban vagy többes számban áll. A teljes szöveg mérlegelésével kell eldönteni.

<sup>2</sup>**Düngung** – trágyázás, nem ~~megtermékenyítés~~

<sup>3</sup>**Kalorienträger** – Legtöbben egyszerűen *kalóriahordozót* vagy *kalóriatartalmút* írtak. Igazából azonban a magas kalóriatartalmú (Gyurka Bulcsú, Kovács Dominika, Mokánszki Nóra) világít rá az értelmére, hogy ebből a három anyagból tudunk kalóriát felvenni.

<sup>4</sup>**hereits heute** – *már ma is / manapság is*. Sokan kihagyták.

<sup>5</sup>**nur durch den zusätzlichen Düngemittelsinsatz** – *csak / csupán / kizárólag kiegészítő trágyázás révén / által / segítségével [látható el élelemmel]*. Sok mondatban nem a lényegen volt a hangsúly.

<sup>6</sup>**Nahrungssicherheit** – *az élelmezés biztonsága / élelmezésbiztonság*, nem *élelmiszer-biztonság* ≠ **Lebensmittelsicherheit** (auch: **Lebensmittelhygiene**). A fejezetcímben a megfelelő menyiségű élelem biztosításáról van szó. Az élelmiszerbiztonság minőségi követelményeket jelent. (vö. 39) Jó: Balogh Noémi, Komoróczy Miklós Máté, Nemes Bence Richárd, Szabó Bernadett

<sup>7</sup>**Verwitterung von Gesteinen** – *kőzetek mállása / szétporladása*, nem *sziklák*

<sup>8</sup>**wenn ... dauernd bewahren soll** – *ha egy talajnak tartósan meg kell őriznie / meg akarjuk őrizni a termőképességét*, nem: *ha egy talaj tartósan meg akarja őrizni (soll ≠ will)*.

<sup>9</sup>**müssen wieder ersetzt werden** – *pótolni kell*, nem pedig *újra ki kell cserélni*.

<sup>10</sup>**die entzogenen Bodenbestandteile** – *a kivont / felszívott / elszívott / kiszívott / eltávozott talajkomponenseket*, nem ~~visszavont / eltávolított~~

<sup>11</sup>**muss wieder hergestellt werden** – *helyre kell állítani*, nem ~~vissza~~

<sup>12</sup>**Know-how** – *szaktudás / szakértelem*

<sup>13</sup>**Hauptnährelemente** – *makroelemek / elsődleges biogén elemek* (Batka András István)

<sup>14</sup>**Volldünger** – *komplex / teljes (értékű) műtrágya*, nem ~~összetett~~

<sup>15</sup>**benötigen Pflanzen auch Spurenelemente** – *A növényeknek nyomelemekre is szükségük van*, nem pedig ~~a növényeknek is szükségük van nyomelemekre~~. Nem mindegy, mire vonatkozik az is.

<sup>16</sup>**Nährstoffelement** – *tápanyagként szolgáló elem*, nem ~~táplálkozási elem~~. Csak körülírni tudjuk.

**17aus fossilen Lagerstätten abgebaut** – *fosszilis lelőhelyekről bányásszák / termelik ki, és nem lerakódásokból bontható le*

**18als Verbindung** – *vegyületeként, és nem kötésben*

**19wird mit Säuren aufgeschlossen** – *savakkal feltárják. Ez a pontos kémiai kifejezés. Elfogadható: feloldják / bontják / emésztik.*

**20die gebildete Phosphorsäure** – *a képződött foszforsav, és nem az oldott*

**21Wie soll sie ernährt werden?**– *Hogyan / Miből élmezük / kellene élelmezni őket? / Hogyan lássuk el élelemmel őket?, és nem Hogyan kell táplálni? További jó ötletek: Vajon hogyan fogjuk ellátni őket? (Komoróczy Miklós Máté) / Hogyan tud a mezőgazdaság ezzel lépést tartani? (Mokánszki Nóra)*

**22verzeichneten** – *könyveltek el / jegyeztek fel, és nem rögzítettek. A sikert elkönyvelni lehet!*

**23sann man auf eine Methode** – *fontolgattak / elmélkedtek / tűnődtek / álmodoztak egy módszerről, de nem kidolgoztak/kitaláltak egy módszert: ugyanis nem ment nekik!*

**24nur durch Umwandlung** – *csak átalakítást követően / átalakítás révén képesek a növények a nitrogént hasznosítani, vagyis elemi állapotban nem! Akiké teljesen jó: Batka András István, Buglyó Panna, Gyurka Bulcsú, Komoróczy Miklós Máté, Kovács Dominika, Kosztyu Edit, Mokánszki Nóra, Szabó Fanni*

**25bissen sich die Zähne aus – sich an etw. die Zähne ausbeißen** [fig.] [ugs.] – *Küzdöttek a feladattal / rágódtak a feladaton, de nem rágták / harapdálták a fogukat. Jelen esetben azt mondanám, beletört a bicskájuk, vagyis nem sikerült.*

**26ihm gelang** – *sikerült neki, és nem ő irányította*

**27der große Coup** – *a nagy áttörés, esetleg nagy dobás / fogás, de nem puccs (coup d'état <fr> – államcsíny, puccs). Egyéb ötletes megoldások: elérte a nagy bravúrt / elérte a nagy célt / sikerült neki a nagy trükk*

**28seit nunmehr hundert Jahren** – *immár száz éve, nem egyszerűen száz éve*

**29300 bar Druck** – *nyomás ≠ nyomtatás! Nem egyszer és nem kétszer olvastam. Ezért mondom, hogy tessék alaposan és kritikusan felülvizsgálni, amit az automata fordító felkínál!*

- <sup>30</sup>**Da sieht man schon** – Itt / Ebből mindjárt látható / látszik / látjuk
- <sup>31</sup>**praktisch begabt** – nem *gyakorlatilag tehetséges*, hanem *gyakorlatias tehetségű / gyakorlati tehetséggel rendelkező*.
- <sup>32</sup>**Maschinenbauer** – gépészmérnök. Nem *gépgyártó!* (Fakultät für Maschinenbau = Gépészmérnöki Kar)
- <sup>33</sup>**Ressourcenverbrauch** – *erőforrás-felhasználás*, és nem *erőforrások*
- <sup>34</sup>**Dies unterteilt sich in 5% für ... sowie 10% für ...** . – Ezzel a szerkezettel sokan megkeveredtek, mert röviden próbálták elintézni. (*Ez 5%-ra oszlik....*) Legjobb alárendelő összetett mondatként fordítani: *Ez úgy oszlik meg, hogy (ebből) 5% szükséges a ...-ra, 10% pedig a .... -ra.*
- <sup>35</sup>**Produktion** – itt: *gyártás / előállítás*, és nem *termelés* értelemben áll
- <sup>36</sup>**Ausbringung** – *kijuttatás / kiszórás*, esetleg *alkalmazás*, de nem *kibocsátás*. Kijuttatás, ld.  
<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2003/9/novenytermesztes/a-foszfor-es-kalium-tragyazas-alapelvei>  
<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/HaBoElj.htm>  
<https://nrgreport.com/cikk/2020/07/16/az-ammonia-gyartas-okozza-a-vilag-szen-dioxid-kibocsatasanak-ket-szazalekat/>
- <sup>37</sup>**kaputt** – *összeomlott / a padlón van*, esetleg *tönkrement*. Sok fordításban *megtört* szerepel. Nem tudom, hogy a piaccal, kereskedelemmel, tőzsdével hogyan hozható össze.
- <sup>38</sup>**runtergefahren oder stillgelegt** – Én egyértelműnek tartom, hogy a termelést *csökkentették vagy leállították*. Nem fogják azonnal teljesen beszüntetni a termelést, netán bezárni a gyárat.
- <sup>39</sup>**Ernährungssicherheit** – *az élelmezés biztonsága*, nem *élelmiszerbiztonság* ≠ **Lebensmittelsicherheit** (auch: **Lebensmittelhygiene**). A szövegben a megfelelő menyiségű élelem biztosításáról van szó. Az élelmiszerbiztonság minőségi követelményeket jelent. (vö. 6)
- <sup>40</sup>**Kali-Lagerstätte** – *kálisó-lelőhelyek / telepek / mezők*, de nem *betétek*
- <sup>41</sup>**Breitengrad** – *szélességi kör*. A *fők* a mértékegység.
- <sup>42</sup>**auf wenige Länder konzentriert** – inkább korlátozódik, mint *néhány országban koncentrálódik*
- <sup>43</sup>**mit Schwermetallen anreichern** – *dúsítani*. Ez egy szakkifejezés a kémiában. Szinte mindenki azt írta, hogy *gazdagítani*. Értelmében

hasonlít, de ne felejtjük el, hogy a nehézfémek *felhalmozódása* (ezt az igét senki sem használta, pedig jó lenne) a talajban egyértelműen nemkívánatos folyamat, ezért jelen esetben pozitív értelmű igét semmiképp sem választhatunk.

<sup>44</sup>**mit erhöitem Cadmiumgehalt** – *megnövekedett / magasabb megnövelt* kadmiumtartalmú

<sup>45</sup>**Grenzwerte** – *határértékek / korlátozások / korlátok*

<sup>46</sup>**profitieren** – *profitál / előnyre tesz szert / előnyben részesül*, és nem csupán *részesül*.

<sup>47</sup>**hoch** – itt nem *magas* (senki sem mert mást írni), hanem **hochwertig** = *kiváló minőségű*, vagyis *tiszta (rein)* értelemben szerepel.

<sup>48</sup>**Verbrauch** – *felhasználás*, és nem *fogyasztás*! Nyersanyagról van szó.

<sup>49</sup>**noch lange nicht** – *még messze nem*, vagyis *nem feltétlenül / egyáltalán nem biztos*. A *sokáig nem* időbeli késleltetést jelentene.

<sup>50</sup>**Böden** – itt mindenképpen *talajok*, és nem *padlók*! (A *földek* sem igazán szakszerű.) Tessék alaposan és kritikusan felülvizsgálni, amit az automata fordító felkínál!

<sup>51</sup>**dadurch** – *így / emiatt / ennek következtében*. Legtöbbször kihagyták ezt a szót, enélkül viszont más a mondat értelme.

**Az első forduló eredménye:**

| NÉV                              | Oszt. | ISKOLA  | Ford.<br>(max. 80 ) | Magyar<br>nyelvtan<br>(max. 20) | ÖSSZ.<br>(max.100) |
|----------------------------------|-------|---|---------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>Gyurka Bulcsú</b>             |       | Debreceni SZC<br>Vegyipari Technikum                                    | 71,5                | 17,5                            | <b>89</b>          |
| <b>Komoróczy<br/>Miklós Máté</b> | 10.B  | Debreceni SZC<br>Vegyipari Technikum                                    | 69                  | 19                              | <b>88</b>          |
| <b>Kovács<br/>Dominika</b>       | 10.B  | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 70,5                | 15,5                            | <b>86</b>          |
| <b>Sánta Regina<br/>Luca</b>     | 2/14  | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum                                    | 65                  | 17                              | <b>82</b>          |
| <b>Mokánszki Nóra</b>            |       | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum                                    | 64                  | 13                              | <b>77</b>          |
| <b>Buglyó Panna</b>              |       | Debreceni Csokonai<br>Vitéz Mihály<br>Gimnázium                         | 61                  | 15                              | <b>76</b>          |
| <b>Kovács Boglárka</b>           | 11.B  | Debreceni SZC<br>Vegyipari Technikum                                    | 59                  | 16                              | <b>75</b>          |
| <b>Szoboszlai<br/>Fruzsina</b>   |       | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum                                    | 54                  | 17                              | <b>71</b>          |
| <b>Kosztju Edit</b>              | 11.B  | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 52                  | 15                              | <b>67</b>          |
| <b>Batka András<br/>István</b>   | 11.   | Pannonhalmi Bencés<br>Gimnázium   | 56                  | 8                               | <b>64</b>          |
| <b>Gudor Georgina</b>            | 11.B  | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 50                  | 12                              | <b>62</b>          |
| <b>Barbócz Erik</b>              | 11.B  | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 34,5                | 11                              | <b>45,5</b>        |

|                                |      |   |      |     |             |
|--------------------------------|------|---|------|-----|-------------|
| <b>Molnár Roland</b>           |      | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum                                    | 36   | 6   | <b>42</b>   |
| <b>Szatmári Roland</b>         |      | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum                                    | 36   | 2,5 | <b>38,5</b> |
| <b>Szatmári Fanni</b>          | 10.B | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 31,5 | 7   | <b>38,5</b> |
| <b>Nagy Boglárka</b>           |      | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 32   | 6,5 | <b>38,5</b> |
| <b>Szabó Bernadett</b>         | 11.B | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum                                    | 24,5 | 6,5 | <b>31</b>   |
| <b>Balogh Noémi</b>            | 12.  | Debreceni SZC<br>Vegyipari Technikum                                    | 10   | 7   | <b>17</b>   |
| <b>Nemes Bence<br/>Richárd</b> | 10.B | Erdey-Grúz Tibor<br>Vegyipari és<br>Környezetvédelmi Szki.,<br>Debrecen | 13   | 0   | <b>13</b>   |

További egy fordítás 10 pont alatti.

**Gratulálok a 60 pont feletti eredményt elért tanulóknak!**

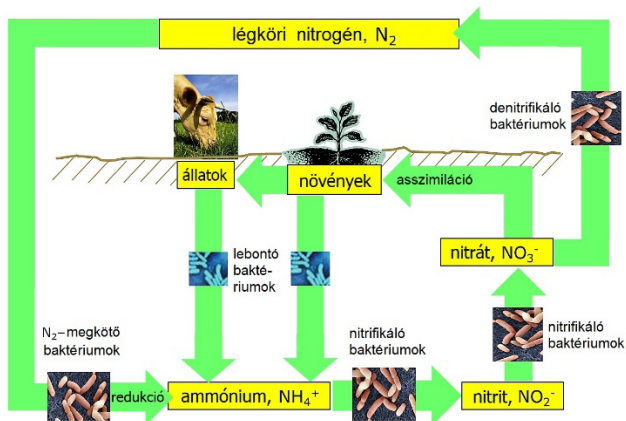
A 2023/1. számban megjelent szakszöveg fordítása:

## Műtrágyák – (2. rész)

### Nitrogénmegkötés – Mit kell ezalatt értenünk?

**Minden élőlénynek**, állatoknak és növényeknek egyaránt, szüksége van **nitrogénre**, mivel a **fehérjék aminosavainak** és a **nukleinsavaknak**, vagyis minden élő szervezet létfontosságú kémiai anyagainak<sup>1</sup> építőeleme. Mivel a **nitrogén  $N_2$  molekulái** két, egymással **hármassal<sup>2</sup> kötással összekapcsolt nitrogénatomból** állnak, ezért ez a kötés **nagyon stabil** és reakcióképesség szempontjából lomha<sup>3</sup>. Ezért a  $N_2$ -t **inert gáznak** is mondják. A  $N_2$ -t emiatt **sem állatok, sem növények nem képesek közvetlenül a levegőből felvenni fehérjék felépítése céljából**. Az élőlények emiatt **nitrogénvegyületekre** vannak ráutalva, mint pl. az **ammónium,  $NH_4^+$**  és a **nitrát,  $NO_3^-$** .

#### A TERMÉSZETES NITROGÉNKÖRFORGÁS



1. kép. A természetes nitrogénkörforgás. Az élőlények anyagcseretermékeit<sup>5</sup> a lebontó<sup>6</sup> talajbaktériumok ammóniummá alakítják.

**Asszimiláció:** A nitrogén felvétele a növények által.

**Nitrogénmegkötés:** A kémiailag inert, molekuláris  $N_2$  átalakítása.

**Denitrifikáció:** Az nitrátban,  $NO_3^-$  megkötött N molekuláris nitrogénné,  $N_2$  történő átalakítása<sup>7</sup> baktériumok által.

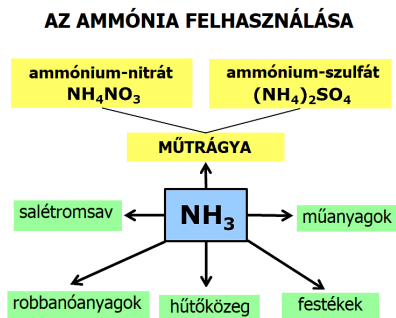


## Mi az a műtrágya?

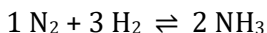
A műtrágyák (ásványi) trágyázó anyagok, melyeket **kémiai és ipari eljárások** segítségével állítanak elő vagy dolgoznak fel. **Gyors hatásuk és nagy koncentrációjuk** révén a műtrágyák képesek a növények tápanyagellátásában<sup>4</sup> fellépő **akut hiányok** megszüntetésére. Az **ásványi trágyázó anyagok nyersanyagait fosszilis lelőhelyekről** termelik ki, vagy pedig – a nitrogén esetében – a Haber–Bosch-eljárás keretében állítják elő. Ezeket mind aztán még **kémiailag** tovább **át kell alakítani**. A **kémiailag átalakított** nyersanyagok jobban **oldhatók vízben** vagy a talajban természetes módon előforduló **savakban**. A **műtrágyák ipari termelése** ekképpen tette lehetővé a világ népességének hatalmas növekedését a XX. században.

## Az ammóniaszintézis mint kiindulási folyamat a műtrágya-előállításához

Az előállított  $\text{NH}_3$  80%-át **műtrágyaként** hasznosítják.  $\text{NH}_3$  nélkül nem lenne lehetséges a folyamatosan növekvő népesség élelmiszerral történő kielégítő ellátása.



2. kép. Az ammónia, a műtrágyaiparral párhuzamosan számos **finomkémiai**<sup>8</sup> **vegyület** **alapananyagaként** szolgál



Ez a **szervetlen kémia egyik legegyszerűbb képlete**. A gyakorlatban azonban a **nehézségek szinte leküzdhetetlenek** voltak, mivel a reaktorban 450 °C-ra és 300 bar nyomásra van szükség. Ha azonban a

problémákon sikerülne felülkerekedni, **kenyér** „terem” majd a **levegőből**.<sup>9</sup>

1900-ban **Wilhelm Ostwald** (1853–1932) **szabadalmat** jelentett be „*Ammónia és ammóniumvegyületek előállítása szabad nitrogénből és hidrogénből*” céllal. Laboratóriumi méretekben **sikerült neki ammóniát előállítania** „*megfelelő kontaktanyagok vagy katalizátorok*” révén „*már mérsékelt, 250–300 °C-ra történő hevítés mellett*”. Ugyanezen szabadalmi leiratban javasolta a **nagy nyomáson** történő **végrehajtást**, „*mivel az ammónia relatív mennyisége nő a gázkeverékben a nyomás emelésével*”.

Amit a **természetben** parányi nitrifikáló **talajbaktériumok légköri nyomáson**, a **külső környezet hőmérsékletén** és nedvességtartalma mellett gond nélkül véghez visznek, az az **ipari szintézis** során hosszú és **fáradtságos** utat jelent: a nitrogénmegkötést – **nagy nyomások, magas hőmérsékletek** a reformerekben, konverterekben, mosósoszlopokban, reaktorokban, kompresszorokban, hőcserélőkben. **Magas befektetési költségek, nagy energiafelhasználás**, azonban a vegyészek és a mérnökök sok fejtöréssel<sup>10</sup> és **éveken át** mutatott **kitartással** megvalósították.

Nagyiparilag<sup>11</sup> az  $\text{NH}_3$ -t ma a **Haber–Bosch-eljárással** állítják elő, mely 2013-ban a százéves jubileumát ünnepelte.  $\text{N}_2$ -t és  $\text{H}_2$ -t **400–500 °C-on** és **150–200 bar** nyomáson **vaskatalizátor** felett vezetnek át. Ezek a reakcióparaméterek kompromisszumot jelentenek az  $\text{NH}_3$  termikus stabilitása, a reakciósebesség és a katalizátor aktivitása között. **Egyensúlyi** feltételek mellett **15%-os konverzió**<sup>12</sup> érhető el. A szükséges  $\text{N}_2$ -t a levegő kriogén bontása révén, míg a  $\text{H}_2$ -t **metánból**,  $\text{CH}_4$  **vízgőzreformálással** állítják elő.

**Fritz Haber** (\*1868 Breslau, †1934 Basel) 1904 és 1908 között **Carl Bosch**sal (1874–1940) együtt fejlesztette ki az ammóniaszintézist, 1910-ben szabadalmat kapott rá, és ezzel lefektette a nitrogénműtrágyák mesterséges előállításának alapját, mely **nélkülözhetetlen a népesség felének élelmezése szempontjából**. **1919-ben** megkapta érte a **kémiai Nobel-díjat**.

### A nagynyomású technológia megszületése a kémiában

1907-től fogva teljesen világos volt, hogy a szintézis csak nagy nyomásokon és magas hőmérsékleteken sikerülhet. **Haber számításai**

azt adták, hogy sikeres eredmény csak **akkoriban teljesen irreális körülmények** között, 600 °C-on és 200 bar-on lenne lehetséges. A TH Karlsruhe (Karlsruhei Műszaki Főiskola) költségvetése túl szerény volt ahhoz, hogy ezeket a berendezéseket kifizesse. A közeli Ludwigshafenben működő **BASF**-ben (Badische Anilin- und Sodafabrik) kooperációs partnerre talált, akik ígéretes technológiákba akartak befektetni. Nem csak hogy **ilyen körülmények között még sosem végeztek nagyipari szintézist**, de gyakorlatilag semmilyen **katalizátor** (olyan anyag, mely **egy kémiai reakció sebességét növeli** anélkül, hogy saját maga elreagálna<sup>13</sup> eközben) sem létezett, mely 500 °C-on működött volna.

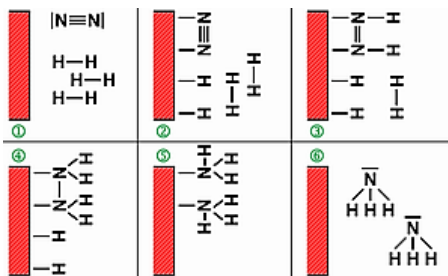
Fritz Haber és G. van Oordt már 1904-ben használt **tiszta vasat**, ez azonban még **nem a megfelelő módosulatban** volt jelen<sup>14</sup>. 1909-ben katalizátorként Haber **ozmiummal**, sőt **uránnal** is kísérletezett. A TH intézetében a BASF anyagi segítségével felépítettek egy **nagynyomású berendezést**, melyhez az összes alkatrészt speciálisan kellett megtervezni és elkészíteni: a **kompreszort**, a **hőcserélőket**, a **reaktor** a **katalizátorral** együtt, a **tömítéseket** és a **szelepeket**. A berendezés, mely 250 barra volt méretezve, **körfolyamatban** működött, vagyis a **képződő ammóniát** a körben áramló  $N_2 + H_2$  szintézisgázból **le kellett választani**. 1909 márciusában így állt<sup>15</sup> a kis kísérleti berendezésük.

A következő években Alwin Mittasch (1869–1953) a katalizátor optimális összetételét kereste. Azt találta, hogy a **vanak egy bizonyos módosulata** a legmegfelelőbb. A magnetit vagy vas(II,III)-oxid,  $Fe_3O_4$  a reaktor **redukáló** hatású környezetében **erősen porózus**, köbös tércentrált<sup>16</sup>  **$\alpha$ -vassá alakul** át. Ennek a vasnak nagyon nagy a **belső felülete**, és nagymértékű kontaktot tesz lehetővé a gázokkal. Kevés hozzáadott **alumínium-oxid** elősegíti az  $\alpha$ -vas képződését, kálium-oxid stabilizálja a szerkezetet.

Miután<sup>17</sup> 1911-ben egy első, kisebb berendezés heteken keresztül üzemelt **anélkül, hogy a reaktor szétrobbant volna**, a BASF teljes pénzügyi erejét egy **nagyüzemi berendezés** megépítése mögé állították a szomszédos Oppau településen. Az **üzemelését 1913-ban kezdte**<sup>18</sup> meg, **napi 20 t** kötött nitrogént termelt. Folyamatosan bővítették: még 1913-ban a **reaktorok hosszát 4 m-ről 8 m-re** növelték, **átmérőjük 29-ről 68 cm-re** nőtt. 1915-ben a magasság már

12 m volt, az átmérő 1 m, a napi termelés 25 t. Az **I. világháború** kitörésével a **Hadügyminisztériumnak** sürgősen ammóniára volt szüksége, mivel abból (sajnos) **robbanóanyagot** is elő lehet állítani. A termelést csak egy új üzem felépítésével lehetett tovább növelni: stratégia okokból (messze a francia határtól!) a Merseburg melletti Leuna telephely mellett döntöttek. A napi 350 t kötött nitrogén termelésére méretezett üzemet 1917-ben indították be<sup>19</sup>. 1925-re a BASF termelése mindkét telephelyen már napi 950 t volt, 1928-ban napi 1700 t.

A **napi 1500 t ammónia** termelésére alkalmas **reaktor 2,40 m átmérőjű és 30 m hosszú, tömege kb. 400 tonna**. Mintegy **100 tonnányi katalizátort** tartalmaz (manapság főleg vasat – kalcium alumínium és szilícium oxidjaival adalékolva –, valamint kalcium-karbonátot).

