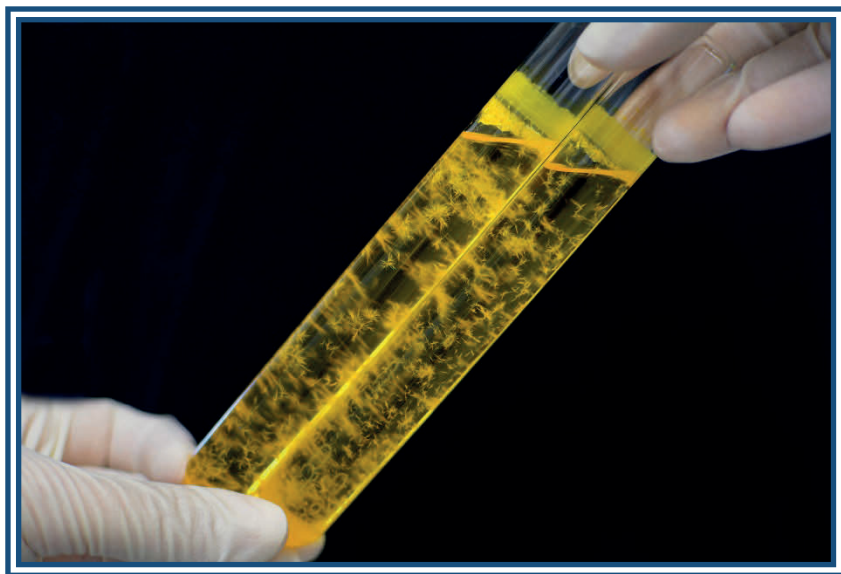
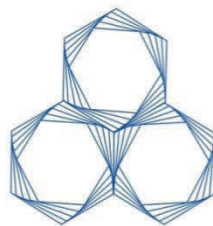


Középiskolai Kémiai Lapok



XLVIII.

2021/3.



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ



MINISZTERELNÖKSÉG
Gyakorlati Feladatokért Felelős Miniszter



Nemzeti
Tehetség Program

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

Középiskolai Kémiai Lapok

A Magyar Kémikusok Egyesülete
Kémia tanári Szakosztályának folyóirata

2021. május	XLVIII. 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

<i>Szerkesztőség:</i>	Magyar Kémikusok Egyesülete, 1015 Budapest Hattyú u. 16. 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 2021. 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 Archívuma
(EPA) archiválja.

A címlapfotó Hegedüs Kristóf munkája.

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

Gyász hír



Érzékeny veszteség érte a hazai kémiatanár társadalmat: 63. életévében rövid, súlyos betegség után 2021. március 26-án elhunyt Dr. Pálkö István a Szegedi Tudományegyetem kémiaprofesszora, a KÖKÉL szerkesztőbizottságának volt tagja.

A lap olvasói számára egészen biztosan jól ismert Pálkö professzor úr neve, hiszen nagyon sok szállal kapcsolódott a hazánkban folyó középiskolai kémiaoktatáshoz. Ő volt a 2020/2. szám versenyző-interjúalánya. 2011 és 2018 között az Irinyi János Középiskolai Tanulmányi Verseny versenybizottságának elnökeként tevékenykedett. (Középiskolás korában ő is sikeres irinyis versenyző volt, emiatt is viselte különösen a szíven a vetélkedő sorsát.) 2017 óta az EOES (European Olympiad of Experimental Science) rendezvényre készülő magyar csapatok kémiamentora, melynek eredményeként az EOES 2021 májusában Szegeden került megrendezésre. Sajnos, ennek lebonyolítását már nem érthette meg.

A Szegeden zajlott 2019. évi Biológiai Diákolimpia és a budapesti 2008-as Kémiai Diákolimpia Tudományos Bizottságának tagjaként is tevé-

kenykedett. Szívügyének tekintette mind a kémia tanárképzést, mind a középiskolások mentorálását. Sikeres kutatási együttműködései voltak pl. a bonyhádi, szegedi, kecskeméti, hódmezővásárhelyi és a szeghalmi gimnáziumok kémia tanáraival és diákjaival (a felsorolás nem teljes). A középiskolásokat az egyetemen folyó kutatómunkába azzal a kimondott céllal vonta be, hogy már kamaszkorukban beoltsa őket szenvedélye, a kémia szeretetével.