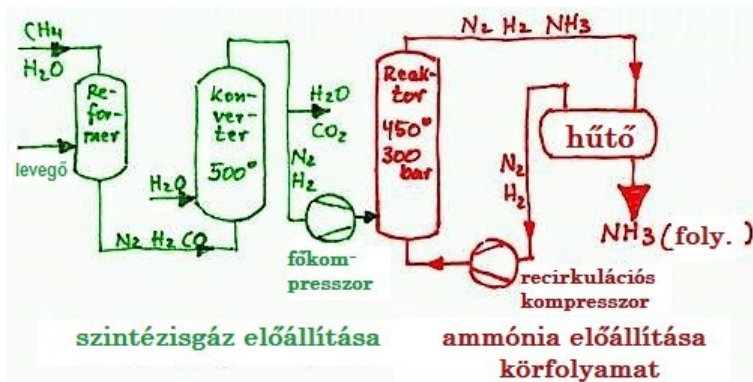


3. kép (bal). Így néz ki az ammóniaszintézis berendezésének szíve, a **nagynyomású reaktor**, itt egy 1921-ből származó példány<sup>20</sup> a Karlsruhei Műszaki Főiskola területén. 300 bar és 450 °C – akkoriban hatalmas kihívás az acélpipar és a számításokat<sup>21</sup> végző tervezőmérnökök számára. A reaktorcső **kívülről nyomásálló, vastag acéllal** van megerősítve. **Belül nem szabad acélt** használni, mert a **hidrogén reakcióba** lépne az **acélban található szénnel**. Emiatt a belső cső **szénszegény**<sup>22</sup>, **tiszta vasból** készül.

4. kép (jobb). Így működik a **katalizátor** (piros) az ammóniaszintézis során: N<sub>2</sub>-ből és H<sub>2</sub>-ből az NH<sub>3</sub> hat (sematikus) lépésben képződik. Némi erőfeszítésre van szükség a nitrogénatomok stabil **hároms kötésének felszakításához**. A H-atomok lépésenként<sup>23</sup> kapcsolódnak hozzá a N-atomhoz.

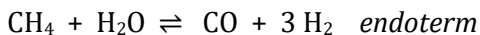
## A nagyipari eljárás

Az **ammónia előállítása** hagyományosan **két integrált folyamat-szakaszból** áll: a **szintézisgáz-eljárásból** és a **Haber–Bosch-eljárás** szerinti ammóniaszintézisből. A gyártás **folyamatos üzemben** történik, **többlépcsős eljárásban**:



5. kép. A Haber–Bosch-eljárás erősen leegyszerűsített sémája. Földgázból, vízből és levegőből ammónia lesz.

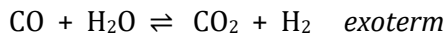
**Primer reformer:** A  $\text{CH}_4$  (metán)  $800^\circ\text{C}$ -on reagál a  $\text{H}_2\text{O}$ -val (vízgőzzel), és  $\text{CO}$  (szén-monoxid), valamint  $\text{H}_2$  (**hidrogén**) keletkezik.



**Szekunder reformer:** A **bevezetett levegőből** az  $\text{O}_2$  (oxigén) reagál a  $\text{CH}_4$  metánnal, és  $\text{CO}$  valamint  $\text{H}_2$  keletkezik. A  $\text{N}_2$  (**nitrogén**) **nem reagál**.



**Konverter:** A  $\text{CO}$  katalizátormérget  $500^\circ\text{C}$ -on reagál a  $\text{H}_2\text{O}$ -val, és  $\text{CO}_2$  (szén-dioxid) és  $\text{H}_2$  (**hidrogén**) keletkezik.



**Mosótorony:** A  $\text{CO}_2$  katalizátormérget el kell távolítani. A szén-dioxidot **vízzel** ki lehet mosni<sup>24</sup> (**feloldani**). Ezt az üdítőitalgyártó-ipar számára adják el. Így **tiszta nitrogén- és hidrogéngázhoz jutunk**.

**Főkompresszor:** A nitrogénből és hidrogénből álló gázelegyet egy **kompresszorral** a megfelelő nyomásra összenyomják.

**Reaktor:** Egy hengeralakú, nyomásálló reaktorcsőben kb. 300 bar nyomáson 530 °C-ra hevítik a gázelegyet. Eközben a gáz keresztáramlik a porózus katalizátoron és ammóniagázzá reagál<sup>25</sup>.

**Hűtő:** A N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> és NH<sub>3</sub> reaktánsokat 450 °C-ról lehűtik, az NH<sub>3</sub> csepfolyósodik (**kondenzál**).

**Recirkulációs kompresszor:** Az el nem reagált N<sub>2</sub> és H<sub>2</sub> gázt egy kompresszoron keresztül **visszavezetik a reaktorba**.

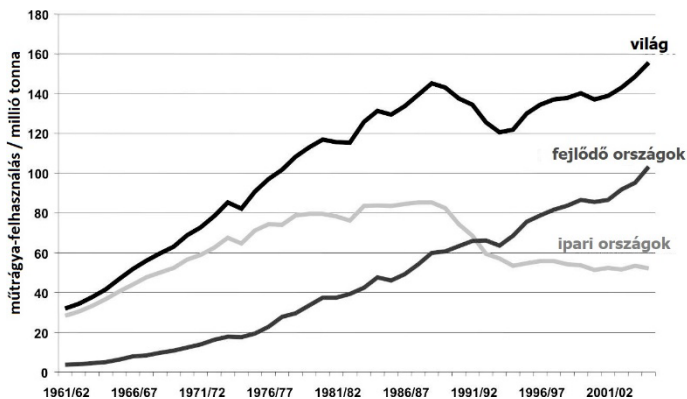
### Jó vagy rossz?

A nitrogénműtrágyázás folyamatláncában a legtöbb energiát az N-trágya **előállítására** kell fordítani. Míg **1 tonna** mészammonsalétrom<sup>26</sup> **gyártásához 40 GJ** szükséges, addig ennek az 1 tonnának a **szállítása és kijuttatása** csupán **1 ill. 3 GJ-t** igényel. **Az ammóniát a levegő nitrogénjéből (N<sub>2</sub>) és földgázból gyártják, melynek 82%-át szintézisgázként<sup>27</sup>, 18%-át tüzelőanyagként használják.** Az előállítási folyamat összességében **erősen endoterm**, vagyis sok energiát használ (minden kg NH<sub>3</sub>-ban kötött N mintegy 1 liter olajegyenértéket). **A világ energiaszükségletéből való 1 és 3% közötti részesedésével az ammóniaszintézis az egyik legnagyobb ipari energiafelhasználó.** Igaz, az N-műtrágya előállításának energiahatékonyágát az elmúlt 100 évben jelentősen sikerült javítani. Egy modern, földgázalapon működő üzemben az energiafelhasználás közel az **elméleti minimumra** szorult vissza.

A **földgáz fosszilis**, és a kompresszorok meghajtásához szükséges **elektromos energia** szintén **fosszilis forrásokból** származik. A **Haber-Bosch-eljárás energiaintenzív**, növeli a **CO<sub>2</sub>-kibocsátást**, ezáltal a légkör felmelegedését. Minden tonna legyártott NH<sub>3</sub> után két tonna klímára káros CO<sub>2</sub> **szabadul fel**. Az **értékes szénhidrogének** tehát **nem** az NH<sub>3</sub> **végtermékbe**, hanem végül is az ezidőtájt nagyiparilag még nem hasznosítható CO<sub>2</sub>-be kerülnek.

A II. világháború óta az ipar mind **hatékonyabb** és **célzottabban bevethető** vegyszeres műtrágyákat dobott piacra. A XX. század utolsó negyedében azonban a szintetikus műtrágyát egyre erősödő **kritika** érte<sup>28</sup>, mivel a **túlzott használatát** tették felelőssé különböző **ökológiai károkért**, mint pl. a talajok kimerülése<sup>29</sup>, **oxigénhiány** és **halpusztulás**<sup>30</sup>. A **túltrágyázás**<sup>31</sup> során a **nitrát nagy része folyókba mosódik be**, és hatalmas környezeti problémákat okoz, pl. a **belvizek**

**eutrofizálódását, ami a tápanyagok mennyiségének nemkívánatos megnövekedése a vízben. Kb. 1985 óta csökken az ásványi műtrágyák felhasználásának mértéke Németországban.**



6. kép: A műtrágya-felhasználás alakulása a világban 1961 és 2005 között

Hatalmas **kétségek** merülnek fel azzal szemben, hogy a nitrogénműtrágya termelésének növelése lenne az egyetlen megoldás a világ élelmezésének problémáira. A **másik lehetőség**, melyre Haber már a Nobel-díj átvételekor<sup>32</sup> megtartott beszédében utalt, a **biológiai nitrogénmegkötés** lenne, vagyis megpróbálni **utánozni a nitrogénkörforgást**, ahogyan az a természetben lezajlik. Ehhez még sok munkára lesz szükség, mely a jelen és **jövő generáció biológusait, vegyészeit és mérnökeit nagyon nagy kihívás elé állítja.**

**A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:**

Anyagok:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| r Stickstoff, ~(e)s | nitrogén    |
| e Aminosäure, ~n    | aminosav    |
| e Nukleinsäure, ~n  | nukleinsav  |
| s Ammonium          | ammónium    |
| s Nitrat, ~(e)s     | nitrát      |
| e Salpetersäure     | salétromsav |

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| <b>r Kunststoff, ~(e)s, ~e</b>        | műanyag          |
| <b>r Sprengstoff, ~(e)s, ~e</b>       | robbanóanyag     |
| <b>r Farbstoff, ~(e)s, ~e</b>         | festék, színezék |
| <b>s Kältemittel, ~s, ~</b>           | hűtőfolyadék     |
| <b>r Wasserstoff, ~(e)s</b>           | hidrogén         |
| <b>r Katalysator, ~s, ~en</b>         | katalizátor      |
| <b>s Osmium, ~s</b>                   | ozmium           |
| <b>s Uran, ~s</b>                     | urán             |
| <b>s Aluminiumoxid, ~s</b>            | alumínium-oxid   |
| <b>s Kaliumoxid, ~s</b>               | kálium-oxid      |
| <b>s Silizium, ~s</b>                 | szilícium        |
| <b>s Calciumcarbonat, ~s</b>          | kalcium-karbonát |
| <b>r Stahl, ~(e)s, ~e</b>             | acél             |
| <b>r Kohlenstoff, ~(e)s, ~e</b>       | szén             |
| <b>s Synthesegas, ~es, ~e</b>         | szintézisgáz     |
| <b>r Wasserdampf, ~(e)s, ~e</b>       | vízgőz           |
| <b>s Kohlenmonoxid, ~s</b>            | szén-monoxid     |
| <b>r Sauerstoff, ~(e)s</b>            | oxigén           |
| <b>s Kohlendioxid</b>                 | szén-dioxid      |
| <b>s Kohlenstoffdioxid</b>            | szén-dioxid      |
| <b>s Gift, ~(e)s, ~e</b>              | méreg            |
| <b>r Brennstoff, ~(e)s, ~e</b>        | tüzelőanyag      |
| <b>r Kohlenwasserstoff, ~(e)s, ~e</b> | szénhidrogén     |

Eszközök, berendezések:

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>r Reaktor, ~s, ~en</b>     | reaktor     |
| <b>r Kompressor, ~s, ~en</b>  | kompresszor |
| <b>r Wärmetauscher, ~s, ~</b> | hőcserélő   |



|                                |                      |
|--------------------------------|----------------------|
| <b>e</b> Waschkolonne, ~, ~n   | mosóoszlop           |
| <b>r</b> Waschturm, ~(e)s, ~"e | mosótorony           |
| <b>e</b> Apparatur, ~, ~en     | berendezés           |
| <b>e</b> Dichtung, ~, ~en      | tömítés              |
| <b>s</b> Ventil, ~s, ~e        | szelep               |
| <b>e</b> Versuchsanordnung     | kísérleti elrendezés |
| <b>e</b> Großanlage, ~, ~n     | nagyüzem             |

### Fogalmak:

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>e</b> Fixierung               | megkötés / rögzítés            |
| <b>s</b> Molekül, ~s, ~e         | molekula                       |
| <b>e</b> Dreifachbindung, ~, ~en | hármaskötés                    |
| <b>s</b> Atom, ~s, ~e            | atom                           |
| <b>s</b> Inertgas, ~es, ~e       | inert gáz                      |
| <b>e</b> Verbindung              | vegyület                       |
| reaktionsträge                   | kevésbé reakcióképes,<br>lomha |
| <b>r</b> Prozess, ~es, ~e        | eljárás                        |
| <b>s</b> Prozent, ~s, ~e         | százalék                       |
| <b>e</b> Formel, ~n              | képlet                         |
| anorganische Chemie              | szervetlen                     |
| <b>s</b> Patent, ~s, ~e          | szabadalom                     |
| <b>s</b> Gemisch, ~(e)s, ~e      | keverék                        |
| großtechnisch                    | nagyüzemi / ipari<br>léptékű   |
| thermische Stabilität            | termikus stabilitás            |
| <b>e</b> Reaktionsrate, ~, ~n    | reakciósebesség                |
| Reaktionsgeschwindigkeit         | reakciósebesség                |
| <b>e</b> Katalysatoraktivität    | katalizátoraktivitás           |
| <b>s</b> Gleichgewicht, ~s, ~e   | egyensúly                      |

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>r Umsatz, ~es, ~e</b>                         | átalakulás mértéke<br>(konverzió) |
| <b>e Luftzerlegung</b>                           | levegő bontása                    |
| <b>e Dampfreformierung</b>                       | gőzreformálás                     |
| <b>e Synthese, ~, ~n</b>                         | szintézis                         |
| <b>e Berechnung, ~, ~en</b>                      | számítás                          |
| <b>unter ... Bedingungen</b>                     | ... feltételek mellett            |
| <b>Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion</b> | egy kémiai reakció sebessége      |
| <b>s Kreislaufverfahren, ~s, ~</b>               | körfolyamat                       |
| <b>reduzierend</b>                               | redukáló                          |
| <b>porös</b>                                     | porózus                           |
| <b>e Oberfläche, ~, ~n</b>                       | felület                           |
| <b>r Durchmesser, ~s, ~</b>                      | átmérő                            |
| <b>druckbeständig</b>                            | nyomásálló                        |
| <b>kohlenstoffarm</b>                            | szénszegény                       |
| <b>kontinuierlich</b>                            | folyamatos                        |
| <b>mehrstufig</b>                                | többlépcsős                       |
| <b>endotherm</b>                                 | endoterm                          |
| <b>exotherm</b>                                  | exoterm                           |
| <b>zylinderförmig</b>                            | henger alakú                      |
| <b>druckfest</b>                                 | nyomásálló                        |
| <b>r Energiebedarf, ~(e)s, ~e</b>                | energiaszükséglet                 |
| <b>e Energieeffizienz</b>                        | energiahatékonyság                |
| <b>energieintensiv</b>                           | energiaigényes                    |
| <b>r Versuch, ~(e)s, ~e</b>                      | kísérlet                          |

Egyéb:**in Betrieb gehen**

megkezdzi az üzemelést

|  |   |
|--|---|
| <b>auf brechen</b>                             | felszakít (kötést)                                    |
| <b>sich an lagern an etw.<br/>kondensieren</b> | hozzáköt (atomhoz)<br>lecsapódik /<br>cseppfolyósodik |
| <b>ab laufen / läuft ab</b>                    | lejátszódik (folyamat,<br>reakció)                    |

### Magyar helyesírás és nyelvtan:

Egészen pontosan a tavalyi értékelésben leírtakat kell elismételnem:

A határozatlan névelőt elhagyjuk: *egy vaskatalizátoron át / egy 15 százalékos nyereség / egy kooperációs partnert talált / egy nagy gázkontaktust tesz lehetővé / egy nagy kihívást jelentett / egy erős kétség / egy 1–3 százalékos részesezéssel*

Az egybe- és különírás szabályait ld.:

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#139>

különírjuk: *kovalens kötés / hármass kötés / 450 °C / nagynyomású reaktor*

egybeírjuk: *nitrogénmegkötés / nitrogénkörforgás / nitrátion / finomvegyszer / energiafelhasználás / folyamatparaméter / katalizátoraktivitás / nagyüzem / széntartalom / nitrogéngáz / hidrogéngáz / ammóniaszintézis / katalizátorméreg / főkompresszor / nitrogéntartalmú*

Hat szótagig a többszörösen összetett szavakat is egybeírjuk:

*nitrogénkörforgás / nitrogénműtrágya, kivétel: szén-dioxid*

kötőjellel írjuk: *ammóniaszintézis-üzem / nitrogénműtrágya-lánc / műtrágya-felhasználás / nitrogéntrágya-termelés*

A két alkotó személy neve között nagykötőjelet használunk:

*Haber–Bosch-eljárás*

ld.

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#166>

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#264b>

Bármilyen furcsa, de nem kell kötőjellel kapcsolni a toldalékot, ha a név végén nem áll néma hang (itt az -s hangot kiejtjük): Carl Boschsal  
Jó: Mokánszki Nóra, bővebben ld.:

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#216b>

### A fordításokról:

A szenvedő szerkezeteket lehetőség szerint többes szám első vagy harmadik személyel fordítsuk! Pl.

werden abgebaut / erzeugt / geleitet – bányásszák / állítják elő / vezetik keresztül őket

wird komprimiert – összesűrítik

wird erreicht – érünk el

wird verbraucht – kerül felhasználásra

müssen noch umgesetzt werden – még át kell alakítani őket

**1[Bestandteil der ...] lebensnotwendigen chemischen Stoffen aller Lebewesen** – minden élő szervezet létfontosságú kémiai anyagaié.  
Birtokos esetben áll.

**2Dreifachbindung** – hármias kötés / háromszoros kovalens kötés

**3reaktionsträge** – csekély reakciókészségű / lomha (Akármilyen furcsa, de teljesen elfogadottan használatos ez a jelző a kémiában.)

**4Pflanzenernährung** – a növények tápanyagellátása, nem növényi táplálkozás (amikor valaki csak növényi eredetű táplálékot fogyaszt)

**5Ausscheidungen** – anyagcseretermékei

**6zersetzende Bodenbakterien** – lebontó baktériumok, nem lebomló! Jó még: talajlakó baktériumok

**7Umwandlung** – átalakulás / átalakítás

**8Feinchemikalien** – finomvegyszerek ≠ tiszta vegyszerek / finom vegyi anyagok

**9.... sollte damit Brot aus Luft entstehen** – a levegőből kenyérnek kellene keletkeznie / kenyér „teremne” a levegőből / a levegőnek kenyérré kellene válna / állítólag a levegőből kenyér lesz. Itt a soll segédige az

állítólagosságot is kifejezheti. A legközelebbi jó megoldás Sánta Regina Lucáé: „De a problémák sikeres leküzdése után ezzel a levegőből előállítható a kenyér.”

<sup>10</sup>**mit dem Einsatz von viel Gehirnschmalz** – sok fejtörés árán (Batka András István) / „sok agytekervény alkalmazásával” (Szabó Bernadett)

<sup>11</sup>**großtechnisch** – nagyüzemi(leg) / ipari léptékű (léptékben) ≠ *nagyszabású*

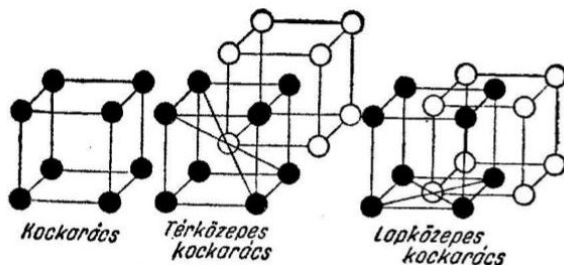
<sup>12</sup>**Umsatz** – átalakulás / konverzió ≠ *forgalom*

<sup>13</sup>**ohne dabei selbst verbraucht zu werden** – *anélkül, hogy eközben saját maga elfogyna / elreagálna / felhasználnódna / elhasználnódna*

<sup>14</sup>**nicht in der richtigen Modifikation vorlag** – *nem a megfelelő módosulatban volt jelen*

<sup>15</sup>**war es so weit** – *itt tartott / így állt.* (Senki sem jött rá.)

<sup>16</sup>**kubisch-raumzentriert** – *tércentrált köbös / térben középpontos kockarács.* Jó: Batka András István, Mokánszki Nóra



<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Elemicel.htm>

<http://www.dekorferro.hu/femipar/index.php/femek-kristalyszerkezete>

<https://kemia-9f.blogspot.hu/2015/11/06/10-ora>

<https://hirmagazin.sulinet.hu/HU/pedagogia/az-atomium>

<http://korokcsodai.blogspot.com/2012/04/pancelok-femszerkezeti-osszetevoi.html>

<sup>17</sup>**Nachdem [im Jahre] 1911 ...** – *Miután 1911-ben ...*

<sup>18</sup>**1913 ging sie in Betrieb** – *1913-ban kezdte meg az üzemelést*

<sup>19</sup>**wurde angefahren** – *beindították megtámadták (angegriffen)*

<sup>20</sup>**Exemplar** – *példány példa*

<sup>21</sup>**Berechnungsingenieure** – számításokat végző (tervező)mérnökök ~~számítástechnikai mérnökök~~. Nem létezett még számítástechnika! Maximum logarléccel számoltak, papíron.

<sup>22</sup>**Kohlenstoffarm** – szénzegény (Batka András István, Mokánszi Nóra) / szénben szegény (esetleg: alacsony széntartalmú)

<sup>23</sup>**Schrittweise lagern sich drei H-atome ...** – Lépésenként 3 H-atom kapcsolódik...

<sup>24</sup>**lässt sich mit Wasser herauswaschen** – vízzel kimosható. Gyakran használt kifejezés. Nem *engedi magát kimosni*.

<sup>25</sup>**das Gasmisch ... reagiert zu Ammoniakgas** – a gázkeverék ... ammóniagázzá reagál

<sup>26</sup>**Kalkammonsalpeter** – mészammonsalétrom (MAS)  $NH_4NO_3 + CaCO_3$ . Legtöbben *kalcium-ammónium-nitrátot* írtak, ami részben igaz: „ammónium-nitrát és mészkőpor vagy dolomit keveréke. A kalcium-karbonát vagy dolomit hozzákeverése csökkenti a műtrágya savanyító hatását és a higroszkóposágát, és növeli a kémiai stabilitását (csökken az anyag robbanásveszélyessége). Savanyú talajok N-pótlására ajánlott műtrágya.” Bővebben ld.:

<https://www.kite.hu/tapanyag-gazdalkodas/nitrogen-mutragyak/mas-27-mesz-ammon-saletrom-can-27-kan-27/39/16>

<https://talajreform.hu/tudasbazis/nitrogen-mutragya-kivalasztasa-mas-nitrat-ammonium-karbamid/>

<sup>27</sup>**Prozessgas** – technológiai gáz / szintézisgáz

<sup>28</sup>**geriet in die Kritik** – került / az a kritika érte

<sup>29</sup>**Ermüdung des Bodens** – talaj kifáradása ~~fáradtsága~~

<sup>30</sup>**Fischsterben** – halpusztulás ~~halálozás~~

<sup>31</sup>**Überdüngung** – túltrágyázás ~~túltermékenyítés~~ (?)

<sup>32</sup>**in seiner Nobelpreisrede** – a Nobel-díj átvételekor megtartott beszédében ≠ ~~Nobel-díjas beszédében~~. Nem a beszédéért kapta a Nobel-díjat – emiatt körbe kell írni ezt a jelentéstömörítő szóösszetételt.

**A második forduló eredménye:**

| NÉV                            | Oszt. | ISKOLA                               | Ford.<br>(max. 80 ) | Magyar<br>nyelvtan<br>(max. 20) | ÖSSZ.<br>(max.100) |
|--------------------------------|-------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>Szabó<br/>Bernadett</b>     | 11.B  | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum | 63                  | 17                              | <b>80</b>          |
| <b>Sánta Regina<br/>Luca</b>   | 2/14  | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum | 63,5                | 14,5                            | <b>78</b>          |
| <b>Mokánszki<br/>Nóra</b>      |       | Debreceni SzC<br>Vegyipari Technikum | 45                  | 15                              | <b>60</b>          |
| <b>Batka András<br/>István</b> | 11.   | Pannonhalmi Bencés<br>Gimnázium      | 35                  | 7,5                             | <b>42,5</b>        |
| <b>Balogh Noémi</b>            | 12.   | Debreceni SZC<br>Vegyipari Technikum | 9,5                 | 10,5                            | <b>20</b>          |

További egy tanuló fordítása 10 pont alatti. A szöveg igen hosszú volt, emiatt a pontszámok alacsonynak tűnnek. Azonban mind az öt fordítás értelmes és végig követhető, amiből kiderül, hogy a tanulók meg is értették, amit leírtak. **Mindenkinek gratulálok, aki végigküzdötte magát ezen a hosszú szövegen!**

**A két fordulóban elért összesített eredményéért  
jutalomban részesül Sánta Regina Luca és Mokánszki Nóra.**

# Kémia angolul

*Szerkesztő: Tóth Edina*

## **Gondolatok a lantanoidák elválasztásáról:**

Az ideai egyértelműen „legkeményebbnek” bizonyuló szövege egy valódi szakirodalmi cikk rengeteg utalással és kitekintéssel. Komoly háttérkutatót igényelt a feldolgozása, hiszen sok területet érint (pl. műszeres analitika, földtudomány és magtudományok).

## **4. Elválasztási technikák alkalmazása a lantanoidák szétválasztására: Elemi kémia és módszerek**

Az anyagok ritkaföldfém-tartalmának meghatározására szolgáló elemzések sokféle célt szolgálhatnak. A sikeres elválasztáshoz szükséges a megfelelő csoportszétválasztás/dúsítás, a sorozat egyes tagjainak elkülönítése és a megfelelő kimutatás technikájának jól megválasztott együttese. A közelmúltban megjelent összefoglaló munkák, amelyek könnyen megtalálhatóak a kémiai szakirodalomban, receptkönyvszerű gyűjteményét adják a különböző minták analízisének. A következő fejezetekben rövid összefoglalást nyújtunk a különböző típusú minták elemzéseikhez leginkább használt módszerekről, illetve megfelelő irodalmi utalásokat az olvasónak, hogy az általunk nyújtott részleteken felül is informálódhasson. [...]

### **4.1 Geológiai minták**

A természetből származó minták elemzésének alapvetően három célja van: (1) ritkaföldfém-ásványi erőforrások feltárása, (2) izotópos elemzés, ami a Föld geológiai történetének tisztázására szolgál és (3) élő minták elemzése a lantanoidák bioszférában való természetes eloszlásának vizsgálatára. A geológiai minták ritkaföldfém-tartalmának elemzése nyilvánvalóan a ritkaföldfém-bányászatból következik, és ezt a kőolaj geológiai kutatásában is alkalmazták (Emery és Robinson 1993), de mégis a ritkaföldfém-elemzések egyik létfontosságú feladata a geológiai problémák tudományos vizsgálata.

A ritkaföldfémeket kémiai és magkémiai tulajdonságaik a geológiai folyamatok kiváló nyomjelzőivé teszik. A ritkaföldfém-összetétel



csekély mértékű megváltozása figyelhető meg az olyan közönséges, alacsony hőmérsékleteken lejátszódó folyamatoknál, mint például ásványok mállása. A háromszorosan pozitív töltésű ritkaföldfémkationok kémiai hasonlósága, ami bár megnehezíti az analitikai elválasztást, biztosítja, hogy a ritkaföldfémek a geokémiai ciklusban egymást kövessék, bár a Ce vagy Eu koncentrációjában általában nagy eltérések figyelhetők meg, mivel oxidáló körülmények között  $\text{Ce}^{4+}$ , illetve redukáló körülmények között  $\text{Eu}^{2+}$  képződik. Magasabb hőmérsékleten azonban a ritkaföldfém-vegyületek geotermikus körülmények között elkülöníthetők olvadáspont alapján vagy földön kívüli körülmények között illékonyaságuk alapján. Ezen módszerek mindegyike más-más ritkaföldfémek feldúsulását vagy koncentrációjának csökkenését eredményezi. A ritkaföldfém elemek eloszlási mintázatának tanulmányozásával megerősíthető, hogy milyen folyamat hozta létre az ásványi réteget, amiből következtetést lehet levonni a Naprendszer fejlődésre. Ennek a módszernek az alkalmazása megtalálható Haskin (1989) összefoglaló munkájában, melyet a ritkaföldfémek előfordulásáról írt holdfelszíni mintákban.

Habár a természetben előforduló ritkaföldfémeket alapvetően nem tekintjük radioaktívnak, közülük mégis hét elem (La, Ce, Nd, Sm, Gd, Dy és Lu) rendelkezik a természetben előforduló radioaktív izotópokkal. Ebből  $^{138}\text{La}$  ( $t_{1/2} = 1,06 \cdot 10^{11}$  év),  $^{147}\text{Sm}$  ( $t_{1/2} = 1,08 \cdot 10^{11}$  év) és  $^{176}\text{Lu}$  ( $t_{1/2} = 3,7 \cdot 10^{10}$  év) izotópok felezési ideje kellően alacsony ahhoz, hogy hasznos nyomjelző izotópok legyenek mind a geo-, mind a kozmokémiában. Ezeknek a radioaktív kiindulási anyagoknak stabil leányelemeit tömegspektrometriával elemzik, melyeknek mentesnek kell lennie az azonos tömegű izotópok okozta izobarikus interferenciától (a  $^{142}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Sm}$ ,  $^{148}\text{Sm}$  és  $^{150}\text{Sm}$  izotópok zavarják a  $^{142}\text{Nd}$ ,  $^{144}\text{Nd}$ ,  $^{148}\text{Nd}$  és  $^{145}\text{Nd}$  izotópok pontos meghatározását), mivel a  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  izotóp arány 0,03%-os eltérése 100 millió évnél felel meg a Sm/Nd izochron esetén (Emery és Robinson 1993). A  $^{147}\text{Sm}/^{143}\text{Nd}$  a legszélesebb körben alkalmazott izotóppár, amelynek nagy jelentősége van a Hold és meteoritok korának és fejlődésének meghatározásában (Patchett 1989). Mivel az Sm és az Nd egyaránt könnyű ritkaföldfém elem, csak egy jelentős oxidációs állapotuk van, szorosan követik egymást a geokémiai ciklusokban.

[...]

Az ásványok összetételének megállapítását szolgáló elemzések általában szabványos technikák alkalmazását jelentik mind a kőzet oldása, mind a kromatográfiás vizsgálat során. Például Moraes és Shihomatsu (1994) az Egyesült Államok földtani átfogó tanulmányozása keretében beszámolt a kőzetminta standardok ionpár kromatográfiás vizsgálatáról (dinamikus ioncsere), amelyhez eluensként (mozgó fáziskét) alfa-hidroxi-izobutánsavat (továbbiakban röviden: hiba) használtak. Munkájuk során a kőzet feloldását, a dúsítást és az kromatográfiás vizsgálatot a klasszikus eljárások szerint végezték. A mérést a mozgó fázis összetételének változtatásával [hiba]= 0,07-0,4 mol/dm<sup>3</sup> tartományban, pH=3,8 értéknél végezték, miközben a mozgó fázis sebességét 1ml/perc értéken tartották 20 percen keresztül, majd kolorimetriás módszert használtak az oszlopról lejövő termék meghatározásához. Minden lantanoidát sikeresen szétválasztottak, bár volt némi átfedés az Y és a Dy között. A kimutatási határok az eredeti mintában 1-3 ppb tartományban mozogtak. Ez a technika a Cassidy és munkatársai által 1980-as években kifejlesztett módszer aktuális, reprezentatív alkalmazása. (Cassidy és munkatársai 1985, Cassidy 1988, Barkley és munkatársai 1986, Cassidy és Chauvel 1989, Knight és munkatársai 1984), amely módszer az 1950-es években bevezetett elemi kémiára épül (Choppin és Silva 1956). Ugyanezt az alapvető módszert használta (kicsit eltérően változtatva a mozgó fázis összetételét) Al-Shawi és Dahl (1994), Kuroda és munkatársai (1990) és Moraes és munkatársai (1997) a monacit/foszfát kőzetek elemzéséhez, ez utóbbi esetben oldószeres extrakciót használtak a lantanoidák dúsítására. Kuroda és munkatársai (1990) oxálsavval csapadékot képezve izolálták a lantanoidákat kénsavas oldószerből. Oguma és munkatársai (1993) a szilikát kőzeteket vizsgálták glikolsav koncentráció gradiens segítségével pH=3-5 tartományban, habár a Sm, Eu, Gd, Tb, Dy kevésbé, a Ho pedig alig oldódott le, ezért le Roex és Watkins (1990) oxalát/diglikolát keverékkeluinst alkalmazott, de nem volt teljes a leoldódás, a Ho és az Y, valamint a Lu és az Yb nem oldódott ki egymás mellől. Az eluenshez dipikolinsavat adva, némileg hosszabb idő alatt, az átmenetifém szennyeződések teljes eltávolítása nélkül sikerült a folyamatot teljessé tenni.

[...]

A kőzetminták izotópösszetételének elemzése egyedülálló betekintést nyújt a Föld keletkezésébe és fejlődésébe. Ez a módszer talán legbonyolultabb a lantanoidák elemzése közül, mivel általában a csoport kémiai elválasztását igényli a teljes vizsgálati anyagból, majd az egyes tagok elkülönítését, amik kimutatása rendszerint tömegspektrometriával történik. A kémiai elválasztástechnika hasonló ahhoz, amit a kevésbé igényes mintáknál is használnak. Az anyag detektálásának módszere megköveteli az elválasztás utáni minta gondos előkészítését, hogy elkerüljük a lehetséges átfedéseket. Valójában a tömegspektrometria rendkívül érzékeny szennyeződések jelenlétére, ezért megköveteli, hogy gyakorlatilag minden szennyeződés eltávolításra kerüljön.

## 4.2 Anyagtudományi elemzés

A természetből származó mintákkal összehasonlítva a mesterségesen előállított forrásokból nyert lantanoidatartalmú minták jellemzően sokkal egyszerűbben elemezhetők. A minták gyakran könnyen oldódnak és mivel ezen anyagok közül sok ritkaföldfém alapú, egyes esetekben akár a dúsítási előkészítési lépések mellőzhetőek. Közelmúltban megjelent cikkek beszámolnak olyan analitikai elválasztási módszerekről, melyek segítségével meg lehet határozni a lantanoidak-koncentrációt a fémekben. (Kobayashi és munkatársai 1992), ötvözetekben (Al-Shawi és Dahl 1996), és mágnesekben (Saraswati 1993), nagy tisztaságú ritkaföldfém-oxidokban (Stijfhoorn és munkatársai 1993, Yin és munkatársai 1998, W Li és munkatársai 1997, 1998, Wu és munkatársai 1997, Peng és munkatársai 1997), és optikai anyagokban (Bruzzoniti és munkatársai 1996).

A könnyű lantanoidafémeket magnéziummal ötvözik, hogy növeljék a szerkezeti szilárdságukat és csökkentsék a korróziót (Al-Shawi and Dahl 1996). Az ötvözetek könnyen feloldódnak 20%-os salétromsavban. Az így kapott tiszta oldatot hígították és ionkromatográfiás vizsgálatnak vetették alá állandó összetételű alfa-hidroxi-izobutánsav oldatokat használva eluensként. Az elemzés kevesebb, mint 15 percet vett igénybe és az ötvözet összes komponense jól elvált egymástól, beleértve a lantanoidákat, cinket, rezet, mangánt, és magnéziumot is. Az ilyen ötvözeteket ritkaföldfém-tartalmuk szempontjából általában röntgenfluoreszcenciával vagy optikai technikákkal elemzik. [...]

A kromatográfiás vizsgálatok jelentős költségmegtakarítást kínálnak (műszerhasználat terén), továbbá az egyszerűsége is vonzóvá teszi ezt a lehetőséget. A Nd-Fe-B mágnesek a ma kapható legerősebb állandó mágnesek közé tartoznak. Mivel a mágnes erősségének a mértékét a nyomnyi mennyiségben jelenlevő Tb, Dy, Ho, Er, vagy Yb megváltoztatja, ezért fontos ezeknek a meghatározása vagy a mágnesekben, vagy a mágnesek alapanyagaiban. Saraswati (1993) egy ionkromatográfiás módszerről számolt be, mely során egy kromatogramon mind az átmenetifémek ionjai, mind ritkaföldfém-ionok elválaszthatóak. [...] Az átmenetifémek ionjai és a lantanoidaionok meglepően jól elkülönülnek az említett kromatogramon, főként annak a kis érzékenységnek a fényében, amit a lantanoida-tartarát stabilitási állandók jeleznek a kationok sugarának változásával. [...] A rendszer mégis igen jelentős, mert rendkívül jól elválnak egymástól az átmenetifémek és ritkaföldfémek ionjai.

### 4.3 Nukleáris felhasználás

A maghasadás leggyakoribb melléktermékei közé tartozik több lantanoida fémion, különösen a sorozat könnyű tagjai. Ezek közül egyes kiválasztott fémionoknak hasadás során keletkező mennyisége jól ismert. Az oldott sugárzó fűtőelemek lantanoida-tartalmának elemzése alkalmas lehet egy atomreaktor állapotának nyomon követésére. A kromatográfiás módszerek alkalmazása erősen radioaktív minták esetében számos egyedi kihívást jelent. A radiometriás érzékelési technikák alkalmazásával a kromatográfiás módszerek érzékenysége számottevően fokozható, legalábbis a rövid felezési idejű nuklidok esetében. A kromatográfiás elemzés alapvető analitikai eljárásait a sugárzó fűtőanyagok esetében az 1980-as években fejlesztették ki Kanadában a Chalk River laboratóriumban. [...]

Az elbomlott mennyiség nyomon követése mellett, a radioaktív ritkaföldfém izotópok felhasználhatók más hasadó termék koncentrációjának nyomonkövetésére is. A stroncium-90 ( $t_{1/2}=29$  év) az egyik legelterjedtebb hasadási termék és különösen fontos, ami a biológiai rendszerekben való felhalmozódását illeti, ugyanis képes nagy energiájú sugárzást kibocsátani, miközben képes beépülni egy nélkülözhetetlen elem, a Ca helyére. Bomlása során a  $^{90}\text{Sr}$  radioizotóp egyensúlyba kerül a szintén radioaktív leányelemével, a  $^{90}\text{Y}$ -mal ( $t_{1/2}=64$  óra), vagyis a  $^{90}\text{Sr}$

és a  $^{90}\text{Y}$  izotópoknak tulajdonítható radioaktivitás 30 nap után egyenlő lesz. A  $^{90}\text{Y}$  izotóp radioaktivitása zavarja a  $^{90}\text{Sr}$  izotóp koncentrációjának radioaktivitás alapján való mérését és így ezt az elemzés előtt el kell különíteni. Annak érdekében, hogy elkerüljük azt, hogy az új  $^{90}\text{Y}$  keletkezése megnehezítse az előkészített  $^{90}\text{Sr}$  mintában az izotóp közvetlen radiometriás meghatározását, a  $^{90}\text{Sr}$  koncentrációját a  $^{90}\text{Y}$  radioaktivitásából határozzák meg a  $^{90}\text{Sr}$ -től való elválasztása után. [...]

### Gondolatok a berilliumról:

A témaválasztás fő mozgatórugója az volt, hogy megmutathassuk az érdeklődőknek, hogy az egyes elemek fontossága jelentősen eltérhet a tankönyvekben tárgyalt kémia, illetve és a tiszta és alkalmazott tudományok szempontjai szerint.

### A berillium (Be)<sup>(1)</sup>

...korábban (1957-ig) glúcinium néven volt ismert a periódusos rendszer 2. (II.A) csoportjának, az alkálifémeknek a legkisebb moláris tömegű tagja, melyet a kohászatban keményítőszerként használnak, illetve számos alkalmazása ismert az úrkutatásban és a nukleáris technológiában is.

| Elemi tulajdonságok |                        | rendszám              | 4                               |
|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| olvadáspont         | 1,287 °C<br>(2,349 °F) | atomsúly              | 9,0121831                       |
| forráspont          | 2,471°C<br>(4,480°F)   | fajsúly               | 1,85 20 °C-on<br>(68 °F)        |
| oxidációs állapot   | +2                     | elektron konfiguráció | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> |

### Előfordulása, tulajdonságai és felhasználása

A berillium acélszürke színű fém, amely szobahőmérsékleten kifejezetten rideg, kémiai tulajdonságaiban valamennyire az

alumíniumra emlékeztet. Elemi állapotban nem fordul elő a természetben. A berillium előfordul a berill és a smaragd nevű ásványokban, melyeket az ókori egyiptomiak is ismertek. Bár régóta gyanították, hogy a két ásvány hasonló egymáshoz, ennek a tényleges kémiai bizonyítása csak a 18. század végén történt meg. Ezért a smaragdot jelenleg a berill egyik zöld változatának tekintjük. A berilliumot 1798-ban, Nicolas-Louis Vauquelin francia vegyész berillben és smaragdban fedezte fel az oxid formájában. A fémet 1828-ban, egymástól függetlenül Friedrich Wöhler német és Antoine A. B. Bussy francia vegyészek állítottak először elő, úgy, hogy kloridvegyületét káliummal redukálták. A berillium széles körben található meg a földkéregben, becslések szerint a Föld magmás kőzeteinek 0,0002%-át adja. A világegyetemben való előfordulását tekintve egy olyan skálán, ahol a 1 000 000 egység szilícium a viszonyítási alap, a berillium 20-as értékkel szerepel. Az Egyesült Államok rendelkezik a világ berilliumkészletének mintegy 60 százalékaival és messze ez az ország a legnagyobb berilliumtermelő; a további jelentős termelő országok közé tartozik még Kína, Mozambik és Brazília is.

Körülbelül 30 berilliumot tartalmazó ásványt ismerünk, köztük a berillt ( $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$ , egy berillium-alumínium-szilikát), a bertranditot ( $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$ , egy berillium-szilikát), a fenakitot ( $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ ) és a krizoberillt ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ). (A berill, a smaragd és az akvamarin összetétele közel áll a fent megadotthoz, de az ipari ércek kevesebb berilliumot tartalmaznak. A legtöbb berillt más anyagok bányászatának melléktermékeként nyerik ki, a nagyobb kristályokat kézzel válogatják.) A berill és a bertrandit elegendő mennyiségben található meg ahhoz, hogy kereskedelmi ércként is alkalmazzák: berillium-hidroxid vagy berillium-oxid ipari előállítására használjuk. A berillium kinyerését megnehezíti, hogy a legtöbb érckben kis mennyiségben található meg (csak 5 tömegszázalék berillium található még a tiszta berillben is, illetve 1 tömegszázaléknál kevesebb a bertranditban), továbbá a Be-O kötés erőssége. Savakkal való kezeléssel, a fluorid komplexek pörkölésével és a folyadék-folyadék extrakcióval növelik meg a mennyiségét, majd a berilliumot hidroxid formájában kapják meg. A hidroxidot ammónium-berillium-fluoriddal alakítják tovább fluoriddá, ezt követően magnéziummal hevítik az elemi berillium előállításához. Alternatív megoldásként a hidroxid hevítésével oxidot állítanak elő,

amelyből szén és klór hatására berillium-kloridot kapunk; aztán a klorid olvadékának elektrolízisével állítják elő a fémeket. Az elem tisztítását vákuumban való olvasztással végzik.

A berillium az egyetlen stabil könnyűfém, amelynek viszonylag magas olvadáspontja van. Bár a lúgok és a nem oxidáló savak könnyen megtámadják, a berillium gyorsan jól tapadó, felületi oxidréteget képez, amely normál körülmények között megvédi a fémeket a levegő oxidációjától. A fenti kémiai tulajdonságok, illetve a kiváló elektromos vezetőképessége, nagy hőkapacitása és jó hővezető képessége, magas hőmérsékleten mutatott jó mechanikai tulajdonságai, valamint nagyon magas rugalmassági modulusával (egyharmadával nagyobb, mint az acélé) miatt a berillium értékes fém a szerkezeti és hőtechnikai felhasználási területeken. A berillium méretstabilitása és polírozhatósága teszi alkalmassá tükrök és kameraredőnyök készítésére az űrben, katonai és orvosi célú felhasználás során, valamint a félvezetőgyártásban. Kis atomtömege miatt a berillium 17-szer jobban áteresztja a röntgensugarakat, mint az alumínium, így elterjedten használták röntgensövek ablakainak készítésére. A berilliumot giroszkópokba, gyorsulásmérőkbe és tehetetlenségi navigációs műszerek számítógép alkatrészeibe építik be, valamint rakétákhoz, repülőgépekhez és űrjárművekhez használt eszközökhöz, nagy teherbírású féktárcsákhoz és más hasonló célokra használják, ahol fontos a gyors hőleadás. A gyors neutronok lassítására való képessége miatt jelentős szerepet játszott az atomreaktorok működésében.

Bár kis százalékban, mégis nagy mennyiségű berilliumot használnak a keményötvözetekhez, főleg azokhoz, melyeknek réz a fő komponense, de nikkel- és vasalapú ötvözetek esetében is használják, olyan termékekhez, mint a rugók. A berillium-réz ötvözetből, melynek 2 százaléka berillium, olyan eszközöket készítenek amelyek hasznosak amikor a szikraképződés nagy veszélyt jelenthet, például olyan gyárakban, ahol por alakú terméket állítanak elő. Maga a berillium nem csökkenti a szikraképződést, de erősíti a rezet, amely ütés hatására nem képez szikrát. (Az ötvözet erőssége 6-szorosa a tiszta réznek.) Az oxidálódó fémekhez adott kis mennyiségű berillium védőréteget képez a felületükön, csökkentve például a magnézium gyúlékonyságát és az ezüstötvözetek elhomályosodását.

A neutronokat Sir James Chadwick brit fizikus fedezte fel 1932-ben úgy, hogy rádium bomlásából származó alfa részecskékkel bombázott berilliumot, miközben az részecskéket bocsájtott ki. Azóta használják neutronforrásként a berillium és egy alfa sugárzó elem keverékét, ami lehet rádium, plutónium vagy amerícium. A rádiumatomok radioaktív bomlása során képződő alfa-részecskék reagálnak a berillium atomjaival és a leányelemek mellett, széles energiatartományban képződnek neutronok, melyek energiája legfeljebb mintegy  $5 \cdot 10^6$  elektronvoltig (eV) terjed. Ha azonban a rádium egy kapszulába van zárva, egy alfa részecske sem éri el a berilliumot, akkor 600000 eV-nál kisebb energiájú neutronok képződnek a sokkal nagyobb áthatoló képességű gamma-sugárzás hatására a rádium bomlástermékeiből. Történelmi jelentősége példa a berillium/rádium neutronforrásának használatára Otto Hahn és Fritz Strassmann német vegyészek és az osztrák születésű Lise Meitner kísérlete, melyben a sugárforrással uránatomokat bombáztak, ami az atommaghasadás felfedezésére vezetett 1939-ben, valamint az első szabályozott urán maghasadási láncreakció beindítása 1942-ben, mely egy olasz születésű fizikus, Enrico Fermi nevéhez fűződik.

Az egyetlen természetben előforduló izotóp a stabil berillium-9, habár 11 másik mesterségesen előállított izotóp is ismert. Ezeknek a felezési idejük 1,5 millió évtől (a berillium-10 esetében, amely béta-bomláson megy keresztül) a  $6,7 \cdot 10^{-17}$  másodpercig terjed, ez a berillium-8 izotópra jellemző, amely két proton kibocsátásával bomlik el. A berillium-7 (53,2 napos felezési idővel) bomlása a Napban megfigyelt napneutrínók forrása.

### **Geológiai események kormeghatározása berilliummal <sup>(2)</sup>**

Egy olyan technika segítségével, melyet kozmogén nuklid kormeghatározásként ismernek, a tudósok képesek meghatározni, hogy milyen sokáig voltak a kőzetek kitéve a levegőnek. Ezt a kőzetek berillium-10 szintjének meghatározásával érik el, mely a berillium egy radioaktív izotópja. A kozmogén nuklid meghatározást gyakran használják fontos geológiai események idejének meghatározására, például a gleccserek előretörése és visszahúzódása, sziklacsuszamlások, meteor becsapódások és lávafolyamok kialakulása.



Például egy sziklalavina után egyes szikláknak, melyek a kőhalom tetején értek földet, vannak olyan oldalai vagy részei, amelyek először kerültek az égbolttal szembe. A kozmikus sugarakból (nagy energiájú sugárzás a világűrből) érkező részecskék ütköznek e sziklák felületével, miközben berillium-10 képződik. Minél hosszabb ideig vannak kitéve ezek a felületek a sugárzásnak, annál nagyobb mennyiségű berillium-10 keletkezik a Utah Egyetem kutatói szerint.

Egy friss tanulmányban, a Utah Egyetem kutatói elsőként végeztek el egy pontos elemzést, hogy meghatározzák egy földcsuszamlás idejét, amely több ezer évvel ezelőtt történt a mai Zion Nemzeti Park területén, Utah államban. A tudósok már egy ideje tudták, hogy a park sík területe korábban egy tó volt, amit eredetileg a Virgin folyó elzárásával egy hatalmas sziklalavina hozott létre, de még mindig nem volt egyértelmű, hogy pontosan mikor történt ez a földcsuszamlás. Hogy a kutatók megfejtsék ezt a rejtélyt, a környékről begyűjtöttek 12 kőzetdarabot és megmérték azok berillium-10 szintjét.

Az eredményeikből a Utah-i egyetem kutatói arra következtettek, hogy a sziklaomlás körülbelül 4800 évvel ezelőtt történt, 400 évnyi bizonytalansággal, egyedi eseményként. Eredményeiket az Amerikai Földtani Társulat folyóiratában, a GSA Today-ben publikálták 2016-ban.

### **A berilliózis <sup>(3)</sup>**

...az iparban előforduló szisztémás, azaz teljes szervezetet érintő betegség, amely nem más, mint berilliummérgezés, ami általában a tüdőt, esetenként csak a bőrt érinti. Két formáját ismerjük: az akut berilliózist, amely leggyakrabban a berillium fémét ércből kitermelő vagy berilliumötvözetet gyártó munkásoknál fordul elő. A másik formája egy lassan kialakuló, krónikus betegség, amely a kutatásban és iparban dolgozó embereket érinti, azokat, akik berillium tartalmú gőzöknek és poroknak vannak kitéve.

Az akut betegség a bőrt és a tüdőt egyaránt érinti, égető kiütést, szemirritációt, orrfolyást, köhögést és mellkasi szorító érzést okoz. A bőrbetegséget a berilliumsókkal való közvetlen érintkezés, a tüdőbetegséget fémpor vagy berillium vegyületek belélegzése okozza. Az akut berilliózisban szenvedők többsége néhány hónapon belül felépül, viszont néhány betegnél 72 órán belül nagy arányban végzetes tüdőgyulladás alakul ki, egy rövid idő alatt bekövetkező erős berillium-

kitettséget követően. A krónikus betegség akár több mint 15 évvel a berilliózishoz való kitétel után jelentkezhet, bár minél később alakul ki, annál enyhébb hatása lesz. Általában, főleg edzés után légszomjat, kimerültséget, száraz köhögést és tartós, de mérsékelt mozgáskorlátozottságot okoz.

### **Gondolatok a formaldehidről:**

Sok anyagról tanuljuk meg, hogy káros hatással van a szervezetünkre, ezért a tanév utolsó feladatában a formaldehid mérgező hatásának részleteivel ismerkedhettek meg a versenyzők.

## **A formaldehid és a rák kockázata**

### **Mi a formaldehid?**

A formaldehid egy színtelen, gyúlékony, erős illatú vegyszer, amelyet anyagok előállítására és számos háztartási termék előállítására használnak. Préselt fatermékek, mint például forgácslap, furnérlemez és farostlemez; ragasztók és kötőanyagok; tartós nyomószövetek; papírtermék-bevonatok és bizonyos szigetelőanyagok előállítására is alkalmazzák. Ezen felül a formaldehidet elterjedten használjuk ipari gombaölőszerként, csíraölőszerként, fertőtlenítőszerként és tartósítószerként ravatalozókban és orvosi kutatólaborokban. A formaldehid a környezetben természetes okokból is előfordul. Kis mennyiségben a legtöbb élő szervezet normál anyagcsere-folyamataiban keletkezik.

### **Hogyan kerülhet a népesség kapcsolatba a formaldehiddel?**

Az Amerikai Fogyasztói Termékbiztonsági Bizottság 1997-es jelentése szerint a formaldehid szint normális esetben mind a beltéri, mind a kültéri levegőben alacsony: általában kevesebb, mint 0,03 ppm, vagyis millió levegő-egységenként 0,03 egység formaldehid található. A formaldehidet tartalmazó anyagok képesek formaldehidgázt vagy -gőzt a levegőbe kibocsátani. A levegőben található formaldehidnek való kitettség egyik forrása az autók kipufogócsöve által kibocsátott gáz.

Az 1970-es években a karbamid-formaldehid szigetelőhabot (angol nevéből rövidítve: UFFI) számos háztartásban használták. Azonban ma már kevés ház szigetelése történik ezzel az anyaggal. Az olyan

otthonokban, amelyekben sok évvel ezelőtt került felhasználásra az UFFI, napjainkra már nem valószínű a magas formaldehidszint. Azok a préselt fatermékek, amelyek formaldehid-gyantát tartalmaznak, gyakran jelentős formaldehid-forrást jelentenek az otthonokban. Más lehetséges beltéri formaldehid-források a cigarettafüst, illetve a külső elvezetéssel nem rendelkező fűtőberendezések, például gáztűzhelyek, fatűzelésű kályhák és kerozinnal működő készülékek használata.

Azok a vegyipari dolgozók, akik formaldehidet vagy azt tartalmazó terméket állítanak elő, mint a laboratóriumi technikusok, bizonyos egészségügyi szakemberek és a ravatalozók alkalmazottjai, magasabb mennyiségű formaldehidnek lehetnek kitéve, mint a nagy általános népesség. Az expozíció elsősorban elsősorban a levegőből származó formaldehidet tartalmazó gáz vagy gőz belélegzésével, vagy formaldehidet tartalmazó folyadékok bőrön keresztül felszívódásával történik meg.

### **Melyek a formaldehiddel való érintkezés rövid távú egészségügyi hatásai?**

Ha a formaldehid 0,1 ppm-et meghaladó mennyiségben van jelen a levegőben, egyes emberek kellemetlen tüneteket tapasztalhatnak, például könnyezik a szemük, égő és viszkető érzés jelentkezik a szemben, az orrban és a torokban, illetve köhögnek, zihálnak, hányingerük van és bőrirritáció alakul ki. Vannak, akik nagyon érzékenyek a formaldehidre, míg másoknak ugyanolyan koncentráció esetén sem alakulnak ki tüneteik.

### **Okozhat-e a formaldehid rákot?**

Habár a formaldehidnek való kitettség rövidtávú hatásai nagyon jól ismertek, a lehetséges hosszútávú hatásairól keveset tudunk. Az 1980-ban elvégzett laboratóriumi vizsgálatok kimutatták, hogy a formaldehid orrüregi rákot okozhat patkányokban, s ez az eredmény felvetette a kérdést, vajon a formaldehid kitettség okozhat-e rákot emberben is? 1987-ben az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) a formaldehidet potenciális rákkeltő anyagnak minősítette, amennyiben szokatlanul nagy vagy hosszan tartó az expozíció (1). Azóta embereken végzett vizsgálatok azt valószínűsítik, hogy a formaldehidnek való kitettség összefüggésben állhat bizonyos ráktípusokkal. Ennek okán a Nemzetközi Rákkutató Ügynökség (IARC) a formaldehidet az emberi

rákkeltő anyagok közé sorolja. 2011-ben a Nemzeti Toxikológiai Program, az Egészségügyi és Humán Szolgáltatások Minisztériumának közös programja a formaldehidet ismert emberi rákkeltőnek nevezte a karcinogén anyagokról szóló 12. jelentésében.

### **Mit tudtak meg a tudósok a formaldehid és rák közti kapcsolatáról?**

Az 1980-as évek óta a Nemzeti Rákkutató Intézet (NCI), ami a Nemzeti Egészségügyi Intézetnek (NIH) része, kutatásokat végzett annak megállapítására, hogy van-e összefüggés a munkahelyi formaldehid-expozíció és a rák kockázatának növekedése között. A kutatás eredményei az EPA-t és a Munkahelyi Biztonsági és Egészségügyi Hivatalt (OSHA) olyan ismeretekkel látta el, amelyek segítségével értékelni tudták a formaldehidnek kitett munkahelyek lehetséges egészségügyi hatásait.

A formaldehid-kitettség hosszú távú hatásait epidemiológiai vizsgálatokban értékelték (ezek olyan tanulmányok, amelyek megpróbálják feltárni a betegségek mintázatait és okait emberek csoportjaiban). Az epidemiológiai vizsgálatok egyik típusát kohorsz-vizsgálatnak nevezik. A kohorsz olyan emberek csoportja, akiknek változó lehet egy adott tényezőnek, például formaldehidnek való kitettsége, és megfigyelik, hogy idővel kialakul-e náluk betegség. Egy másik fajta epidemiológiai vizsgálatot eset-kontroll vizsgálatnak neveznek. Az eset-kontroll vizsgálatok azokkal az emberekkel kezdődnek, akiknél diagnosztizáltak betegséget (esetek), ezeket pedig összehasonlítják a betegségben nem szenvedőkkel (kontrollokkal), és megpróbálják azonosítani az olyan tényezők különbségeit, mint például a formaldehid kitettséget, amelyek magyarázatot adhatnak arra, hogy az adott eseteknél miért alakultak ki a betegségek, de a kontrolloknál miért nem.

Számos, a munkájuk során potenciálisan formaldehidnek kitett szakember, mint például anatómusok és balzsamozók körében végzett NCI-felmérés arra utalt, hogy ezeknél az egyéneknél nagyobb a leukémia és az agydaganat kockázata az átlagos lakossághoz képest, azonban konkrét munkakörülményeket és a konkrét kitettséget nem adtak meg ezekben a tanulmányokban. A temetkezési ágazatban dolgozók körében végzett NCI eset-kontroll vizsgálat, amely a formaldehidnek való kitettséget is figyelembe vette, szintén összefüggést talált a növekvő

formaldehid kitettség és a mieloid leukémia okozta halálozás között. Ehhez a tanulmányhoz szükséges kutatásban azokat az embereket hasonlították össze, akik temetkezési ágazatban dolgoztak és 1960 és 1986 között hunytak el, vérképző rendszeri és nyirokrendszeri daganatos megbetegedésben, illetve agydaganatban, azokkal az emberekkel, akik más okból haltak meg. (A vérképző rendszeri vagy hematológiai daganatos betegségek, például a leukémia, a vérben vagy a csontvelőben alakul ki. Nyirokrendszeri rák azokban a szövetekben és szervekben jön létre, amelyek termelik, tárolják és hordozzák fehérvérsejteket, melyek fertőzések és egyéb betegségek ellen küzdenek.) Ez az elemzés azt mutatta, hogy a legnagyobb kockázatnak kitett emberek a mieloid leukémiával kapcsolatban azok az emberek voltak, akik a legtöbbször a balzsamozást végezték és azok, akik a legmagasabb formaldehid mennyiségnek voltak kitéve. Nem volt összefüggés más hematopoiotikus és nyirokrendszeri rákos megbetegedésekkel vagy agydaganattal.

Egy, az Országos Munkahelyi Biztonsági és Egészségügyi Intézet (NIOSH) által 11039 textilipari dolgozó bevonásával végrehajtott csoporttanulmány során összefüggést találtak a formaldehid kitettség időtartama és a leukémiás halálozás között. Kétségesse teszi az eredményeket az, hogy egy 14014 brit ipari munkással elvégzett csoporttanulmány során pedig nem találtak összefüggést a formaldehid kitettség és a leukémiás halálozás között.

Felszívódás után a formaldehid gyors kémiai átalakulásokon megy keresztül. Emiatt néhány tudós azt gondolja, hogy a formaldehid esetében nem túl valószínű, hogy a légutakon kívül bárhol máshol lesz hatása. Mégis néhány laboratóriumi vizsgálat azt feltételezi, hogy a formaldehid hatással lehet a nyirok- és vérképző rendszerre. Mind a csoport-, mind az esettanulmányok epidemiológiai adatai, mind a laboratóriumi kutatások kísérleti adatai alapján az NCI kutatói arra a következtetésre jutottak, hogy a formaldehid kitettség leukémiát, különösen csontvelő leukémiát okozhat az emberekben. [...]

**Ósz Katalin, Várnagy Katalin**

## **Az 55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny döntője – 2023. április 14-16., Debrecen**

2023-ban szervezőként immár ötödik éve, jelenléti helyszínként pedig harmadik alkalommal (2019, 2022 és 2023) a Debreceni Egyetemen gyűltünk össze az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny döntőjén. Habár a város a „régí” volt, mégis részben egy új helyszínt ismerhettünk meg, ugyanis a „főhadiszállás” – a kollégium, a nyitórendezvény, valamint a szóbeli forduló és a záróesemény is a Kassai úti campuson volt. Azért a már korábban megismert helyszínt, az Egyetem téri Kémia Épületet és Élettudományi Épületet sem kellett nélkülöznünk, mert a laborok és az írásbeli fordulók idén is ezen a már megszokott helyszínen kerültek megrendezésre.

A megnyitót április 14-én este tartottuk a Kassai úti Lovardában. Először *Várnagy Katalin*, az Irinyi szervezőbizottság elnöke, a DE Kémiai Intézetének igazgatója köszöntötte a verseny diák résztvevőit, a felkészítő tanárokat és a verseny szervezésében nagy szerepet játszó versenybizottság és a Magyar Kémikusok Egyesülete, valamint a helyi szervezőbizottság tagjait. Elmondta, hogy az Irinyi verseny révén megmozgatott diákok nagy száma és a döntőbe jutott 220 diák talán biztosítékot jelent arra, hogy bár a kémia a nehezebb természettudományos tárgyak közé tartozik, továbbra is vannak és lesznek olyanok, akik lelkesen foglalkoznak a kémiával a kötelező órákon túl is – közülük kerülhetnek ki a jövő vegyészei, vegyészmérnökei, kémiatanárai, akikre a jövőben is nagy szükség lesz. Külön köszöntötte a felkészítő tanárokat is: ahhoz, hogy a diákok ilyen eredményeket érjenek el, a kémiatanárok nagyon sok – tanórán kívüli – felkészítő munkájára van szükség, amely során megmutatják tanítványaiknak a kémia, a vegyészet szépségeit és felkeltik az érdeklődést ez iránt a tudományág iránt. A legnagyobb elismerését fejezte ki ezért a felkészítő munkáért, amit a kémiatanárok akkor is csinálnak, ha helyzetük nem könnyű, hiszen ismert, hogy sokkal nagyobb társadalmi elismerés (akár erkölcsi, akár anyagi értelemben)

járna nekik. Kifejezte azt a reményét, hogy a tanárok helyzetének jobbítására tett ígéretnek nemcsak ígéretnek maradnak.

Ezt követően *Kéki Sándor*, a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának vegyész tanszékvezetője, tudományos és pályázati dékánhelyettese tartotta meg nyitóbeszédét. Elmondta, hogy az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny fontos szerepet tölt be a tehetséggondozásban, a tudományos utánpótlás-nevelésében és az ipar minőségi szakember-utánpótlásának biztosításában. A diákok a versenyen magas szintű elméleti és gyakorlati tudásukról adnak számot, ami jó alapot biztosít az Országos Tanulmányi Versenyen (OKTV) való további sikeres szerepléshez, illetve a későbbi, kémiával kapcsolatos tanulmányaikhoz is.

Az idei versenyen *Simonné Sarkadi Livia* nem tudott személyesen részt venni, így az MKE-t a nyitóünnepségen *Mika László Tamás* főtitkár képviselte, aki beszédében a Magyar Kémikusok Egyesülete nevében köszöntötte a diákokat. Méltatta azt a munkát, amit a Magyar Kémikusok Egyesülete munkatársai a versenybizottsággal karöltve több évtizede végeznek, és megszervezik a legnagyobb létszámmal, személyes részvétellel zajló országos kémiaversenyt. A kémia iránti érdeklődés felkeltésében és fenntartásában óriási szerepe van a tanároknak. Ez jelentheti az utánpótlást a műszaki és a tudományegyetemek kémia, vegyészmérnök szakjain.

Végül *Ősz Katalin*, a Versenybizottság elnöke köszöntötte a jelen lévőket és nyitotta meg a versenyt sok sikert és még több közös élményt kívánva diákoknak, tanároknak egyaránt.

Az idei kulturális program keretében *Vágvölgyi Fanni* és *Juhász Máté* kápráztatta el a közönséget latintánc-bemutatójukkal.

Az estét a diákok és a tanárok is ünnepélyes vacsorával zárták. Az országos verseny döntőjére készült el a magyar Kémikusok Lapja egészen kivételes különszáma (<https://www.mkl.mke.org.hu/2023-teremtsuenk-termeszettudomanyos-tehetsegeket.html>), amely az elmúlt két évben meghirdetett, TEremtsünk Természettudományos Tehetségeket (TETT) mesepályázat pedagógiai tapasztalatait fogja össze. A pályázat ötletgazdája és megvalósításának fő letéteményese, *Szántay Csaba* (Richter) a különszám mellé a tanárok számára személyes üzenetet is küldött, míg a különszám szerkesztője, *Lente Gábor* étvágygerjesztőként mondott néhány szót a lap tartalmáról.

Másnap, április 15-én az Egyetem téri campuson folytatódott a verseny az írásbeli és gyakorlati fordulókkal. Az előző évben már kipróbált és „bevált” menetrend szerint idén a 9. és 10. osztályos tanulók ismét nem egyszerre írták meg az írásbeli fordulót, majd végezték el a laborkísérleteket, hanem a 9. osztályosok az írásbelivel, a 10. osztályosok pedig a laborral kezdtek, majd a két csapat cserélt.

A kísérőtanárok munkájának eredményeképpen estére részleges eredményhirdetésre kerülhetett sor. Hálásak vagyunk minden kollégának, akik részt vettek a javításban.

Az esti részleges eredményhirdetésre a versenybizottság összeállította azoknak a diákoknak a névsorát, akik a másnapi szóbeli fordulón részt vehettek, valamint estére a részletes írásbeli és laborpontszámok is felkerültek a Debreceni Egyetem Kémiai Intézetének Irinyi-oldalára. A hagyományok szerint azonban ezt az eredményhirdetést mindig megelőzi egy izgalmas előadás – ezt idén *Juhász László*, a Debreceni Egyetem Szerves Kémiai Tanszékének egyetemi docense tartotta *Ami az asztalra kerül* címmel. A 40 perces bemutatóban az élelmiszertudományok világába kalauzolta el a Debreceni Egyetem egyik legnagyobb előadótermét is teljesen megtöltő hallgatóságot: volt szó a tartósítás fizikai és kémia módszereiről, a mikotoxinok által jelentett, de kevésbé közismert kockázatokról, illetve arról is, hogy az E-számokkal jelölt élelmiszeradalékok közül vannak olyanok, amelyek csak esztétikai célokat szolgálnak, de jelentős hányaduk eleve természetes anyag.

A másnap (április 16.) délelőtti szóbeli forduló a Kassai úti helyszínen, az Állam- és Jogtudományi Kar nagy előadótermében zajlott. A diákok előadásait pontozó zsűri tagjai *Bárány Zsolt Béla* kémiatanár, *Mika László Tamás*, egyetemi tanár, *Musza Katalin* kémiatanár, egyetemi docens, *Ósz Katalin* egyetemi docens, valamint *Várnagy Katalin* egyetemi tanár voltak. A szóbeli fordulón ismét rendkívül tartalmas, érdekes és remekül összeállított, 5-5 perces előadásokat hallgathattunk meg különböző stílusokban.

A szóbeli forduló – és így az egész rendezvény – ünnepélyes eredményhirdetéssel és zárófogadással fejeződött be. Az előbbin részt vett *Kozma Gábor*, a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának oktatási dékánhelyettese is. Ő is köszöntötte a Debrecenbe érkező diákokat és tanáraikat, gratulált az eredményekhez, illetve a Kémiai Intézet munkatársainak a szervezéshez, mely egy



ekkor a volumenű verseny szervezésénél igen komoly – ugyanakkor örömteli feladat.

A 2022-ben alapított és 2023-ban második alkalommal odaítélt, legjobb szóbeli forduló előadásért járó *Pálinkó István-díjat* a zsűri döntése alapján idén **Péter Ádám Nimród** (Szent István Gimnázium, Budapest, felkészítő tanára: *Borbás Réka*) vehette át.

A verseny két *Irinyi-díjasa* (a részt vevő kilencedikes, illetve tizedik osztályos tanulók legjobb eredményt elérő egy-egy versenyzője) **Muraközi Péter** (Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium, Győr, felkészítő tanára: *Molnár Zsolt*), valamint a már 2022-ben, 9. osztályosként is *Irinyi-díjat* nyert **Erdélyi Kata** (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, felkészítő tanára: *Albert Attila*) voltak.

Az egyes kategóriák helyezettjei és a különdíjasok az alábbiak lettek:

### I.a. kategória

1. **Muraközi Péter**, Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Molnár Zsolt*)
2. **Biró Artúr**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
3. **Simon János Dániel**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
4. **Zólogy Csanád**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Keglevich Kristóf*)
5. **Koscsó Virág Mária**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
6. **Bauer Balázs**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Árki Csilla*)
7. **Soczó Panni**, Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Versits Livia*)

8. **Keczkó Tímea Anna**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Árki Csilla*)
9. **Nagy Luca**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Árki Csilla*)
10. **Csicsirkó Máté**, Pannonhalmi Bencés Gimnázium és Szakkollégium (felkészítő tanár: *Drozdík Attila*)
10. **Hasulyó Dorián**, Nyíregyházi Kölcsey Ferenc Gimnázium (felkészítő tanár: *Bedő Éva*)
11. **Takách Máté**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)

#### **I.b. kategória**

1. **Péter Ádám Nimród**, Szent István Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Borbás Réka*)
2. **Husznai Marcell Rafael**, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs (felkészítő tanár: *Petz Andrea*)
3. **Solymosi Bence**, Dabasi Táncsics Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Baranyi Ilona*)
4. **Monok Péter**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Villányi Attila*)
5. **Szabó András Sámuel**, Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Kertész Róbert*)
6. **Zámbó Luca**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Villányi Attila*)
7. **Mohácsi Panna**, Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Homoki Árpád*)
8. **Gyúri Emma**, Szent István Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Borbás Réka*)

**I.c. kategória**

1. **Bodó Ákos**, Debreceni Szakképzési Centrum Vegyipari Technikum (felkészítő tanár: *Feketéné Kiss Judit*)
2. **Füzy András Dávid**, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)
3. **Géczi Tamás**, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)

Az I. kategóriában a *legeredményesebb elméleti feladatmegoldó* (pontosabban: akik hibátlanul oldották meg az elméleti feladatokat) a következők voltak: **Biró Artúr**, **Monok Péter**, **Muraközi Péter**, **Nagy Luca**. A *legeredményesebb* (hibátlan) *számítási feladatmegoldó* **Muraközi Péter** volt. A *gyakorlati (laboratóriumi) fordulóban* négy versenyző is *hibátlan eredményt, maximális pontszámot* ért el.

**II.a. kategória**

1. **Erdélyi Kata**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
2. **Csitári Dávid**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
3. **Gáspár Réka**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanárok: *Mocsári Nóra, Berek László*)
4. **Darázs Anna**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Csatóné Zsámbéky Ildikó*)
5. **Tusnád Samuel**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
5. **Ujjpál Bálint**, Miskolci Herman Ottó Gimnázium (felkészítő tanár: *Molnár Krisztina*)
6. **Tran Huyen Ly Teri**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)

## II.b/1. kategória

1. **Liu Jiazong**, Szent István Gimnázium, Budapest (felkészítő tanárok: *Miklós Zoltán, Borbás Réka, Formanné Kiss Andrea*)
2. **Nagy-Szentesi Máté**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
3. **Bíró Bence Fülöp**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
4. **Arató Attila Gergő**, Pécsi Janus Pannonius Gimnázium (felkészítő tanár: *Hegyiné Király Krisztina*)
5. **Csomain Zsófia Rozi**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
6. **Németh Samu**, Péterfy Sándor Evangélikus Gimnázium, Általános Iskola, Óvoda, Alapfokú Művészeti Iskola és Kollégium (felkészítő tanár: *Győryné Timár Henriette*)
7. **Marofka Ferenc**, Ceglédi Kossuth Lajos Gimnázium (felkészítő tanárok: *Dudás Erna, Kemenczei Gábor*)
8. **Németh Marcell**, Pécsi Janus Pannonius Gimnázium (felkészítő tanár: *Hegyiné Király Krisztina*)

## II.b/2. kategória

1. **Viczko Csaba**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)
2. **Barta Péter**, Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Lakatosné Tóth Ildikó*)
3. **Böszörményi Bánk**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)
4. **Kaleta Viktória**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)

5. **Orliczki Bettina**, Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen (felkészítő tanár: *Várallyainé Balázs Judit*)
6. **Nagy Dávid**, Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc (felkészítő tanár: *Fóris Tímea*)

## II.c. kategória

1. **Boskó Bendegúz**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Mocsári Nóra*)
2. **Horváth Vitéz Adorján**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Mocsári Nóra*)
3. **Halasi Bálint**, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)

A II. kategóriában a *legeredményesebb elméleti feladatmegoldó Erdélyi Kata* és *Liu Jiazong*, a *legeredményesebb (azaz hibátlan) számítási feladatmegoldó Erdélyi Kata* volt. A *gyakorlati (laboratóriumi) fordulón* *hibátlan eredményt, maximális pontszámot ért el 19 versenyző.*

*Kiemelkedő tehetséggondozó munkájukért az alábbi felkészítő tanárok kaptak elismerést:*

**Baranyi Ilona** (Dabasi Táncsics Mihály Gimnázium)

**Varga Bence** (ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest)

Kiemelkedő tehetséggondozó munkájukért az alábbi iskolák kaptak különdíjat:

**Szent István Gimnázium, Budapest**

Reanal  
vegyszercsomag

**ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-  
gimnázium és Kollégium, Budapest**

EUROAPI  
gyárlátogatás

A 2023-as év Debrecen számára már az ötödik alkalom volt, hogy a döntő szervezését vállalták, azonban – mivel két évben a COVID-19 járvány miatt a személyes döntő elmaradt – további két évig, 2025-ig még Debrecen ad helyet az Irinyi-döntőknek. Találkozzunk tehát jövőre ugyanitt!

A versenyről további információkat talál az alábbi oldalakon:

- <https://www.irinyiverseny.mke.org.hu/>: az MKE Irinyi-oldala (innen letölthető a verseny története, a versenykiírás, az egyes fordulók feladatsorai és megoldókulcsaik, valamint fényképek)
- <https://kemia.unideb.hu/hu/irinyi-janos-oroszagos-kozepiskolai-kemiaverseny-2023>: a Debreceni Egyetem Irinyi-oldala (ahol elérhető a gyakorlati forduló feladatsora és megoldókulcsa, a verseny elméleti és gyakorlati fordulójának az összesített eredménye, fényképek, valamint információk a versenyhelyszínekről)

A program részben a Kulturális és Innovációs Minisztérium megbízásából a Nemzeti Tehetség Program és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett NTP-TMV-M-22-B-0039 azonosító számú pályázati támogatásból valósul meg.

Kiemelt támogatók még a Richter Gedeon Nyrt., EGIS Gyógyszergyár Zrt. és az EUROAPI Hungary Kft. További támogatók: AKTIV INSRUMENT Kft., C.H.Erbslöh Hungaria, LaborExport, MERCK, MESSER, REANAL LABOR Vegyszerkereskedelmi Kft., UNICAM Magyarország Kft.

**55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny**  
**Országos döntő feladatai (írásbeli rész)**  
**I. kategória**

**Munkaidő: 150 perc**

**Összesen: 180 pont**

**Elmélet**

**E1. feladat**

**10 pont**

Az alább található 10 db névvel azonosított sav-bázis reakcióhoz ki kell válogatnod a neki megfelelő reakcióegyenletet a felkínált tizenötből. A megfelelő reakcióegyenlet betűjelét (azonosítóját) kell a megnevezett reakció előtti üres négyzetbe írni.

| <b>Reakció megnevezése:</b>   | <b>Reakció megnevezése:</b>  |
|---|--|
| A víz autoprotolízise (disszociációja).   | Az alumíniumsók vizes oldatában a fémion akva-komplexe savként viselkedik.           |
| A közömbösítés általános egyenlete.   | A trisó vizes oldatában a foszfátion vízzel való reakciója lúgos kémhatást okoz.     |
| A víz és a hidroxidion, valamint az ammóniumion és az ammónia konjugált sav-bázis párokat alkotnak. | Az erősebb sav felszabadítja sójából a gyengébb savat.                               |
| A vízionszorzat kiszámításának módja és értéke.   | Savanyúsó típusú vegyület keletkezik, ha többértékű savat részlegesen közömbösítünk. |
| A hidrogénkarbonát-ion savként viselkedhet.   | Kétértékű sav közömbösítése kétértékű bázissal.                                      |

| Azonosító: | Reakcióegyenlet:  |
|------------|---|
| <b>A</b>   | $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$   |
| <b>B</b>   | $K = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}] = 1,8 \cdot 10^{-16} \quad (T = 22 \text{ }^\circ\text{C})$  |
| <b>C</b>   | $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} \quad \text{vagy} \quad \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$               |
| <b>D</b>   | $2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \quad \text{vagy} \quad \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ |
| <b>E</b>   | $K = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14} \quad (T = 22 \text{ }^\circ\text{C})$   |
| <b>F</b>   | $\text{HCO}_3^- + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$  |
| <b>G</b>   | $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  |
| <b>H</b>   | $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   |
| <b>I</b>   | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaO} \rightarrow \underline{\text{CaSO}_4} + \text{H}_2\text{O}$   |
| <b>J</b>   | $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$  |
| <b>K</b>   | $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  |
| <b>M</b>   | $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   |
| <b>N</b>   | $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+}$             |
| <b>P</b>   | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \underline{\text{CaSO}_4} + 2 \text{H}_2\text{O}$   |

**E2. feladat****17 pont**Rendezd a következő, **A**, **B**, **C** betűkkel jelölt redoxireakciók egyenleteit!

|          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ |
| <b>B</b> | $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$                           |
| <b>C</b> | $\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$  |

A reakcióegyenletekre vonatkozó kérdésekre, állításokra az oda illő **A**, **B** vagy **C** betűk üres cellába való beírásával válaszolj! Egy helyre csak egy betűt írd!



**Kérdések, állítások:**

**Válaszok:**

1. A kémia reakció az egyesülés típusba sorolható.
2. A kiindulási reakciópartnerek egyike elem, mely oxidáló szerepet tölt be a reakcióban.
3. A reakcióban van olyan fémion, melynek nem változik meg az oxidációs száma.
4. A reakcióban csak molekularácsos anyagok vesznek részt.
5. A kétféle kiindulási vegyület központi atomja megegyezik.
6. Az oxidálószer központi atomjának oxidációs száma 5-tel változik.
7. A kloridionok egy része oxidálódik a reakcióban.
8. A reakcióban a fémtartalmú vegyület oxidálódik. A ferro-ionokból ferri-ionok keletkeznek az oxidáció során.
9. A két oldat reakciója során kolloid oldat keletkezik.
10. A reakció során gáz képződik.
11. A végtermékként jelenlévő kloridionok egy része redukció során keletkezett.

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**E3. feladat**

**10 pont**

A következő kérdésekre egész számok beírásával kell válaszolni!

Hány értékű sav a foszforsav?

Mennyi a  $10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú HCl-oldat pH-ja?

Mennyi a HCl disszociációfoka vizes oldatban?

Mennyi egy elemben az atomok oxidációs száma?

Mennyi a Mn oxidációs száma a kálium-permanganátban?

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**E4. feladat****9 pont**

Tekintsük a következő anyagokat:

**fenoltalein, metilnarancs, metilvörös,  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ ,  $\text{NaHSO}_4(\text{aq})$ ,  $\text{NH}_3(\text{aq})$** 

Úgy kell közülük párokat kiválasztani, hogy összekeverésük után színes oldatot kapjunk, de minden anyagot csak egyszer használatsz fel! Írd a párok tagjait egy sorba és add meg a kapott oldatok színét!

**Egyik anyag:**      **Másik anyag:**      **Kapott oldat színe:**

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**E5. feladat****17 pont**

Ebben a feladatban szereplő vegyületek molekulánként pontosan annyi protont tartalmaznak, mint ahány proton a  $4s^2 4p^2$  vegyértékszerkezetű atomban van.

$4s^2 4p^2$  vegyértékszerkezetű atomban a protonok száma:

| <b>A molekulában található atomok száma:</b> | <b>Add meg a molekula összegképletét!</b> | <b>A megfelelő állítás betűjele:</b> |
|--|---|--------------------------------------|
| 3  |   |                                      |
| 5  |   |                                      |
| 8  |   |                                      |
| 12   |   |                                      |

A vegyületekről még a következőket tudjuk:

- A.** Az egyik molekula vizes oldata egyértékű gyenge sav.
- B.** Az egyik molekula vizes oldata erős sav.
- C.** Az egyik molekulában egyetlen  $119^\circ$ -os kötésszög van.
- D.** Az egyik vegyület szénhidrogén.

Írd be a táblázat harmadik oszlopába a megfelelő betűt! Egy molekulához csak egy betű tartozik!

**E6. feladat****18 pont**

Töltsd ki a táblázatot a megfelelő adatokkal!

|                                 | <b>Szén-dioxid:</b> | <b>Ammónia:</b> | <b>Gyémánt:</b> |
|---------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Képlet:                         |                     |                 |                 |
| Halmazállapot:                  |                     |                 |                 |
| Központi atom oxidációs száma:  |                     |                 |                 |
| Kristályrács típusa:            |                     |                 |                 |
| Sigma kötések száma:            |                     |                 | X               |
| Pi kötések száma molekulánként: |                     |                 | X               |
| Vizes oldatának kémhatása:      |                     |                 | X               |

## Számolás

### Sz1. feladat

**44 pont**

Minden kérdésre egyetlen helyes válasz van. Keresd meg a helyes választ és karikázd be a betűjelét! Ha egynél több választ karikázol be, akkor semmiképpen nem jár pont, akkor sem, ha a helyes válasz is köztük van! A számolás menetét nem kell leírni!

1. Milyen arányban kell összekeverni 10  $m/m\%$ -os és 40  $m/m\%$ -os oldatot, hogy 35  $m/m\%$ -osat kapjunk?
  - A) 1 : 5
  - B) 2 : 3
  - C) 2 : 1
  - D) 1 : 1
  - E) 3 : 2
2. 250 g 20,0  $m/m\%$ -os oldatban mennyi sót kell még oldani, hogy 25,0  $m/m\%$ -os legyen?
  - A) 20,0 g
  - B) 16,67 g
  - C) 12,5 g
  - D) 25 g
  - E) 62,5 g
3. Mekkora az egyensúlyi állandó értéke az  $A + B \rightleftharpoons 2C$  egyensúlyi rendszerben, ha a három komponens egyensúlyi koncentrációja megegyezik, miközben azt tapasztaltuk, hogy a 20,0  $\text{mol/dm}^3$ -es kiindulási A anyag egyharmada alakult át?
  - A) 2,50
  - B) 1,00
  - C) 16,7
  - D) 0,250
  - E) 22,0

4. 200,0 g kristályos szódából ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) mekkora tömegű telített oldat készíthető, ha a telített  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -oldat 32  $m/m$  %-os?  
( $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106,0 \text{ g/mol}$ )
- A) 231,64 g
  - B) 625 g
  - C) 431,25 g
  - D) 1127 g
  - E) 200 g
5. 25,0  $\text{cm}^3$  0,10  $\text{mol/dm}^3$ -es ecetsav közömbösítéséhez mekkora térfogatú 0,25  $\text{mol/dm}^3$  koncentrációjú NaOH-oldat szükséges?
- A) 100  $\text{cm}^3$
  - B) 25,0  $\text{cm}^3$
  - C) 10,0  $\text{cm}^3$
  - D) 2,5  $\text{cm}^3$
  - E) A számoláshoz szükség lenne a savi disszociációs állandó értékére.
6. Mennyi hidrogén fejleszthető 18 g alumíniumból híg kénsavval?
- A) 2,0 mol
  - B) 2,0 g
  - C) 1,5 mol
  - D) 1,5 g
  - E) 0,67 mol
7. 200 g 20,0  $m/m$  %-os oldatból mennyi vizet kell elpárologtatni, hogy 25,0  $m/m$  %-os legyen?
- A) 20 g
  - B) 40 g
  - C) 160 g
  - D) 25 g
  - E) 2,5 g

8. Hogyan változik meg az  $A + 2B \rightleftharpoons 3C$  egyensúlyi rendszerben az egyensúlyi állandó értéke, ha változatlan hőmérsékleten a B kiindulási koncentrációját kétszeresére növeljük?
- A) kétszeresére nő
  - B) változatlan marad
  - C) négyszeresére nő
  - D) nem dönthető el
  - E) felére csökken
9. 2000 kg piritből ( $\text{FeS}_2$ ) mennyi vas állítható elő, ha a folyamat 60,0 %-os hatásfokkal megy végbe? ( $M(\text{FeS}_2) = 120,0 \text{ g/mol}$ )
- A) 1,2 t
  - B) 930 kg
  - C) 127 kg
  - D) 558 kg
  - E) 1432 kg
10. Mennyi 10  $m/m\%$ -os konyhasóoldatot kell keverni 300 g 30  $m/m\%$ -oshoz, hogy 20  $m/m\%$ -osat kapjunk?
- A) 100 g
  - B) 150 g
  - C) 200 g
  - D) 300 g
  - E) 500 g
11. A hidrogén és jód egyensúlyra vezető folyamatban reagál egymással 300 °C-on:  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ . Kezdetben 1,0 mol hidrogént és 5,0 mol jódot juttatunk egy 3,0 dm<sup>3</sup>-es edénybe. Hogyan változik meg a rendszer nyomása, ha a hidrogén átalakulása 30 %-os?
- A) 30 %-kal nő.
  - B) 30 %-kal csökken.
  - C) Nem változik.
  - D) A reakcióhőtől függ.
  - E) Háromszorosára nő.

**Sz2. feladat****14 pont**

Valamely zárt lombik az  $\text{N}_2\text{O}_4$  folyadék 13,8 grammnyi mennyiségét tartalmazza. Ha a rendszer  $21,7\text{ }^\circ\text{C}$ -ra melegszik, a  $\text{N}_2\text{O}_4$  teljesen elpárolog, a lombikban lévő gázelegy pedig barna színűvé válik a disszociáció során keletkező  $\text{NO}_2$  gáz vörösbarna színétől. A reakció  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$  egyensúlyra vezet. Az  $1,00 \cdot 10^5$  Pa nyomású gázelegy sűrűsége  $3,12\text{ g/dm}^3$ , átlagos moláris tömege pedig  $76,7\text{ g/mol}$ .

- Határozd meg a lombik térfogatát!
- Határozd meg a százalékos átalakulást (azaz a disszociációfok 100-szorosát), valamint az egyensúlyi gázelegy térfogat%-os összetételét!
- Mekkora az egyensúlyi állandó értéke?

**Sz3. feladat****17 pont**

Etanol égésével járó reakcióhő nagyságát elemezzük három kísérlet elvégzésével.

- Az *első kísérletben*  $10,0\text{ cm}^3$  etanol égésekor  $212,0\text{ kJ}$  hő szabadult fel, az égéstermék szén-dioxid és vízgőz volt.
- A *második kísérletben*  $10,0$  gramm etil-alkohol égésekor a felszabadult hőmennyiség  $297,4\text{ kJ}$  volt, miközben az új reakciókörülmények között a vízgőz kondenzálódott.
- A *harmadik kísérletben*  $0,2$  mol etanol égésekor  $247,2\text{ kJ}$  hő szabadult fel, azaz  $247,2\text{ kJ}$ -al csökkent a rendszer energiája.

- Milyen halmazállapotú a *harmadik kísérlet* füstgázában a  $\text{H}_2\text{O}$ ?
- Mennyi a víz, illetve mennyi a vízgőz képződéshője?
- Mennyi a víz párolgáshője? Exoterm vagy endoterm folyamat a víz párolgása?

Az alkohol sűrűsége  $789\text{ kg/m}^3$ , az alkohol képződéshője  $-277,8\text{ kJ/mol}$ , a szén-dioxid-gáz képződéshője  $-394,0\text{ kJ/mol}$ .

**Sz4. feladat****14 pont**

100 évvel ezelőtt azonosította Hevesy György a 72. rendszámú, hafniumnak elnevezett elemet. 80 évvel ezelőtt kapott sokrétű tudományos munkásságáért kémiai Nobel-díjat. Életrajzírója, Siegfried

Niese Hevesy György 1885-1966 – *Tudomány határok nélkül* című munkáját 2023-ban magyarul is kiadták.

Történeti feljegyzések szerint a II. világháború borzalmi között csak egyetlen esélye maradt Hevesy Györgynek, hogy a két tudós kollégája megbízásából nála lévő Nobel-díjukat megmentse: királyvízben fel kellett oldania („egy egész délutánom ment rá” – H.Gy.). A háború végén a megrongálódott laboratóriumból a narancssárga oldatokkal teli üvegek épségben kerültek elő. Az oldatból visszanyert aranyat a Stockholmi Akadémiára küldték, ahol a Nobel Alapítvány újraöntette, s azok 1952-ben visszakerültek jogos tulajdonosaikhoz.

A királyvíz tömény salétromsav és tömény sósav elegye. Amikor az arany feloldódik benne, sokáig eltartható, erősen savas oldat keletkezik. Ha ehhez óvatosan kálium-hidroxidot adnak, akkor egy narancssárgás színű szilárd anyag állítható elő, amelynek 10,3 m/m%-a kálium, 52,1 m/m %-a arany, és sem nitrogén, sem oxigén, sem hidrogén nem mutatható ki benne.

a) Számítással határozd meg a szilárd anyag tapasztalati képletét!

Amikor a királyvíz levegőtől elzárva oldja az aranyat, a képződő gázok színtelenek. Ha ezt a gázt feleslegben vett levegővel reagáltatjuk, vörösbarna színű lesz. A gáz lehűtve cseppfolyósodik. 2,00 g arany feloldása után 467 mg ilyen folyadékot lehet nyerni.

b) Az eddigi adatok alapján számítások segítségével add meg az arany királyvízben való oldódásának reakcióegyenletét.

## Sz5. feladat

**10 pont**

A kémia szakkörös tanulók meg akarták határozni egy patak vízhozamát. Először mintát vettek a vízből és megtitrálták 0,020 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú AgNO<sub>3</sub>-oldattal. 10,0 cm<sup>3</sup> vízre fogyott 3,00 cm<sup>3</sup> AgNO<sub>3</sub>-oldat. Ezután a patakba 10 percen át, állandó egyenletes adagolással összesen 2,00 dm<sup>3</sup> 1,000 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú NaCl-oldatot csurgattak. Az adagolás helyétől távolabb (lefelé) vett 10,0 cm<sup>3</sup> vízmintára 15,5 cm<sup>3</sup> 0,020 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú AgNO<sub>3</sub>-oldat fogyott. Számítsd ki a patak vízhozamát dm<sup>3</sup>/órában!



**55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny**  
**Országos döntő feladatai (labor)**  
**I. kategória**

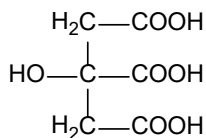
**Munkaidő: 120 perc**

**Összesen: 40 pont**

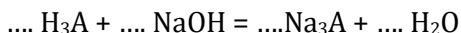
**Citromsav – nátrium-klorid szilárd keverék tömegszázalékos  
összetételének meghatározása**

A citromsav egy háromértékű sav. A háztartásban nagyon sokféle módon felhasználható: vízkőoldás, mosógép, mosogatógép illatosítására, tartósításra, de akár hajmosásnál a haj öblítésére is használható, sőt megfelelő adalékanyagokkal „fürdőbomba” is készíthető belőle.

A citromsav szerkezeti képlete:



A mai feladatban egy citromsav – nátrium-klorid  $m/m$  %-os összetételét kell meghatározni sav-bázis titrálás segítségével. Ehhez a kiadott főzőpohárban levő szilárd mintát kell megtitrálni **a megadott receptet** követve. A titrálás során a háromértékű savat teljes mértékben közömbösítjük, szabályos só keletkezik az alábbi (kiegészítendő) egyenlet szerint:



**Útmutató a meghatározáshoz**

- a) Az asztalon találsz egy parafilmmel lefedett kis főzőpohárban az ismeretlen mintát. Az előző lapon található bekeretezett rovatba írd be a **helyszámodat** és a **minta azonosító számát, valamint a minta tömegét!**
- b) A szilárd mintát kevés vízzel történő oldás után tölcsér segítségével juttasd a 100,00 cm<sup>3</sup> térfogatú mérőlombikba, és a főzőpohár többszöri átmosása, valamint a tölcsér átmosása után töltsd fel jelig az oldatot, majd a tartalmát alaposan rázd össze.

- c) Az így elkészített törzsoldatból pipettával mérjél ki a titráló vagy kis Erlenmeyer-lombikokba 10,00-10,00 cm<sup>3</sup>-t. **Ellenőrizd, hogy a pipettád egy vagy kétjelű pipetta-e!** Ha egyjelű pipettád van, abban az esetben az oldatot addig kell kiengedned, amíg „magától” kifolyik, a legvégében maradt csepp nem szabad kirázni. Adjál a mintákhoz 3-4 csepp fenolftalein indikátort.
- d) Töltsd fel a bürettát a kiadott NaOH-oldattal. Ha szükséges, használd a kis tölcsért. Jegyezd fel a NaOH-oldat pontos koncentrációját.
- e) Titráld meg a mintákat a NaOH-oldattal! Az oldathoz keverés mellett addig kell adagolnod a NaOH-oldatot, amíg az indikátor színe színtelenből halvány lila színűvé nem változik.
- f) Érdemes egy próbatitrálást végezni, és ezt követően három mintát pontosan megtitrálni.

### Feladatok és számítások

A mérési adatokat és az átlagfogyást **két tizedesjegy** pontossággal jegyezd fel az alábbi táblázatba. Minden további eredményt **négy értékes jegy** pontossággal adjál meg!

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>A NaOH-oldat koncentrációja:</b>         | ..... mol/dm <sup>3</sup>          |
| <b>A leolvasott mérőoldat<br/>fogyások:</b> |                                    |
| 1. titrálás:                                | ..... cm <sup>3</sup>              |
| 2. titrálás:                                | ..... cm <sup>3</sup>              |
| Próbatitrálás: ..... cm <sup>3</sup>        | 3. titrálás: ..... cm <sup>3</sup> |
| <b>A mérőoldat átlagfogyása:</b>            | ..... cm <sup>3</sup>              |

- 1) **Számítsd ki**, hogy
- a) mennyi a 100,00 cm<sup>3</sup> törzsoldat anyagmennyiség koncentrációja a citromsavra nézve;
- b) hány tömegszázalékos a kiadott szilárd minta citromsavra nézve!
- Atomtömegek: A<sub>r</sub>(H) = 1,00, A<sub>r</sub>(C) = 12,00, A<sub>r</sub>(O) = 16,00, A<sub>r</sub>(Na) = 23,00

|   |                           |
|---|---------------------------|
| <b>A 100 cm<sup>3</sup> törzsoldatban levő sav anyagmennyisége:</b>   | .....                     |
| <b>A 100 cm<sup>3</sup> törzsoldat anyagmennyiség-koncentrációja:</b> | ..... mol/dm <sup>3</sup> |

|  |       |
|--|-------|
| <b>A szilárd minta tömegszázaléka citromsavra nézve:</b> | ..... |
|--|-------|

- 2) A citromsav kristályvizet tartalmaz. Hány kristályvizet tartalmaz a sav, ha tudjuk, hogy a kristályvizes só 8,57 tömegszázaléka kristályvíz? Add meg a kristályvizes só képletét!

|   |  |
|---|--|
| <b>A citromsav kristályvíztartalma (egész számra kerekítve) és a kristályvizes citromsav képlete:</b> | .....<br>kristályvíz<br>képlet:<br>..... |
|---|--|

- 3) Hány mg kristályvizes citromsav volt bemérve a szilárd mintába?

|  |          |
|--|----------|
| <b>A kristályvizes citromsav moláris tömege:</b> | .....    |
| <b>A bemért kristályvizes citromsav tömege:</b>  | ..... mg |

**55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny**  
**Országos döntő feladatai (írásbeli rész)**  
**II. kategória**

**Munkaidő: 150 perc**

**Összesen: 180 pont**

**Elmélet**

**E1. feladat**

**12 pont**

A következő kérdésekre egész számok beírásával kell válaszolni!

- a) A citromsav többértékű sav. Disszociációs állandói közül hányadik a legnagyobb?
- b) A „karbolsav”-nak is nevezett fenol hány db karboxilcsoportot tartalmaz?
- c) Mennyi a HCl disszociációfoka vizes oldatban?
- d) Hány értékű sav az oxálsav?
- e) Hány különböző helyen szubsztituált monoklórnafalin-molekula létezik?
- f) Legfeljebb hány zsírsavmolekulával alkothat észtert egyetlen glicerinnmolekula?

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**E2. feladat**

**25 pont**

Hogyan változik **200 cm<sup>3</sup> 0,2 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú sósavoldat** HCl-koncentrációja, valamint a pH-ja az alábbi „kezelések” hatására? A „nő”, „csökken”, „nem változik” közül írd be a megfelelő választ!

**HCl-  
koncentráció:**                      **pH:**

100 cm<sup>3</sup> 0,2 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú NaOH-oldatot adunk hozzá.

200 cm<sup>3</sup> 0,2 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú HBr-oldatot adunk hozzá.

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |



**E3. feladat****20 pont**A jól ismert *Daniell elem*[melynek a celladiagramja:  $(-)\text{Zn}_{(s)}|\text{Zn}^{2+}_{(aq)}||\text{Cu}^{2+}_{(aq)}|\text{Cu}_{(s)}(+)$ ]

elektromotoros ereje nem tesz eleget annak a kívánalomnak, hogy 2,0 voltot, vagy annál nagyobb feszültséget tudjon biztosítani. Ennek elvi megvalósításához az alábbi táblázatban található fémekből és fémsókból lehet válogatni. Állíts össze – elméletileg – egy olyan galvánelemet, amelynek az elektromotoros ereje legalább 2,0 V!

|  |                                       |                                       |                                       |                                    |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Fém vegyjele</b>  | Al                                    | Zn                                    | Cu                                    | Ag                                 |
| <b>Só képlete</b>  | $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$            | $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$            | $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$            | $\text{AgNO}_3$                    |
| <b>Standard elektródpotenciál, <math>\epsilon^\circ</math> (V)</b> | $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$ :<br>-1,66 | $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$ :<br>-0,76 | $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ :<br>+0,34 | $\text{Ag}^+/\text{Ag}$ :<br>+0,80 |

- Mutasd be a választott galvánelem celladiagramját!
- Mutasd be a választott galvánelem elektromotoros erejének a kiszámolási módját és számítsd is ki az elektromotoros erejét!
- Hány gramm fémsót kell bemérni az anód-, valamint a katód oldatához, ha 250,00 cm<sup>3</sup> térfogatú, 1,00 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú oldatokra van szükség?
- Írd fel az anódon végbemenő reakció egyenletét!
- Írd fel a katódon végbemenő reakció egyenletét!
- Írd fel a reakció bruttó egyenletét (azaz a két előző egyesítve az egyszerűsítések után)!
- Számítsd ki, hogy a galvánelem működése közben hány gramm a katód tömegnövekedése, ha azon 0,2 mol fémion semlegesítődik!
- Hány mol nitrácion vándorol ez alatt a sóhídon az anódtérbe?
- Változott-e a katódtérben az oldat pH-ja? Válaszodat indokold is!
- A fenti „üzemidő” alatt az anódfém tömege mennyivel csökkent?
- Ezzel egyidejűleg mennyire változott az oldat koncentrációja, amelybe az anód merült? (Az oldat térfogata változatlan.)

- l) Az összeállított galvánelem (bekapcsolt) fogyasztóján hány Coulomb töltés halad át maximálisan az elem lemerüléséig?
- m) Igaz, fogyasztó működtetésére nem alkalmas, de a bruttó reakció más összeállításban is lejátszódhat: pl. az „anód”-nak nevezett fémlapra a pozitívabb standardpotenciálú fém fémsójának vizes oldatába merítjük. Hány grammal változna meg a negatívabb standardpotenciálú fémlap tömege, ha belemerül a másik oldatba, és a másik fémből 0,2 mol mennyiségű a felületére kiválik?

**E4. feladat****12 pont**

A „spiro” típusú szerves vegyületeknek az az érdekes sajátosága, hogy van bennük két gyűrű, de ezek között csak egyetlen szénatom azonos. Az elnevezésnél a „spiro” előtagot az össz-szénatomszám alapján megadható név követi.

- a) Írd fel a legegyszerűbb, spiro típusú telített szénhidrogén, a spiropentán szerkezeti képletét!
- b) Ennek a molekulának egyetlen egyszeresen szubsztituált klór-származéka van. Add meg a klór-spiropentán szerkezeti képletét!
- c) Kétszeresen szubsztituált származékból már három különböző létezik. Add meg a három diklór-spiropentán szerkezeti képletét!
- d) A spiropentánnál egy szénatommal többet tartalmaz a spirohexán. Add meg ennek a molekulának a szerkezeti képletét!
- e) Monoszubsztituált spirohexánból három létezik. Add meg mindhárom klór-spirohexán szerkezeti képletét!

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**E5. feladat****10 pont**

Az alább található 10 db névvel azonosított sav-bázis reakcióhoz ki kell válogatnod a neki megfelelő reakcióegyenletet a felkínált tizenötből. A megfelelő reakcióegyenlet betűjelét (azonosítóját) kell a megnevezett reakció előtti üres négyzetbe írni.

**Reakció megnevezése:**

|  |   |
|--|---|
|  | A víz autoprotolízise (disszociációja).   |
|  | Az ammónia az ammónium-ionnal, a hidroxidion a vízzel alkot konjugált sav-bázis párt. |
|  | A glicinmolekula intramolekuláris protonálódása ikeriont eredményez.                  |
|  | Ecetsav közömbösítése nátrium-hidroxiddal.  |
|  | A közömbösítés általános egyenlete.   |

**Reakció megnevezése:**

|  |   |
|--|---|
|  | A benzoátion vízzel való reakciója lúgos kémhatást okoz.  |
|  | A Mohr-só vizes oldatában a fémion akvakomplexe savként viselkedik.                                       |
|  | Az erősebb sav felszabadítja sójából a gyengébb savat.  |
|  | Az egyensúlyi állandó kiszámításának módja a foszforsav disszociációjának második lépcsőjére vonatkozóan. |
|  | Az etil-acetát nátrium-hidroxid hatására elhidrolizál.  |

| <b>Azonosító:</b> | <b>Reakcióegyenlet:</b>   |
|-------------------|---|
| <b>A</b>          | $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} \rightarrow \text{}^+\text{NH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^-$   |
| <b>B</b>          | $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+}$ |
| <b>C</b>          | $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$   |
| <b>D</b>          | $2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ vagy $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$      |
| <b>E</b>          | $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                  |
| <b>F</b>          | $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ vagy $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$                    |
| <b>G</b>          | $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  |



|          |  |
|----------|--|
| <b>H</b> | $K_2 = [\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HCO}_3^-]$   |
| <b>I</b> | $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{H}_3\text{O}^+$                               |
| <b>J</b> | $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^+$ |
| <b>K</b> | $K_2 = [\text{HPO}_4^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$   |
| <b>L</b> | $\text{HCO}_3^- + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$   |
| <b>M</b> | $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  |
| <b>N</b> | $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{OH}^-$                                    |
| <b>P</b> | $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$  |

### Számolás

#### Sz1. feladat

**36 pont**

Minden kérdésre egyetlen helyes válasz van. Keresd meg a helyes választ és karikázd be a betűjelét! Ha egynél több választ karikázol be, akkor semmiképpen nem jár pont, akkor sem, ha a helyes válasz is köztük van! A számolás menetét nem kell leírni!

- 250 g 20,0 m/m%-os oldatba mennyi sót kell még oldani, hogy 25,0 m/m %-os legyen?
  - 20,0 g
  - 16,67 g
  - 12,5 g
  - 25 g
  - 62,5 g
  - F)
- 200 g kristályos szódából ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) mekkora tömegű telített oldat készíthető, ha a telített  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -oldat 32 m/m %-os? ( $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106,0 \text{ g/mol}$ )
  - 231,64 g
  - 625 g
  - 431,25 g
  - 1127 g
  - 200 g

3.  $25,0 \text{ cm}^3$   $0,10 \text{ mol/dm}^3$ -es ecetsav közömbösítéséhez mekkora térfogatú  $0,25 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú NaOH-oldat szükséges?
- A)  $100 \text{ cm}^3$
  - B)  $25,0 \text{ cm}^3$
  - C)  $10,0 \text{ cm}^3$
  - D)  $2,5 \text{ cm}^3$
  - E) A számoláshoz szükség lenne a savi disszociációs állandó értékére.
4.  $200 \text{ g}$   $20,0 \text{ m/m}$  %-os oldatból mennyi vizet kell elpárologtatni, hogy  $25,0 \text{ m/m}$  %-os legyen?
- A)  $20 \text{ g}$
  - B)  $40 \text{ g}$
  - C)  $160 \text{ g}$
  - D)  $25 \text{ g}$
  - E)  $2,5 \text{ g}$
5. Hogyan változik meg az  $A + 2B \rightleftharpoons 3C$  egyensúlyi rendszerben az egyensúlyi állandó értéke, ha változatlan hőmérsékleten a B kiindulási koncentrációját kétszeresére növeljük?
- A) kétszeresére nő
  - B) változatlan marad
  - C) négyszeresére nő
  - D) nem dönthető el
  - E) felére csökken
6. Mekkora az egyensúlyi állandó értéke az  $A + B \rightleftharpoons 2C$  egyensúlyi rendszerben, ha a három komponens egyensúlyi koncentrációja megegyezik, miközben azt tapasztaltuk, hogy a  $20,0 \text{ mol/dm}^3$ -es kiindulási A anyag egyharmada alakult át?
- A)  $2,50$
  - B)  $1,00$
  - C)  $16,7$
  - D)  $0,250$
  - E)  $22,0$

7. 2000 kg piritből ( $\text{FeS}_2$ ) mennyi vas redukálható, ha a folyamat 60,0 %-os hatásfokkal megy végbe? ( $M(\text{FeS}_2) = 120,0 \text{ g/mol}$ )
- A) 1,2 t
  - B) 930 kg
  - C) 127 kg
  - D) 558 kg
  - E) 1432 kg
8. A hidrogén és jód egyensúlyra vezető folyamatban reagál egymással 300 °C-on:  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ . Kezdetben 1,0 mol hidrogént és 5,0 mol jódot juttatunk egy 3,0 dm<sup>3</sup>-es edénybe. Hogyan változik meg a rendszer nyomása, ha a hidrogén átalakulása 30 %-os?
- A) 30 %-kal nő.
  - B) 30 %-kal csökken.
  - C) Nem változik.
  - D) A reakcióhőtől függ.
  - E) Háromszorosára nő.
9. Mennyivel változik meg a 0,01 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú hangyasavoldat pH-ja 100-szoros hígítás esetén? ( $K_s = 1,8 \cdot 10^{-4}$ )
- A) 2 egységgel nő
  - B) 1,5 egységgel csökken
  - C) 2 egységgel csökken
  - D) 1,25 egységgel nő
  - E) nem változik

## Sz2. feladat

14 pont

100 évvel ezelőtt azonosította Hevesy György a 72. rendszámú, hafniumnak elnevezett elemet. 80 évvel ezelőtt kapott sokrétű tudományos munkásságáért kémiai Nobel-díjat. Életrajzírója, Siegfried Niese *Hevesy György 1885-1966 – Tudomány határok nélkül* című munkáját 2023-ban magyarul is kiadták.

Történeti feljegyzések szerint a II. világháború borzalmi között csak egyetlen esélye maradt Hevesy Györgynek, hogy a két tudós kollégája megbízásából nála lévő Nobel-díjukat megmentse: királyvízben fel kellett oldania („egy egész délutánom ment rá” – H.Gy.). A háború végén

a megrongálódott laboratóriumból a narancssárga oldatokkal teli üvegek épségben kerültek elő. Az oldatból visszanyert aranyat a Stockholmi Akadémiára küldték, ahol a Nobel Alapítvány újraöntette, s azok 1952-ben visszakerültek jogos tulajdonosaikhoz.

De vajon hogyan lehet kinyerni oldatából egy elemet, lehetőleg nagy tisztaságban, jó hatásfokkal? Egyik megoldás az elektrolízis. Egy Nobel-díj éremnyi aranyat 10 Amperes árammal 7,9 óra alatt (ez is egy délután – szerk.) lehet visszanyerni.

A 66 mm átmérőjű Nobel-érem tömege 200,0 gramm. A 23 karátos érme aranytartalma 96,75 tömeg %.

- Az adatok ismeretében számítással állapítsd meg, hogy mennyi volt az arany-kationok töltése a királyvízben oldott vegyületben!
- Tegyük fel, hogy az arany mellett csak rezet tartalmazott az érme, ami az oldatban  $\text{Cu}^{2+}$ -ionként volt jelen. Mennyivel növekedett volna meg az elektrolízis ideje, ha az oldatból az ott jelen lévő  $\text{Cu}^{2+}$ -ionok is leválnak?

### Sz3. feladat

**11 pont**

Egy nyílt láncú, telített, egyértékű alkohol összegképletét szeretnénk meghatározni. Az alkoholt levegőfeleslegben elégettük, az égés utáni gázelegy összetétele a következő: 10,02 V/V%  $\text{CO}_2$ , 13,36 V/V %  $\text{H}_2\text{O}$ , 72,41 V/V %  $\text{N}_2$ , 4,21 V/V %  $\text{O}_2$ .

- Mi az alkohol összegképlete?
- Hány %-os levegőfelesleget alkalmaztunk? A levegő összetétele: 21 V/V %  $\text{O}_2$  és 79 V/V %  $\text{N}_2$ .

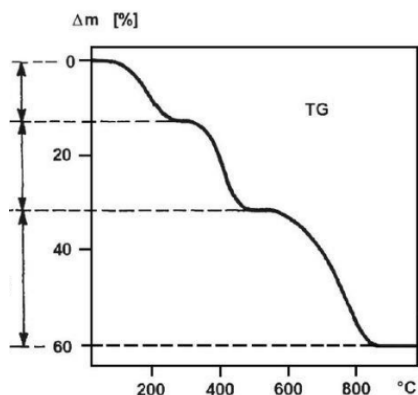
### Sz4. feladat

**11 pont**

Telített nátrium-szulfát-oldatot elektrolizálunk grafitelektródok között, egy napon keresztül, 4,0 A áramerősséggel. Az elektrolízis után 6,28 g szilárd anyag válik ki az oldatból. Írd fel a lejátszódó reakciók egyenletét! Mennyi a  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  oldhatósága 100 g vízre vonatkozóan?

**Sz5. feladat****17 pont**

A hőmérséklet-növelés hatására bizonyos anyagféleségek hőbomlást szenvednek. Ha a bomlás során gázok szabadulnak fel, akkor tömegvesztés lép fel. Ha tehát egy hőbomlást szenvedő minta tömegét folyamatosan mérjük, miközben a hőmérsékletét növeljük egy erre a célra kialakított kemencében, meg tudjuk azt is állapítani, hogy adott hőmérsékleten a tömegének hány százalékát veszítette el, valamint azt



is, hogy a hőbomlás milyen hőmérsékleten játszódott le. A tömegvesztés alapján (meghatározott feltételek teljesülése mellett) az anyagunk sztöchiometriáját is ki tudjuk számítani. Ha egy vegyület több lépésben, különböző hőmérsékleteken egymást követő folyamatokban bomlik, az egyes lépéseket külön tudjuk választani. A mérés végrehajtására szolgáló berendezést termograviméternek (TG), a magas hőmérsékleten is

működőképes analitikai mérleget termomérlegnek nevezzük.

Az ábrán egy fémsó termogravimetriás görbéje látható. A vízszintes tengelyen a kemence hőmérsékletét tüntettük fel, a függőleges tengelyen a tömegvesztés mértékét adjuk meg az eredeti tömeg százalékában. A só hőmérsékletét, amely a fémionon kívül csak szén, hidrogént és oxigént tartalmaz, fokozatosan szobahőmérsékletről 900  $^{\circ}\text{C}$ -ra emeltük. Amint az ábrán is látható, a mintánk három lépésben veszített tömeget, ami három egymást követő hőbomlási folyamatnak felel meg. Az első lépésben, kb. 300  $^{\circ}\text{C}$ -ig emelve a hőmérsékletet, a mintánk tömege 12,320 %-kal csökken. A kemence hőmérsékletét tovább növelve, 300 és 500  $^{\circ}\text{C}$  között a minta eredeti tömegének további 19,165 %-át elveszíti. Az utolsó lépésben 500 és 900  $^{\circ}\text{C}$  között az eredeti tömeg 30,116 %-a távozik a rendszerből. Tudjuk, hogy minden egyes bomlási lépésben csak egyfajta gáz képződik és csak egyfajta folyamat játszódik le. Tudjuk továbbá, hogy a művelet végén kapott szilárd fehér por kalcium-oxid.

- a) Mi annak a sónak a képlete, amelyet a TG berendezésünkbe bemértünk?
- b) Írd fel az egyes tömegvesztési folyamatokhoz tartozó reakcióegyenleteket! Válaszaidat számításokkal is indokold!

**Sz6. feladat****12 pont**

A kémia szakkörös tanulók meg akarták határozni egy patak vízhozamát. Először mintát vettek a vízből és megtitrálták  $0,020 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{AgNO}_3$ -oldattal.  $10,0 \text{ cm}^3$  vízre fogyott  $3,00 \text{ cm}^3$   $\text{AgNO}_3$ -oldat. Ezután a patakba 10 percen át, állandó egyenletes adagolással összesen  $2,00 \text{ dm}^3$   $1,000 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{NaCl}$ -oldatot csurgattak. Az adagolás helyétől távolabb (lefelé) vett  $10,0 \text{ cm}^3$  vízmintára  $15,5 \text{ cm}^3$   $0,020 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{AgNO}_3$ -oldat fogyott.

- a) Hogyan vehettek átlagmintát a patakból?
- b) Milyen vegyület (indikátor) segítségével végezhették a titrálást?
- c) Számítsd ki a patak vízhozamát  $\text{dm}^3/\text{órában}$ !

**55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny  
Országos döntő feladatai (labor)**

**II. kategória**

**Munkaidő: 120 perc**

**Összesen: 40 pont**

**1. feladat**

A kémcsövekben az alábbi vegyületek közül 6 található meg:

**NaOH, Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>**

Van-e színes oldat a kémcsövekben lévő oldatok között? Ha igen, akkor melyik és milyen színű?

.....

Kísérletek: valamennyi mintából kémcsövekbe kb. ujjnyi magasságú folyadékot töltöttünk.

Minden oldatot minden másikkal összeöntöttünk, a tapasztalatokat az alábbi táblázatban foglaltuk össze:

|                    | <b>A<br/>oldat</b>                      | <b>B<br/>oldat</b>           | <b>C<br/>oldat</b>                 | <b>D<br/>oldat</b> | <b>E<br/>oldat</b> | <b>F<br/>oldat</b> |
|--------------------|---|------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>B<br/>oldat</b> | Nem történt látható változás            |                              |                                    |                    |                    |                    |
| <b>C<br/>oldat</b> | Nem történt látható változás            | Fehér csapadék keletkezett   |                                    |                    |                    |                    |
| <b>D<br/>oldat</b> | Színtelen, záptojás szagú gáz fejlődött | Nem történt látható változás | Színtelen, szagtalan gáz fejlődött |                    |                    |                    |

*(folytatás a következő oldalon)*

(az előző oldalon lévő táblázat folytatása)

|                | <b>A oldat</b>              | <b>B oldat</b>               | <b>C oldat</b>  | <b>D oldat</b>               | <b>E oldat</b>  | <b>F oldat</b> |
|----------------|-----------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---|----------------|
| <b>E oldat</b> | Fekete csapadék keletkezett | Nem történt látható változás | Fehér csapadék keletkezett, amely állás közben szürkült | Nem történt látható változás |   |                |
| <b>F oldat</b> | Fehér csapadék keletkezett  | Nem történt látható változás | Fehér csapadék keletkezett                              | Nem történt látható változás | Fehér csapadék keletkezett, amely állás közben szürkült |                |

### Tapasztalatok elemzése

Ezeknek az ismereteknek a birtokában határozd meg, milyen vegyületeket tartalmaznak az A, B, C, D, E és F kémcsövek!

#### Az egyes kémcsövekben lévő vegyületek:

| Eredmények | <b>A oldat</b> | <b>B oldat</b> | <b>C oldat</b> | <b>D oldat</b> | <b>E oldat</b> | <b>F oldat</b> |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Vegyület:  |                |                |                |                |                |                |

A kimaradt vegyület:

.....

Írj reakcióegyenletet minden csapadékképződéssel vagy egyéb látható változással járó reakcióhoz! Értelmezd reakcióegyenletekkel a csapadékok oldódását is! A reakcióegyenletként írhat sz molekula- vagy ionegyenleteket is, de a felírt egyenletek egyértelműen fejezzék ki a lejátszódó reakciók lényegét!



### Reakcióegyenletek

| Kémcsövek<br>betűjelei | Az összeöntés során bekövetkezett változások<br>reakcióegyenletei: |
|------------------------|--|
| <b>A-D</b>             |  |
| <b>A-E</b>             |  |
| <b>A-F</b>             |  |
| <b>B-C</b>             |  |
| <b>C-D</b>             |  |
| <b>C-E</b>             |  |
| <b>C-F</b>             |  |
| <b>E-F</b>             |  |

### 2. feladat

Az asztalodon található kémcsőállványban 6 kémcsőben oldatok vannak. A kémcsövek jelölése A, B, C, D, E és F.

Minden oldat egyetlen vegyületet tartalmazhat az alábbiak közül:

- **Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> vagy Na<sub>2</sub>S**
- **KCl vagy KI**
- **Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> vagy AgNO<sub>3</sub>**
- **CoCl<sub>2</sub> vagy Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**
- **HgCl<sub>2</sub> vagy Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**
- **CuCl<sub>2</sub> vagy Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**

Határozd meg, hogy melyik kémcsőben melyik vegyület oldata található. A vizsgálatokhoz a kémcsőben lévő kb.10 cm<sup>3</sup>-nyi mintákon kívül csak üres kémcsövek és ioncserélt víz áll rendelkezésedre.

A minták kb. fél-fél cm<sup>3</sup> (fél ujjnyi) részleteit reagáltasd először az ismert oldattal, úgy, hogy az ismert reagensből először csak néhány csepp oldatot adagolj, majd utána kb. fél cm<sup>3</sup>-t, és figyeld a változást. Vizsgáld meg azt is, hogy történik-e változás, ha a reagenst feleslegben adagolod!

Jegyezd fel a tapasztalatokat! 3-5 perc eltelte után is érdemes ellenőrizni az összeöntött oldatokat!

|                    | <b>A<br/>oldat</b> | <b>B<br/>oldat</b> | <b>C<br/>oldat</b> | <b>D<br/>oldat</b> | <b>E<br/>oldat</b> | <b>F<br/>oldat</b> |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| oldat<br>színe     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| <b>B<br/>oldat</b> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| <b>C<br/>oldat</b> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| <b>D<br/>oldat</b> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| <b>E<br/>oldat</b> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| <b>F<br/>oldat</b> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |

A tapasztalatok alapján állapítsd meg, hogy az A, B, C, D, E és F kémcsövek melyik vegyületet tartalmazzák a fent felsoroltak közül!



## **A szóbeli témakörei**

### **I.a. és I.c. kategória**

Mengyelejevtől az elektronszerkezetig

### **I.b. kategória**

Endoterm és exoterm fizikai és kémiai változások bemutatása példákon keresztül

### **II.a., II.b/1. és II.c. kategória**

Kémiai egyensúlyok befolyásolásának lehetőségei szerves és szervetlen kémiai példákon keresztül

### **II.b/2. kategória**

Heteroatomot tartalmazó szerves vegyületek sav-bázis sajátosságai konkrét példákon keresztül

## Eredmények

## I.a. kategória

| Név:               | Iskola:   | Felkészítő tanár:               | Elmélet: |    |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:  |
|--------------------|---|---------------------------------|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----------|-----|
|                    |   |                                 | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. |        |          |     |
| Muraközi Péter     | Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium                             | Molnár Zsolt                    | 10       | 17 | 10 | 9  | 17 | 18 | 44        | 14 | 17 | 14 | 10 | 38     | 22       | 240 |
| Biró Artúr         | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium                   | Varga Bence                     | 10       | 17 | 10 | 9  | 17 | 18 | 40        | 14 | 17 | 10 | 10 | 40     | 24       | 236 |
| Simon János Dániel | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium                   | Varga Bence                     | 9        | 17 | 10 | 9  | 17 | 18 | 44        | 14 | 16 | 14 | 10 | 35     | 19       | 232 |
| Zólogy Csanád      | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium           | Keglevich Kristóf               | 10       | 17 | 10 | 8  | 17 | 18 | 40        | 14 | 17 | 14 | 9  | 32     | 23       | 229 |
| Koscsó Virág Mária | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium                   | Varga Bence                     | 10       | 17 | 8  | 7  | 17 | 18 | 36        | 12 | 17 | 11 | 10 | 39     | –        | 202 |
| Bauer Balázs       | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium                                       | Árki Csilla                     | 9        | 14 | 10 | 9  | 17 | 18 | 40        | 11 | 17 | 14 | 10 | 32     | –        | 201 |
| Soczó Panni        | Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium  | Versits Livia                   | 10       | 17 | 10 | 8  | 17 | 18 | 40        | 14 | 14 | 8  | 5  | 39     | –        | 200 |
| Keczkó Tímea Anna  | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium                                       | Árki Csilla                     | 9        | 17 | 10 | 9  | 17 | 17 | 32        | 14 | 17 | 9  | 10 | 36     | –        | 197 |
| Nagy Luca          | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium                                       | Árki Csilla                     | 10       | 17 | 10 | 9  | 17 | 18 | 36        | 13 | 17 | 8  | 10 | 30     | –        | 195 |
| Csicsirkó Máté     | Pannonhalmi Bencés Gimnázium és Szakkollégium                             | Drozdi Attila                   | 9        | 17 | 8  | 8  | 17 | 18 | 40        | 8  | 14 | 11 | 10 | 34     | –        | 194 |
| Hasulyó Dorián     | Nyíregyházi Kölcsey Ferenc Gimnázium                                      | Bedő Éva                        | 10       | 16 | 10 | 8  | 17 | 17 | 44        | 6  | 15 | 5  | 9  | 37     | –        | 194 |
| Takách Máté        | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium                   | Varga Bence                     | 10       | 15 | 8  | 6  | 17 | 18 | 40        | 12 | 14 | 8  | 10 | 34     | –        | 192 |
| Bencze Kinga       | Gödöllői Török Ignác Gimnázium  | Kalocsai Ottó, Karasz Gyöngyi   | 9        | 17 | 10 | 9  | 17 | 17 | 32        | 11 | 16 | 10 | 5  | 31     | –        | 184 |
| Pillár Bence       | Dunaújvárosi Széchenyi István Gimnázium                                   | Garamszeginé Szücs Ildikó       | 10       | 16 | 10 | 8  | 9  | 16 | 44        | 11 | 13 | 8  | 10 | 25     | –        | 180 |
| Desics Lola        | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium           | Rakota Edina, Keglevich Kristóf | 8        | 16 | 8  | 9  | 15 | 16 | 40        | 3  | 15 | 5  | 5  | 40     | –        | 180 |
| Hering Zsófia      | Budapest V. Kerületi Eötvös József Gimnázium                              | Tóthné Tarsoly Zita             | 10       | 16 | 10 | 8  | 17 | 18 | 36        | 4  | 3  | 14 | 6  | 34     | –        | 176 |
| Lévai Zita Kata    | Lehel Vezér Gimnázium   | Gubáné Kaszab Judit             | 10       | 15 | 10 | 8  | 12 | 18 | 36        | 12 | 2  | 7  | 9  | 37     | –        | 176 |
| Áts Barnabás       | Debreceni Egyetem Kossuth Lajos Gyakorló Gimnáziuma és Általános Iskolája | Muzsnay Zoltánné Murai Enikő    | 10       | 14 | 8  | 7  | 14 | 18 | 36        | 14 | 0  | 13 | 0  | 39     | –        | 173 |
| Beke Márton Csaba  | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium           | Keglevich Kristóf               | 8        | 11 | 10 | 7  | 17 | 17 | 40        | 1  | 17 | 5  | 0  | 38     | –        | 171 |
| Gombos Dávid       | Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium                                     | Bóbits Lilla                    | 9        | 17 | 8  | 8  | 12 | 18 | 36        | 14 | 1  | 0  | 10 | 38     | –        | 171 |

**I.a. kategória (folytatás)**

| Név:                         | Iskola:   | Felkészítő tanár:                  | Elmélet: |    |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:  |
|------------------------------|---|------------------------------------|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----------|-----|
|                              |   |                                    | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. |        |          |     |
| Együd<br>András<br>Buda      | Balassagyarmati Balassi<br>Bálint Gimnázium   | Szokolócziné<br>Gál Beáta          | 8        | 15 | 8  | 7  | 17 | 16 | 32        | 2  | 17 | 14 | 2  | 32     | —        | 170 |
| Böröczky<br>András<br>Bálint | Révai Miklós Gimnázium és<br>Kollégium  | Póheimné<br>Steininger Éva         | 9        | 17 | 8  | 8  | 7  | 18 | 36        | 4  | 14 | 4  | 3  | 40     | —        | 168 |
| Beóthy<br>András             | ELTE Apáczai Csere János<br>Gyakorló Gimnázium és<br>Kollégium  | Varga Bence                        | 9        | 16 | 8  | 7  | 17 | 18 | 32        | 9  | 5  | 6  | 0  | 40     | —        | 167 |
| Gödölle<br>Jakab             | Piarista Gimnázium  | Borzsák István<br>Mihály           | 9        | 16 | 6  | 8  | 17 | 18 | 40        | 6  | 5  | 0  | 8  | 33     | —        | 166 |
| Rancea<br>Alex-<br>Krisztián | Báthory István Elméleti<br>Líceum   | Nyitrai<br>Apollónia               | 9        | 16 | 10 | 8  | 9  | 18 | 32        | 11 | 4  | 14 | 4  | 28     | —        | 163 |
| Málovics<br>Ádám             | Keszthelyi Vajda János<br>Gimnázium   | Németh Rita                        | 10       | 15 | 8  | 9  | 14 | 17 | 32        | 1  | 15 | 7  | 5  | 29     | —        | 162 |
| Baji-Gál<br>Árpád            | Gödöllői Török Ignác<br>Gimnázium   | Kalocsai Ottó,<br>Karasz Gyöngyi   | 9        | 16 | 10 | 7  | 12 | 17 | 40        | 2  | 2  | 5  | 3  | 37     | —        | 160 |
| Derűs<br>Ádám                | Zalaegerszegi Zrínyi Miklós<br>Gimnázium  | Bóbits Lilla                       | 9        | 16 | 8  | 8  | 12 | 18 | 36        | 9  | 5  | 2  | 0  | 37     | —        | 160 |
| Kovács<br>Petra              | Budapest V. Kerületi Eötvös<br>József Gimnázium   | Matula Ilona                       | 10       | 14 | 8  | 8  | 5  | 16 | 36        | 12 | 1  | 4  | 5  | 37     | —        | 156 |
| Juhász<br>Botond             | Jurisich Miklós Gimnázium és<br>Kollégium   | Horváth<br>Krisztina               | 9        | 17 | 8  | 8  | 12 | 17 | 36        | 3  | 2  | 6  | 4  | 33     | —        | 155 |
| Mucsi<br>Zsófia              | Pécsi Janus Pannonius<br>Gimnázium  | Hegyiné Király<br>Krisztina        | 10       | 15 | 8  | 7  | 11 | 18 | 36        | 5  | 2  | 6  | 10 | 26     | —        | 154 |
| Mile<br>Balázs               | Vajda Péter Evangélikus<br>Gimnázium  | Mészárosné<br>Verók Mária          | 10       | 15 | 10 | 8  | 14 | 18 | 40        | 1  | 5  | 2  | 5  | 26     | —        | 154 |
| Bíró<br>Tamás                | Debreceni Egyetem Kossuth<br>Lajos Gyakorló Gimnáziuma<br>és Általános Iskolája                               | Muzsnay<br>Zoltánné Murai<br>Enikő | 8        | 15 | 8  | 7  | 8  | 16 | 40        | 11 | 2  | 11 | 0  | 27     | —        | 153 |
| Kardos<br>Lilla              | Pécsi Janus Pannonius<br>Gimnázium  | Hegyiné Király<br>Krisztina        | 10       | 16 | 10 | 7  | 11 | 16 | 36        | 2  | 4  | 9  | 4  | 28     | —        | 153 |
| Vigh Zalán                   | Szegedi Radnóti Miklós<br>Kísérleti Gimnázium   | Szivós Ádám                        | 9        | 13 | 10 | 7  | 17 | 16 | 36        | 5  | 1  | 4  | 1  | 31     | —        | 150 |
| Molnár<br>Hanga<br>Anna      | Mikszáth Kálmán Gimnázium<br>és Kollégium   | Nádi Zoltán                        | 10       | 15 | 10 | 9  | 17 | 15 | 28        | 1  | 7  | 0  | 0  | 35     | —        | 147 |
| Csilinkó<br>Eszter<br>Mária  | Lovassy László Gimnázium  | Szintay Gertrúd,<br>Ertli Tímea    | 10       | 12 | 10 | 9  | 15 | 17 | 32        | 2  | 0  | 11 | 3  | 26     | —        | 147 |
| Süli<br>Henrietta            | Dunaújvárosi Széchenyi<br>István Gimnázium  | Garamszeginé<br>Szűcs Ildikó       | 10       | 14 | 8  | 8  | 5  | 17 | 36        | 1  | 3  | 5  | 0  | 36     | —        | 143 |
| Rács Péter                   | Petőfi Sándor Evangélikus<br>Gimnázium, Kollégium,<br>Általános Iskola és Alapfokú<br>Művészetoktatási Iskola | Csiki Nikolett                     | 10       | 16 | 10 | 8  | 14 | 18 | 20        | 5  | 4  | 10 | 1  | 26     | —        | 142 |
| Vereb<br>Tamás<br>Péter      | Debreceni Fazekas Mihály<br>Gimnázium   | Lakatosné Tóth<br>Ildikó           | 10       | 15 | 6  | 9  | 17 | 18 | 24        | 4  | 0  | 4  | 0  | 33     | —        | 140 |

## I.a. kategória (folytatás)

| Név:                   | Iskola:   | Felkészítő tanár:                 | Elmélet: |    |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:  |
|------------------------|---|-----------------------------------|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----------|-----|
|                        |   |                                   | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. |        |          |     |
| Berta Villő            | Kecskeméti Katona József Gimnázium                | Sáróné-Jéga Szabó Irén            | 10       | 15 | 8  | 7  | 4  | 18 | 24        | 1  | 2  | 0  | 9  | 36     | —        | 134 |
| Parák Ivett            | Esztergomi Dobó Katalin Gimnázium                 | Mikolai Éva, Kis-Szölgvényi Judit | 9        | 13 | 8  | 8  | 9  | 18 | 32        | 4  | 1  | 4  | 2  | 21     | —        | 129 |
| Lambert Kristóf        | Ciszterci Szent István Gimnázium                  | Rideg Gabriella                   | 9        | 13 | 8  | 8  | 14 | 17 | 36        | 3  | 0  | 0  | 0  | 20     | —        | 128 |
| Rehák Botond László    | Tatai Református Gimnázium                        | Pozsgayné Tóth Ildikó             | 8        | 16 | 6  | 7  | 12 | 16 | 28        | 2  | 1  | 3  | 0  | 29     | —        | 128 |
| Virga Eszter           | Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium | Tóth Eszter                       | 9        | 15 | 10 | 8  | 8  | 15 | 28        | 0  | 4  | 2  | 2  | 26     | —        | 127 |
| Kakuk Mihály           | Tatabányai Árpád Gimnázium                        | Katonáné Timár Mária              | 9        | 8  | 10 | 5  | 5  | 18 | 28        | 3  | 4  | 3  | 1  | 31     | —        | 125 |
| Vatai Zalán            | Vajda Péter Evangélikus Gimnázium                 | Mészárosné Verők Mária            | 8        | 16 | 6  | 8  | 4  | 16 | 24        | 0  | 0  | 0  | 10 | 33     | —        | 125 |
| Szűcs Botond           | Németh László Gimnázium                           | Kovács Október                    | 8        | 13 | 8  | 7  | 5  | 16 | 36        | 2  | 5  | 0  | 0  | 24     | —        | 124 |
| Bíró Zsombor           | Lehel Vezér Gimnázium                             | Gubáné Kaszab Judit               | 6        | 16 | 6  | 2  | 1  | 18 | 40        | 5  | 1  | 0  | 3  | 25     | —        | 123 |
| Lestyan Lili           | Vajda Péter Evangélikus Gimnázium                 | Borzovánné Burai Julianna         | 9        | 14 | 8  | 7  | 9  | 17 | 24        | 0  | 0  | 0  | 0  | 33     | —        | 121 |
| Gyuricza Zita          | Esztergomi Dobó Katalin Gimnázium                 | Takács Anikó                      | 8        | 16 | 4  | 6  | 4  | 17 | 32        | 2  | 2  | 8  | 3  | 18     | —        | 120 |
| Surinya Ákos           | Pécsi Janus Pannonius Gimnázium                   | Hegyiné Király Krisztina          | 9        | 17 | 10 | 8  | 1  | 18 | 20        | 1  | 0  | 4  | 1  | 29     | —        | 118 |
| Sándor Zalán           | Balassagyarmati Balassi Bálint Gimnázium          | Szokolócziné Gál Beáta            | 7        | 13 | 4  | 7  | 15 | 16 | 32        | 2  | 0  | 0  | 0  | 22     | —        | 118 |
| Szabó Zsófia           | Egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium és Kollégium     | Bernátné Drávucz Ildikó           | 8        | 14 | 6  | 9  | 11 | 15 | 24        | 0  | 1  | 0  | 1  | 27     | —        | 116 |
| Kerényi Dániel Róbert  | Balassagyarmati Balassi Bálint Gimnázium          | Szokolócziné Gál Beáta            | 10       | 13 | 4  | 7  | 11 | 16 | 24        | 0  | 1  | 6  | 0  | 11     | —        | 103 |
| Dorner Sára            | Jurisich Miklós Gimnázium és Kollégium            | Horváth Krisztina                 | 9        | 13 | 6  | 8  | 1  | 16 | 28        | 0  | 1  | 0  | 0  | 19     | —        | 101 |
| Farkas Zsófia          | Selye János Gimnázium                             | Fiala Andrea                      | 6        | 16 | 8  | 7  | 11 | 11 | 16        | 2  | 0  | 0  | 0  | 22     | —        | 99  |
| Nagy Zsombor           | Vámbery Ármin Magyar Tannyelvű Gimnázium          | Karácsony Magdaléna               | 6        | 14 | 6  | 8  | 5  | 11 | 28        | 1  | 0  | 0  | 1  | 17     | —        | 97  |
| Pádár Szabolcs         | Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium               | Borbényiné Molnár Hajnalka        | 3        | 12 | 2  | 8  | 0  | 15 | 28        | 2  | 1  | 2  | 3  | 19     | —        | 95  |
| Csernyik Balázs József | Nyíregyházi Kölcsey Ferenc Gimnázium              | Bedő Éva                          | 9        | 13 | 2  | 4  | 5  | 13 | 20        | 0  | 0  | 0  | 0  | 24     | —        | 90  |
| Németh Ábel Jázon      | Jurisich Miklós Gimnázium és Kollégium            | Horváth Krisztina                 | 6        | 15 | 8  | 7  | 8  | 14 | 16        | 2  | 1  | 0  | 0  | 12     | —        | 89  |
| Farkas Brigitta        | Gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium              | Kolozsvári-Nagy Júlia             | 8        | 13 | 8  | 7  | 4  | 16 | 16        | 0  | 0  | 0  | 0  | 3      | —        | 75  |
| Kajdi Frida            | Magyar-Angol Tannyelvű Gimnázium és Kollégium     | Tófalvi Renáta                    | 6        | 5  | 6  | 7  | 5  | 10 | 12        | 0  | 1  | 0  | 0  | 1      | —        | 53  |

**I.b. kategória**

| Név:                       | Iskola:  | Felkészítő tanár:                  | Elmélet: |    |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:         |
|----------------------------|--|------------------------------------|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----------|------------|
|                            |  |                                    | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. |        |          |            |
| Péter Ádám Nimród          | Szent István Gimnázium   | Borbás Réka Szilvia                | 10       | 17 | 10 | 8  | 17 | 18 | 36        | 14 | 15 | 14 | 10 | 37     | 25       | <b>231</b> |
| Husznai Marcell Rafael     | Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma   | Petz Andrea                        | 9        | 17 | 10 | 9  | 17 | 18 | 40        | 13 | 17 | 14 | 6  | 37     | 23       | <b>230</b> |
| Solymosi Bence             | Dabasi Táncsics Mihály Gimnázium   | Baranyi Ilona                      | 10       | 17 | 10 | 8  | 17 | 18 | 40        | 13 | 17 | 14 | 10 | 36     | 18       | <b>228</b> |
| Monok Péter                | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Villányi Attila                    | 10       | 17 | 10 | 9  | 17 | 18 | 40        | 7  | 17 | 12 | 9  | 38     | 19       | <b>223</b> |
| Szabó András Sámuel        | Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium  | Kertész Róbert                     | 8        | 15 | 10 | 6  | 12 | 17 | 44        | 14 | 17 | 8  | 10 | 39     | —        | <b>200</b> |
| Zámbó Luca                 | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Villányi Attila                    | 10       | 16 | 10 | 8  | 17 | 18 | 44        | 12 | 17 | 9  | 6  | 32     | —        | <b>199</b> |
| Mohácsi Panna              | Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium   | Homoki Árpád                       | 9        | 17 | 10 | 8  | 14 | 18 | 40        | 14 | 17 | 8  | 6  | 32     | —        | <b>193</b> |
| Gyúri Emma                 | Szent István Gimnázium   | Borbás Réka Szilvia, Miklós Zoltán | 9        | 16 | 10 | 9  | 17 | 18 | 40        | 14 | 4  | 9  | 9  | 37     | —        | <b>192</b> |
| Csipkó Hanga Zoé           | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Villányi Attila                    | 9        | 16 | 10 | 7  | 17 | 18 | 44        | 7  | 9  | 7  | 10 | 34     | —        | <b>188</b> |
| Gasz Márton                | Pécsi Ledőwey Klára Gimnázium  | Szerémy Katalin                    | 9        | 16 | 8  | 7  | 17 | 18 | 32        | 12 | 17 | 3  | 6  | 35     | —        | <b>180</b> |
| Rumbus Zoltán              | Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola | Göbl László                        | 8        | 16 | 10 | 7  | 11 | 17 | 40        | 14 | 2  | 6  | 8  | 39     | —        | <b>178</b> |
| Magyari-Havas Balázs Gábor | Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola | Göbl László                        | 8        | 16 | 8  | 8  | 8  | 18 | 40        | 4  | 12 | 14 | 3  | 38     | —        | <b>177</b> |
| Susán Rebeka               | Berzsenyi Dániel Gimnázium   | Dobóné Tarai Éva                   | 10       | 17 | 10 | 7  | 17 | 17 | 36        | 10 | 2  | 9  | 10 | 31     | —        | <b>176</b> |
| Gyurján Lujza              | Földes Ferenc Gimnázium  | Fóris Tímea                        | 9        | 16 | 10 | 8  | 12 | 18 | 36        | 11 | 16 | 8  | 5  | 27     | —        | <b>176</b> |
| Friedmanszki Máté          | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium  | Pöheimné Steininger Éva            | 6        | 15 | 10 | 8  | 14 | 18 | 36        | 5  | 12 | 5  | 10 | 37     | —        | <b>176</b> |
| Konkoly Zoltán             | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Villányi Attila                    | 10       | 12 | 10 | 8  | 10 | 18 | 32        | 10 | 17 | 8  | 4  | 35     | —        | <b>174</b> |
| Tóth Hanga Katalin         | Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium  | Reiterné Makra Zsuzsanna           | 9        | 15 | 10 | 9  | 11 | 17 | 32        | 10 | 4  | 14 | 3  | 37     | —        | <b>171</b> |



## I.b. kategória (folytatás)

| Név:                     | Iskola:  | Felkészítő tanár:                        | Elmélet: |    |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:         |
|--------------------------|--|--|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----------|------------|
|                          |  |  | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. |        |          |            |
| Heizer Panna             | Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium                        | Pető Szabolcs, Reiternek Makra Zsuzsanna | 9        | 17 | 8  | 8  | 10 | 18 | 32        | 3  | 0  | 3  | 5  | 37     | –        | <b>150</b> |
| Ilyés Jázmin             | Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium                      | Kertész Róbert                           | 9        | 16 | 10 | 7  | 15 | 16 | 36        | 3  | 2  | 1  | 3  | 30     | –        | <b>148</b> |
| Hüvelyes András          | Egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium és Kollégium            | Bernátné Drávcuz Ildikó, Kakuk Éva       | 9        | 15 | 8  | 0  | 4  | 18 | 44        | 10 | 0  | 4  | 0  | 33     | –        | <b>145</b> |
| Kiss Gréta               | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium               | Csúri Péter                              | 7        | 14 | 10 | 4  | 5  | 16 | 36        | 12 | 3  | 7  | 5  | 25     | –        | <b>144</b> |
| Cseh Alíz                | Tóth Árpád Gimnázium                                     | Hotziné Pócsi Anikó                      | 10       | 16 | 4  | 8  | 4  | 15 | 36        | 5  | 3  | 2  | 3  | 36     | –        | <b>142</b> |
| Töttös Maja              | Földes Ferenc Gimnázium                                  | Fóris Tímea                              | 7        | 15 | 10 | 8  | 12 | 18 | 32        | 1  | 2  | 4  | 4  | 27     | –        | <b>140</b> |
| Nagy Zsuzsanna           | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium               | Csúri Péter                              | 9        | 17 | 10 | 8  | 11 | 18 | 20        | 1  | 3  | 3  | 5  | 35     | –        | <b>140</b> |
| Demeter Fanni            | Tóth Árpád Gimnázium                                     | Surányi László                           | 7        | 16 | 8  | 8  | 7  | 14 | 36        | 0  | 5  | 3  | 0  | 35     | –        | <b>139</b> |
| Kádas Olivér             | Földes Ferenc Gimnázium                                  | Fóris Tímea                              | 6        | 14 | 10 | 6  | 12 | 17 | 32        | 8  | 5  | 0  | 10 | 18     | –        | <b>138</b> |
| Köhler Milán             | Kecskeméti Református Gimnázium                          | Sápi Anikó, Tóth Imre                    | 10       | 16 | 10 | 7  | 14 | 17 | 24        | 5  | 0  | 0  | 0  | 32     | –        | <b>135</b> |
| Szabó Áron               | Egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium és Kollégium            | Kakuk Éva                                | 5        | 14 | 6  | 2  | 7  | 16 | 32        | 2  | 2  | 10 | 8  | 29     | –        | <b>133</b> |
| Molnár Emma Edina        | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium               | Csúri Péter                              | 7        | 12 | 6  | 7  | 3  | 16 | 28        | 5  | 2  | 3  | 6  | 37     | –        | <b>132</b> |
| Föld Milán               | Batthyány Lajos Gimnázium                                | Csörgicsné Balogh Edit                   | 8        | 14 | 8  | 7  | 3  | 16 | 32        | 2  | 2  | 0  | 0  | 38     | –        | <b>130</b> |
| Farkas Péter             | Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium        | Machnikné Széplaki Tünde                 | 10       | 13 | 10 | 8  | 15 | 18 | 40        | 2  | 0  | 1  | 3  | 9      | –        | <b>129</b> |
| Gégény Márk              | Kalocsai Szent István Gimnázium                          | Hajduné Dienes Szilvia                   | 6        | 10 | 8  | 8  | 12 | 18 | 36        | 3  | 3  | 1  | 2  | 22     | –        | <b>129</b> |
| Budai Anna               | Verseghy Ferenc Gimnázium                                | Balázs Zsuzsanna                         | 8        | 13 | 6  | 8  | 6  | 17 | 20        | 2  | 1  | 5  | 8  | 31     | –        | <b>125</b> |
| Vinkelbauer Ákos         | ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium | Füzesi István                            | 8        | 16 | 6  | 7  | 4  | 16 | 28        | 5  | 1  | 4  | 10 | 18     | –        | <b>123</b> |
| Margaras Karla Mirabella | Varga Katalin Gimnázium                                  | Balogh Béla                              | 9        | 15 | 6  | 7  | 15 | 17 | 16        | 1  | 0  | 4  | 2  | 21     | –        | <b>113</b> |
| Misota Edit Renáta       | Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium          | Francziszi László                        | 8        | 15 | 6  | 7  | 13 | 12 | 24        | 1  | 0  | 0  | 2  | 20     | –        | <b>108</b> |
| Alzubi Alhasan           | Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium          | Francziszi László                        | 6        | 9  | 4  | 0  | 8  | 12 | 24        | 2  | 1  | 0  | 0  | 22     | –        | <b>88</b>  |
| Pintér Netta             | Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium          | Francziszi László                        | 9        | 13 | 2  | 8  | 1  | 11 | 24        | 2  | 1  | 1  | 0  | 11     | –        | <b>83</b>  |

**I.c. kategória**

| Név:                   | Iskola:   | Felkészítő tanár:         | Elmélet: |    |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:         |
|------------------------|---|---------------------------|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|--------|----------|------------|
|                        |   |                           | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. |        |          |            |
| Bodó Ákos              | Debreceni Szakképzési Centrum Vegyipari Technikum                       | Feketéné Kiss Judit       | 8        | 15 | 6  | 7  | 11 | 18 | 44        | 5  | 1  | 1  | 6  | 37     | 22       | <b>181</b> |
| Füzy András Dávid      | BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum                        | Barabás Gergő             | 10       | 15 | 8  | 7  | 17 | 18 | 28        | 6  | 0  | 5  | 3  | 39     | 23       | <b>179</b> |
| Géczi Tamás            | BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum                        | Barabás Gergő             | 7        | 14 | 4  | 6  | 7  | 14 | 28        | 2  | 0  | 0  | 6  | 32     | –        | <b>120</b> |
| Laczkovszki Zoé        | Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium | Fábiánné Kőszegi Erzsébet | 7        | 16 | 6  | 8  | 6  | 18 | 20        | 2  | 8  | 0  | 2  | 23     | –        | <b>116</b> |
| Akale Henrik Olushegun | BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum                        | Barabás Gergő             | 8        | 16 | 4  | 7  | 12 | 14 | 12        | 2  | 0  | 0  | 0  | 37     | –        | <b>112</b> |

**II.a. kategória**

| Név:               | Iskola:   | Felkészítő tanár:          | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:         |
|--------------------|---|----------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|--------|----------|------------|
|                    |   |                            | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |        |          |            |
| Erdélyi Kata       | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium         | Albert Attila              | 12       | 25 | 17 | 12 | 10 | 36        | 14 | 11 | 11 | 17 | 12 | 40     | 25       | <b>242</b> |
| Csitári Dávid      | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium         | Albert Attila              | 10       | 24 | 17 | 12 | 9  | 36        | 14 | 6  | 11 | 15 | 11 | 40     | 22       | <b>227</b> |
| Gáspár Réka        | Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium | Berek László, Mocsári Nóra | 10       | 24 | 15 | 7  | 10 | 36        | 14 | 11 | 11 | 17 | 11 | 39     | 20       | <b>225</b> |
| Darázs Anna        | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium                                     | Csatóné Zsámbéky Ildikó    | 10       | 22 | 17 | 11 | 9  | 24        | 14 | 10 | 11 | 17 | 5  | 40     | –        | <b>190</b> |
| Tusnád Sámuel      | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium         | Albert Attila              | 12       | 25 | 15 | 12 | 10 | 36        | 14 | 9  | 11 | 0  | 5  | 40     | –        | <b>189</b> |
| Ujpál Bálint       | Miskolci Herman Ottó Gimnázium  | Molnár Krisztina           | 10       | 21 | 18 | 12 | 9  | 32        | 14 | 11 | 11 | 6  | 6  | 39     | –        | <b>189</b> |
| Tran Huyen Ly Teri | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium         | Albert Attila              | 10       | 22 | 14 | 9  | 8  | 32        | 14 | 11 | 8  | 17 | 2  | 40     | –        | <b>187</b> |

## II.a. kategória (folytatás)

| Név:               | Iskola:   | Felkészítő tanár:                  | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |     |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:           |
|--------------------|---|------------------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|-----|----|----|--------|----------|--------------|
|                    |   |                                    | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4.  | 5. | 6. |        |          |              |
| Szilágyi Barnabás  | Pannonhalmi Bencés Gimnázium és Szakkollégium                   | Drozdiák Attila                    | 10       | 25 | 16 | 12 | 10 | 32        | 14 | 7  | 11  | 0  | 6  | 39,5   | –        | <b>182,5</b> |
| Bogár Balázs       | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium | Albert Attila                      | 12       | 24 | 11 | 12 | 10 | 28        | 14 | 11 | 11  | 4  | 5  | 40     | –        | <b>182</b>   |
| Jánosik Jázmin     | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium                             | Csatóné Zsámbéky Ildikó            | 8        | 22 | 18 | 11 | 8  | 20        | 14 | 11 | 11  | 17 | 3  | 38     | –        | <b>181</b>   |
| Szabó Donát        | Miskolci Herman Ottó Gimnázium                                  | Molnár Krisztina                   | 8        | 23 | 17 | 8  | 10 | 32        | 14 | 9  | 11  | 0  | 8  | 40     | –        | <b>180</b>   |
| Iván Máté Domonkos | Miskolci Herman Ottó Gimnázium                                  | Molnár Krisztina                   | 8        | 20 | 15 | 11 | 8  | 32        | 14 | 10 | 7   | 0  | 4  | 40     | –        | <b>169</b>   |
| Masa Barnabás      | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium                      | Szivós Ádám                        | 6        | 25 | 14 | 8  | 10 | 24        | 14 | 5  | 11  | 2  | 11 | 37     | –        | <b>167</b>   |
| Kovács Marcell     | Szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium                               | Márkus Teréz                       | 8        | 24 | 11 | 11 | 9  | 28        | 14 | 11 | 3,5 | 0  | 4  | 40     | –        | <b>163,5</b> |
| Rudnas Noel Norman | Uzoni Péter Gimnázium és Általános Iskola                       | Gyöngyösi István Tamásné           | 10       | 24 | 10 | 11 | 9  | 24        | 14 | 6  | 11  | 0  | 1  | 39,5   | –        | <b>159,5</b> |
| Klement Tamás      | Pécsi Leőwey Klára Gimnázium                                    | Lajos Lilla                        | 10       | 20 | 7  | 12 | 9  | 24        | 14 | 10 | 3,5 | 0  | 11 | 39     | –        | <b>159,5</b> |
| Király Tamás Gábor | Kölcsey Ferenc Főgimnázium                                      | Átyim Erzsébet                     | 10       | 20 | 5  | 11 | 9  | 28        | 14 | 3  | 7   | 3  | 5  | 39     | –        | <b>154</b>   |
| Forrai Balázs      | Ciszterci Szent István Gimnázium                                | Takácsné Kovács Anikó              | 8        | 17 | 11 | 11 | 10 | 36        | 14 | 1  | 11  | 17 | 4  | 12     | –        | <b>152</b>   |
| Képes Botond       | Tatai Református Gimnázium                                      | Pozsgayné Tóth Ildikó              | 10       | 22 | 12 | 11 | 10 | 32        | 14 | 1  | 4   | 0  | 0  | 35,5   | –        | <b>151,5</b> |
| Iván Áron          | Révai Miklós Gimnázium és Kollégium                             | Csatóné Zsámbéky Ildikó            | 10       | 15 | 13 | 0  | 9  | 24        | 14 | 11 | 11  | 3  | 1  | 40     | –        | <b>151</b>   |
| Mészáros Aletta    | Eötvös József Gimnázium és Kollégium                            | Szeidemann Ákos, Magyar Csabáné    | 10       | 15 | 5  | 12 | 8  | 20        | 14 | 10 | 7   | 0  | 5  | 39,5   | –        | <b>145,5</b> |
| Földi Albert       | Varga Katalin Gimnázium   | Balogh Béla                        | 6        | 22 | 11 | 11 | 9  | 24        | 14 | 8  | 7   | 3  | 4  | 25     | –        | <b>144</b>   |
| Gyenis Márkó       | Bajai III. Béla Gimnázium                                       | Karagity István József             | 8        | 20 | 11 | 11 | 8  | 28        | 4  | 6  | 8   | 2  | 0  | 37     | –        | <b>143</b>   |
| Haramza Hunor      | Mohácsi Kisfaludy Károly Gimnázium                              | Papp Csaba, Sinkóné Erdősi Gyöngyi | 10       | 24 | 7  | 11 | 8  | 32        | 0  | 10 | 0   | 14 | 0  | 26     | –        | <b>142</b>   |
| Varga Balázs       | Miskolci Herman Ottó Gimnázium                                  | Molnár Krisztina                   | 4        | 21 | 15 | 11 | 9  | 28        | 0  | 9  | 0   | 0  | 10 | 32     | –        | <b>139</b>   |

**II.a. kategória (folytatás)**

| Név:                 | Iskola:   | Felkészítő tanár:                | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |     |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:           |
|----------------------|---|----------------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|-----|----|----|--------|----------|--------------|
|                      |   |                                  | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4.  | 5. | 6. |        |          |              |
| Tótság Artúr-Emil    | János Zsigmond Unitárius Kollégium                | Péter Rozália                    | 10       | 22 | 3  | 11 | 9  | 24        | 14 | 0  | 1   | 2  | 5  | 34,5   | –        | <b>135,5</b> |
| Vitos Bendegúz       | Márton Áron Főgimnázium                           | Oltean Éva                       | 8        | 20 | 15 | 11 | 10 | 16        | 14 | 3  | 2   | 0  | 0  | 36,5   | –        | <b>135,5</b> |
| Ihász Bertalan       | Lovassy László Gimnázium                          | Bertha Ágnes Mónika, Ertli Tímea | 6        | 16 | 9  | 12 | 9  | 24        | 11 | 3  | 2   | 9  | 1  | 27     | –        | <b>129</b>   |
| Kovács Eszter Tamara | Lehel Vezér Gimnázium                             | Kiss Beáta                       | 6        | 18 | 5  | 11 | 8  | 20        | 14 | 2  | 4   | 0  | 2  | 38,5   | –        | <b>128,5</b> |
| Nagy Benedek Márk    | Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium             | Egyedné Krizmanics Ildikó        | 10       | 17 | 8  | 7  | 9  | 24        | 11 | 0  | 1   | 0  | 10 | 22,5   | –        | <b>119,5</b> |
| Ötvös Janka          | Kőrösi Csoma Sándor Református Gimnázium          | Molnár Imréné                    | 8        | 14 | 7  | 11 | 9  | 20        | 3  | 2  | 2,5 | 0  | 0  | 38     | –        | <b>114,5</b> |
| Faur Blanka          | Márton Áron Főgimnázium                           | Oltean Éva                       | 6        | 19 | 0  | 10 | 8  | 24        | 8  | 9  | 1   | 3  | 2  | 24,5   | –        | <b>114,5</b> |
| Palotás Kitti Nóra   | Nyíregyházi Zrínyi Ilona Gimnázium és Kollégium   | Tündik Tamás                     | 4        | 0  | 12 | 12 | 10 | 24        | 14 | 1  | 5,5 | 0  | 2  | 20     | –        | <b>104,5</b> |
| Máté Félix Ferenc    | Silvania Főgimnázium                              | Mátyás Éva                       | 2        | 13 | 0  | 11 | 8  | 24        | 8  | 6  | 2   | 0  | 2  | 28,5   | –        | <b>104,5</b> |
| Renácz József        | Lovassy László Gimnázium                          | Bertha Ágnes Mónika, Ertli Tímea | 8        | 21 | 9  | 0  | 6  | 20        | 14 | 0  | 0   | 0  | 0  | 25     | –        | <b>103</b>   |
| Nagy Veronika        | Neumann János Gimnázium Technikum és Kollégium    | Verébné Sós Györgyi              | 6        | 13 | 3  | 11 | 10 | 20        | 0  | 1  | 0   | 3  | 0  | 36     | –        | <b>103</b>   |
| Nagy Eszter          | Szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium                 | Márkus Teréz                     | 4        | 13 | 6  | 8  | 9  | 16        | 2  | 0  | 0   | 0  | 3  | 39     | –        | <b>100</b>   |
| Wrana Ákos           | Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium             | Egyedné Krizmanics Ildikó        | 4        | 19 | 9  | 12 | 9  | 20        | 0  | 1  | 1   | 0  | 0  | 15,5   | –        | <b>90,5</b>  |
| Kovács Tamás         | Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium | Tóth Eszter                      | 2        | 18 | 5  | 11 | 10 | 12        | 5  | 0  | 2   | 0  | 0  | 24     | –        | <b>89</b>    |
| Vranyecz Anna Judit  | Lovassy László Gimnázium                          | Bertha Ágnes Mónika, Ertli Tímea | 8        | 22 | 2  | 12 | 8  | 16        | 0  | 0  | 1   | 0  | 1  | 18,5   | –        | <b>88,5</b>  |
| Benes András         | Selye János Gimnázium                             | Fiala Andrea                     | 0        | 17 | 0  | 11 | 8  | 20        | 0  | 4  | 0   | 0  | 0  | 17     | –        | <b>77</b>    |

## II.b/1. kategória

| Név:               | Iskola:   | Felkészítő tanár:  | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:           |
|--------------------|---|--|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|--------|----------|--------------|
|                    |   |  | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |        |          |              |
| Liu Jiazong        | Szent István Gimnázium  | Miklós Zoltán, Borbás Réka Szilvia, Formanné Kiss Andrea | 12       | 25 | 18 | 11 | 10 | 32        | 14 | 10 | 10 | 17 | 10 | 38     | 23       | <b>230</b>   |
| Nagy-Szentesi Máté | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium   | Varga Bence  | 12       | 24 | 18 | 11 | 10 | 32        | 14 | 6  | 11 | 17 | 8  | 40     | 23       | <b>226</b>   |
| Bíró Bence Fülöp   | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium                                       | Albert Attila  | 12       | 25 | 17 | 11 | 10 | 28        | 14 | 11 | 11 | 15 | 12 | 39,5   | 20       | <b>225,5</b> |
| Arató Attila Gergő | Pécsi Janus Pannonius Gimnázium   | Hegyiné Király Krisztina                                 | 10       | 22 | 20 | 11 | 10 | 24        | 14 | 11 | 11 | 17 | 9  | 36     | –        | <b>195</b>   |
| Csomai Zsófia Rozi | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium   | Varga Bence  | 12       | 22 | 17 | 11 | 10 | 32        | 14 | 11 | 11 | 10 | 5  | 39,5   | –        | <b>194,5</b> |
| Németh Samu        | Péterfy Sándor Evangélikus Gimnázium, Általános Iskola, Óvoda, Alapfokú Művészeti Iskola és Kollégium | Győryné Timár Henriette                                  | 6        | 24 | 19 | 12 | 10 | 28        | 6  | 11 | 11 | 15 | 10 | 39,5   | –        | <b>191,5</b> |
| Marofka Ferenc     | Ceglédi Kossuth Lajos Gimnázium   | Dudás Erna, Kemenczei Gábor                              | 4        | 22 | 15 | 12 | 8  | 32        | 14 | 3  | 8  | 17 | 11 | 39     | –        | <b>185</b>   |
| Németh Marcell     | Pécsi Janus Pannonius Gimnázium   | Hegyiné Király Krisztina                                 | 10       | 20 | 14 | 11 | 8  | 24        | 14 | 9  | 11 | 17 | 4  | 39,5   | –        | <b>181,5</b> |
| Surányi Gergő      | Budapest V. Kerületi Eötvös József Gimnázium  | Tóthné Tarsoly Zita                                      | 8        | 25 | 17 | 12 | 9  | 24        | 14 | 11 | 11 | 3  | 4  | 39,5   | –        | <b>177,5</b> |
| John Balázs        | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium                                       | Albert Attila  | 10       | 24 | 17 | 11 | 9  | 28        | 14 | 9  | 5  | 3  | 7  | 40     | –        | <b>177</b>   |
| Hodics Júlia       | Kaposvári Munkácsy Mihály Gimnázium   | Ábrahámné Csákányi Ildikó                                | 10       | 24 | 15 | 12 | 9  | 32        | 12 | 8  | 11 | 3  | 0  | 39     | –        | <b>175</b>   |
| Bodor Zétény       | Földes Ferenc Gimnázium   | Endrész Gyöngyi  | 8        | 23 | 12 | 11 | 9  | 32        | 14 | 10 | 8  | 2  | 4  | 35,5   | –        | <b>168,5</b> |
| Kun Zoltán Zebulon | Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium                                       | Albert Attila  | 12       | 22 | 17 | 12 | 10 | 24        | 14 | 9  | 7  | 0  | 0  | 40     | –        | <b>167</b>   |

**II.b/1. kategória (folytatás)**

| Név:              | Iskola:  | Felkészítő tanár:            | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |    |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:           |
|-------------------|--|------------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|--------|----------|--------------|
|                   |  |                              | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |        |          |              |
| Maczonkai Nóra    | Pécsi Janus Pannonius Gimnázium  | Hegyiné Király Krisztina     | 10       | 21 | 6  | 11 | 10 | 28        | 14 | 9  | 11 | 2  | 5  | 38,5   | –        | <b>165,5</b> |
| Réthelyi Klára    | Budapest V. Kerületi Eötvös József Gimnázium   | Tóthné Tarsoly Zita          | 12       | 23 | 9  | 7  | 9  | 24        | 12 | 11 | 8  | 7  | 1  | 40     | –        | <b>163</b>   |
| Ódor Máté         | Kaposvári Munkácsy Mihály Gimnázium  | Ábrahámné Csákányi Ildikó    | 8        | 15 | 10 | 9  | 9  | 28        | 7  | 5  | 8  | 4  | 6  | 36     | –        | <b>145</b>   |
| Prinz Hanga       | Ceglédi Kossuth Lajos Gimnázium  | Dudás Erna, Kemenczei Gábor  | 2        | 8  | 7  | 7  | 10 | 24        | 14 | 3  | 9  | 17 | 3  | 40     | –        | <b>144</b>   |
| Csirmaz Áron      | Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium   | Sinyiné Kővári Györgyi Mária | 8        | 22 | 6  | 10 | 8  | 16        | 14 | 3  | 9  | 3  | 7  | 37,5   | –        | <b>143,5</b> |
| Machlik Míra      | Pécsi Janus Pannonius Gimnázium  | Hegyiné Király Krisztina     | 4        | 21 | 6  | 11 | 7  | 20        | 1  | 4  | 11 | 2  | 4  | 34,5   | –        | <b>125,5</b> |
| Kovács Klára      | Debreceni Református Kollégium Dóczy Gimnáziuma  | Bárány Zsolt Béla            | 10       | 21 | 0  | 12 | 8  | 24        | 0  | 2  | 0  | 0  | 6  | 38     | –        | <b>121</b>   |
| Tokai Zalán Lajos | Dunaújvárosi Széchenyi István Gimnázium  | Fekete Zoltán                | 6        | 22 | 12 | 0  | 10 | 24        | 0  | 5  | 4  | 17 | 0  | 19     | –        | <b>119</b>   |
| Húdvágner Márton  | Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola | Csiki Nikolett               | 6        | 21 | 4  | 0  | 10 | 24        | 0  | 2  | 3  | 1  | 3  | 38,5   | –        | <b>112,5</b> |
| Péter Hanna       | Ráckevei Ady Endre Gimnázium   | Békésné Balázs Edit          | 6        | 17 | 15 | 12 | 10 | 8         | 0  | 3  | 1  | 0  | 2  | 38     | –        | <b>112</b>   |
| Schwarcz Péter    | Székesfehérvári Teleki Blanka Gimnázium és Általános Iskola  | Hegy Ágnes                   | 8        | 16 | 9  | 9  | 8  | 24        | 6  | 4  | 1  | 0  | 1  | 22     | –        | <b>108</b>   |
| Elek Ádám         | Vámbery Ármin Magyar Tannyelvű Gimnázium   | Karácsony Magdaléna          | 6        | 14 | 6  | 12 | 10 | 16        | 3  | 0  | 0  | 0  | 5  | 31,5   | –        | <b>103,5</b> |

## II.b/2. kategória

| Név:                      | Iskola:  | Felkészítő tanár:             | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |     |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:    |
|---------------------------|--|-------------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|-----|----|----|--------|----------|-------|
|                           |  |                               | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4.  | 5. | 6. |        |          |       |
| Viczko Csaba              | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Sebő Péter, Villányi Attila   | 12       | 25 | 15 | 12 | 10 | 36        | 14 | 11 | 11  | 17 | 9  | 40     | 25       | 237   |
| Barta Péter               | Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium   | Lakatosné Tóth Ildikó         | 12       | 25 | 17 | 11 | 9  | 32        | 14 | 11 | 11  | 17 | 11 | 39,5   | 17       | 226,5 |
| Böszörményi Bánk          | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Sebő Péter                    | 10       | 25 | 15 | 11 | 9  | 32        | 14 | 9  | 11  | 15 | 11 | 40     | —        | 202   |
| Kaleta Viktória           | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Sebő Péter                    | 8        | 21 | 17 | 11 | 9  | 32        | 14 | 10 | 11  | 15 | 6  | 38     | —        | 192   |
| Orliczki Bettina          | Tóth Árpád Gimnázium   | Várallyainé Balázs Judit      | 10       | 25 | 14 | 11 | 9  | 32        | 14 | 8  | 9   | 17 | 0  | 40     | —        | 189   |
| Nagy Dávid                | Földes Ferenc Gimnázium  | Fóris Tímea                   | 10       | 21 | 15 | 12 | 9  | 32        | 14 | 9  | 11  | 8  | 8  | 35     | —        | 184   |
| Hashemi Nasab Seyed Parsa | Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola | Göbl László                   | 10       | 23 | 12 | 11 | 9  | 24        | 14 | 11 | 11  | 9  | 6  | 38     | —        | 178   |
| Sirkó Regő                | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium   | Kiss László, Csúri Péter      | 10       | 23 | 15 | 6  | 10 | 28        | 14 | 5  | 3   | 13 | 9  | 40     | —        | 176   |
| Kiss Boldizsár            | Berzsényi Dániel Gimnázium   | Dobóné Tarai Éva              | 10       | 25 | 11 | 11 | 9  | 32        | 14 | 5  | 10  | 11 | 6  | 25     | —        | 169   |
| Székesdi Fanni            | Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium  | Labancz István                | 10       | 24 | 15 | 12 | 9  | 24        | 11 | 0  | 11  | 0  | 11 | 38,5   | —        | 165,5 |
| Káldy Fruzsina            | ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium   | Szabó Bence Farkas            | 10       | 19 | 16 | 11 | 9  | 24        | 14 | 6  | 11  | 0  | 5  | 39,5   | —        | 164,5 |
| Németh Mátyás             | Eötvös József Gimnázium és Kollégium   | Pataki Zsuzsanna              | 10       | 23 | 9  | 11 | 9  | 28        | 14 | 6  | 11  | 0  | 11 | 30     | —        | 162   |
| Merse Zsófia              | Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium  | Kertészné Bagi Beatrix Csilla | 10       | 22 | 17 | 9  | 10 | 32        | 0  | 11 | 5   | 1  | 6  | 37     | —        | 160   |
| Mágocs-Bahur Szenté       | Földes Ferenc Gimnázium  | Endrész Gyöngyi               | 8        | 23 | 7  | 6  | 9  | 28        | 14 | 7  | 10  | 0  | 8  | 39     | —        | 159   |
| Homolya Zsombor           | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium   | Kiss László, Csúri Péter      | 6        | 24 | 14 | 12 | 8  | 32        | 9  | 7  | 3,5 | 0  | 6  | 37     | —        | 158,5 |
| Kovács Veronika           | ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium  | Sebő Péter                    | 8        | 23 | 13 | 11 | 8  | 28        | 14 | 11 | 1   | 0  | 1  | 39,5   | —        | 157,5 |

**II.b/2. kategória (folytatás)**

| Név:             | Iskola:  | Felkészítő tanár:             | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |     |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:           |
|------------------|--|-------------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|-----|----|----|--------|----------|--------------|
|                  |  |                               | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4.  | 5. | 6. |        |          |              |
| Éliás Bálint     | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium   | Kiss László, Csúri Péter      | 12       | 21 | 10 | 12 | 10 | 16        | 0  | 11 | 10  | 6  | 11 | 38     | –        | <b>157</b>   |
| Kutas Katalin    | Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma   | Jánosi László                 | 10       | 19 | 14 | 12 | 9  | 16        | 14 | 9  | 10  | 2  | 6  | 35,5   | –        | <b>156,5</b> |
| Csányi Vilmos    | Kecskeméti Református Gimnázium  | Tóth Imre                     | 8        | 22 | 6  | 12 | 9  | 28        | 8  | 10 | 10  | 3  | 3  | 37     | –        | <b>156</b>   |
| Mader Anna Márta | Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium   | Kiss László, Csúri Péter      | 10       | 15 | 14 | 12 | 9  | 24        | 14 | 3  | 10  | 0  | 5  | 38     | –        | <b>154</b>   |
| Fazekas Levente  | Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium  | Labancz István                | 8        | 25 | 13 | 10 | 9  | 28        | 10 | 7  | 8   | 0  | 4  | 30     | –        | <b>152</b>   |
| Hunyadi Máté     | Tóth Árpád Gimnázium   | Várallyainé Balázs Judit      | 4        | 22 | 10 | 11 | 9  | 32        | 8  | 8  | 11  | 1  | 1  | 32     | –        | <b>149</b>   |
| Nagy Levente     | Kecskeméti Katona József Gimnázium   | Tóth Zsolt                    | 6        | 22 | 14 | 4  | 10 | 20        | 13 | 0  | 7   | 1  | 6  | 39     | –        | <b>142</b>   |
| Kishalmi András  | Eötvös József Gimnázium és Kollégium   | Pataki Zsuzsanna              | 8        | 21 | 9  | 12 | 10 | 28        | 14 | 0  | 9   | 0  | 3  | 25,5   | –        | <b>139,5</b> |
| Gyetvai Patrícia | Hatvani Bajza József Gimnázium   | Illésné Törő Melinda          | 6        | 21 | 11 | 12 | 9  | 20        | 14 | 3  | 8   | 0  | 3  | 28,5   | –        | <b>135,5</b> |
| Sásdi Ambrus     | Dabasi Táncsics Mihály Gimnázium   | Baranyi Ilona                 | 10       | 21 | 7  | 12 | 9  | 24        | 11 | 0  | 4   | 0  | 4  | 33,5   | –        | <b>135,5</b> |
| Berényi Dénes    | Keszthelyi Vajda János Gimnázium   | Szabó Péter                   | 8        | 25 | 10 | 9  | 9  | 24        | 14 | 3  | 8   | 0  | 3  | 21,5   | –        | <b>134,5</b> |
| Révész Kolos     | Kecskeméti Református Gimnázium  | Tóth Imre                     | 10       | 21 | 11 | 8  | 9  | 16        | 14 | 3  | 4   | 2  | 0  | 34     | –        | <b>132</b>   |
| Rác Áron         | Hatvani Bajza József Gimnázium   | Illésné Törő Melinda          | 10       | 21 | 12 | 11 | 10 | 24        | 0  | 4  | 0   | 0  | 0  | 36,5   | –        | <b>128,5</b> |
| Schádl Szilárd   | Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium  | Kertészné Bagi Beatrix Csilla | 8        | 21 | 13 | 11 | 7  | 16        | 2  | 3  | 1   | 0  | 4  | 34,5   | –        | <b>120,5</b> |
| Csupor Dániel    | Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola | Göbl László                   | 6        | 20 | 3  | 0  | 7  | 28        | 3  | 5  | 6   | 0  | 6  | 34,5   | –        | <b>118,5</b> |
| Kovács Mátás     | Berzsenyi Dániel Evangélikus (Líceum) Gimnázium és Kollégium   | Győre Henriette               | 6        | 14 | 7  | 10 | 9  | 16        | 14 | 3  | 1   | 2  | 3  | 33     | –        | <b>118</b>   |
| Kajtár Réka Anna | Varga Katalin Gimnázium  | Kedves Mónika                 | 8        | 11 | 9  | 11 | 9  | 20        | 11 | 0  | 2,5 | 0  | 4  | 32,5   | –        | <b>118</b>   |
| Jóó Zoltán Erik  | Verseghy Ferenc Gimnázium  | Balázs Zsuzsanna              | 10       | 19 | 3  | 11 | 8  | 16        | 8  | 0  | 0   | 0  | 3  | 35     | –        | <b>113</b>   |



**II.b/2. kategória (folytatás)**

| Név:            | Iskola:   | Felkészítő tanár:        | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |     |    |     | Labor: | Szóbeli:    | Σ:           |
|-----------------|---|--------------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|-----|----|-----|--------|-------------|--------------|
|                 |   |                          | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4.  | 5. | 6.  |        |             |              |
| Farkas Laura    | Váci Madách Imre Gimnázium                        | Péntek Attiláné          | 6        | 17 | 4  | 11 | 10 | 16        | 2  | 0  | 3   | 0  | 4   | 39,5   | –           | <b>112,5</b> |
| Dienes Benedek  | Földes Ferenc Gimnázium                           | Endrész Gyöngyi          | 10       | 24 | 2  | 11 | 8  | 20        | 0  | 0  | 0   | 0  | 32  | –      | <b>107</b>  |              |
| Takács Klára    | Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium | Machnikné Széplaki Tünde | 8        | 16 | 3  | 11 | 9  | 28        | 6  | 0  | 2   | 0  | 6   | 15,5   | –           | <b>104,5</b> |
| Jankovics Gábor | Földes Ferenc Gimnázium                           | Fóris Tímea              | 6        | 20 | 6  | 11 | 7  | 16        | 0  | 2  | 0   | 0  | 36  | –      | <b>104</b>  |              |
| Kiss Boldizsár  | Szekszárdi Garay János Gimnázium                  | Kovács Attila            | 4        | 15 | 5  | 11 | 7  | 12        | 1  | 1  | 2,5 | 1  | 3   | 39     | –           | <b>101,5</b> |
| Régi Emese      | Szekszárdi Garay János Gimnázium                  | Kovács Attila            | 6        | 14 | 4  | 11 | 8  | 16        | 0  | 1  | 0   | 3  | 35  | –      | <b>98</b>   |              |
| Kacsári Benedek | Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium | Machnikné Széplaki Tünde | 2        | 20 | 5  | 10 | 6  | 32        | 2  | 2  | 0   | 1  | 2   | 15,5   | –           | <b>97,5</b>  |
| Kvak Dávid      | Tóparti Gimnázium és Művészeti Szakgimnázium      | Fischer Katalin Emese    | 4        | 22 | 6  | 4  | 8  | 20        | 0  | 0  | 0   | 0  | 1   | 21     | –           | <b>86</b>    |
| Csesznok Balázs | Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium   | Franciszti László        | 6        | 20 | 6  | 11 | 8  | 12        | 2  | 0  | 0   | 0  | 9,5 | –      | <b>74,5</b> |              |

**II.c. kategória**

| Név:                  | Iskola:   | Felkészítő tanár: | Elmélet: |    |    |    |    | Számolás: |    |    |     |    |    | Labor: | Szóbeli: | Σ:           |
|-----------------------|---|-------------------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|-----|----|----|--------|----------|--------------|
|                       |   |                   | 1.       | 2. | 3. | 4. | 5. | 1.        | 2. | 3. | 4.  | 5. | 6. |        |          |              |
| Boskó Bendegúz        | Váci SzC Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium | Mocsári Nóra      | 6        | 20 | 11 | 11 | 8  | 24        | 14 | 11 | 11  | 5  | 9  | 36,5   | 17       | <b>183,5</b> |
| Horváth Vitéz Adorján | Váci SzC Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium | Mocsári Nóra      | 8        | 20 | 10 | 12 | 9  | 28        | 14 | 10 | 10  | 0  | 0  | 28,5   | –        | <b>149,5</b> |
| Halasi Bálint         | BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum        | Barabás Gergő     | 8        | 25 | 7  | 0  | 9  | 32        | 9  | 0  | 9,5 | 1  | 3  | 37     | –        | <b>140,5</b> |
| Kasztner Dániel       | BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum        | Barabás Gergő     | 0        | 24 | 11 | 11 | 9  | 24        | 5  | 0  | 0   | 0  | 0  | 37     | –        | <b>121</b>   |
| Szemere Zoltán        | Debreceni SzC Vegyipari Technikum                       | Szilágyi Magdolna | 12       | 12 | 11 | 0  | 9  | 20        | 8  | 0  | 2   | 0  | 2  | 38,5   | –        | <b>114,5</b> |
| Nagy Kamilla          | Váci SzC Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium | Mocsári Nóra      | 8        | 6  | 7  | 11 | 8  | 20        | 2  | 2  | 0   | 0  | 1  | 28,5   | –        | <b>93,5</b>  |

## A szám szerzői

**Bacsó András** borász, Tokaj-Oremus

**Bacsó Zsófia Réka** vegyész, DE Mádi Bor Akadémia

**Dr. Borbás Réka** középiskolai tanár, Szent István Gimnázium, Budapest

**Csorba Benjámín** PhD-hallgató, BME

**Ficsór István Dávid** tanárszakos hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Hegedüs Kristóf** PhD-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Horváth Donát** MSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Horváth Judit** tudományos munkatárs, Sheffieldi Egyetem

**Dr. Keglevich Kristóf** középiskolai tanár, Fazekas Mihály Gimnázium,  
Budapest

**Dr. Magyarfalvi Gábor** egyetemi adjunktus, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Ősz Katalin** egyetemi docens, PTE TTK, Kémiai Intézet

**Tóth Edina** középiskolai tanár, BMSzC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű  
Technikum

**Dr. Varga Szilárd** tudományos munkatárs, Természettudományi  
Kutatóközpont

**Dr. Várnagy Katalin** egyetemi tanár, DE Szervetlen és Analitikai  
Tanszék

**Dr. Vörös Tamás** igazságügyi szakértő, NSzKK

**Zagyi Péter** középiskolai tanár, Németh László Gimnázium, Budapest

## TARTALOM

|   |     |
|---|-----|
| <b>GONDOLKODÓ</b> .....   | 129 |
| <b>KERESD A KÉMIÁT!</b> .....   | 167 |
| <b>KÉMIA IDEGEN NYELVEN</b> .....   | 174 |
| Horváth Judit: Kémia németül .....  | 174 |
| Tóth Edina: Kémia angolul .....   | 206 |
| <b>VERSENYHÍRADÓ</b> .....  | 220 |
| Ősz Katalin – Várnagy Katalin: Az 55. Irinyi János Középiskolai<br>Kémiaverseny döntője ..... | 220 |
| <b>A SZÁM SZERZŐI</b> .....   | 272 |

## A 2023. év Irinyi-díjasai: Muraközi Péter és Erdélyi Kata



a versenybizottság elnöke (dr. Ósz Katalin) és az MKE főtitkára (dr. Mika László Tamás) társaságában

## Az 55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny támogatói



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS  
MINISZTERIUM



Nemzeti  
Tehetség Program



RICHTER GEDEON



euROAPI  
Active Solutions for Health