Kiváló tanár volt, aki rendkívüli tudásával és utánozhatatlan karakterével magával tudta ragadni a kémiai iránt érdeklődő fiatalokat. Távozásával nem csak egy kitűnő embert, hanem egy nemzetközi szintén jól ismert tudóst is elvesztettünk. Gyászolják családja, tanítványai, barátai, és az egész magyar kémikus közösség.

Sipos Pál

Gondolatok egy PÉLDATÁR mellett

Maleczkiné Szeness Márta 90 éves

Kedves Márta!

Kinyitom, újra meg újra, s megannyi emléket idéznek föl a lapok. Hiszen ez a könyv legendává, s fogalommá vált mind a diákok, mind a tanárok körében. Mennyi orvos, biológus, vegyész vagy tanár kapott segítséget a szisztematikus, rendszerezett gondolatmenetek felépítésében, a számolási feladatok sokszínű, mégis logikus megoldásában.

Eszembe jutnak az Irinyi versenyek hangulatai, melynek lebonyolításában elévülhetetlen érdemeid vannak, hiszen személyed, segítette megvalósítani azt – ezen verseny által is – a régen vágyott igényt, hogy egységesebb, s igényesebb legyen a magyar kémiaoktatás.

Nem felejttem el azt a közvetlenséget, ahogy a kollegákhoz fordultál. Nem véletlen, hogy ennyien tiszteltek, hiszen a véleményeket meghallgattad, a véleményedet pedig elfogadták. Igen ez az igazi tisztelet, mert tudtad, hogy másoktól mindig lehet tanulni.

A KÖKÉL lapjain megjelent példáidon látszott az átgondolt, tudatos megszerkesztettség, hiszen egymásra épülve, fordulóról fordulóra segítették a versenyzők felkészülését.

Az Irinyi döntők egyben továbbképzések is voltak, még ha sosem hívtuk is annak. De abban a közegben, ez a tudásmegosztás, mindenkinek lehetőséget adott ismeretei további bővítésére. Mindvégig szem előtt tartottad, hogy fontos a fejlődés minden területen, tartalmi, szakmai kérdésekben rendkívül fontos a megújulás. Empatikus, kedves egyéniséged, biztos szakmai tudásod, a felmerülő problémákra adott válaszaid, segített egy generációnak kifejlődni, akik méltón vitték tovább a kémiaoktatást, s alapozták meg az elmúlt évek sikereit! Köszönjük, hogy ennyi mindent kaphattunk Tőled!

Áldott 90. születésnapot!

Dr. Fodor István és Maknics Gyula gondolatai nyomán lejegyezte Tóth Imre

GONDOLKODÓ



A 2020/2021. 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, aminek az átadását és a további jutalmakat (KÖKÉL előfizetés) a Magyar Kémikusok Egyesülete intézi.

Gratulálunk az eredményekhez!

K pontverseny (9. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Hegedűs Márton Krisztián Kecskeméti Református Gimnázium	Sápi Anikó, Tóth Imre	180,25

K pontverseny (10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Csaba Dávid Kölcsey Ferenc Gimnázium, Budapest	Palya Tamás	196,5
2	Szabó Márton Péter András Gimnázium és Kollégium, Szeghalom	Dr. Tabiné Lehotai Klára	195,0
3	Bodnár Mária Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Husztai Pálma	188,0
3	Csernyák Milán Munkácsy Mihály Gimnázium, Kaposvár	Dávidné Varga Gabriella	188,0

K pontverseny (9-10. osztály csapatverseny)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Két komponens (Czakó Boróka Süli Ádám) Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, Szegedopron	Csúri Péter	181,75

K pontverseny (11-12. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Sajósi Benedek ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter, Villányi Attila	196,0
2	Saracco Lucio ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter, Villányi Attila	193,5
3	Keszte Panna Eötvös József Gimnázium, Budapest	Ferenczyné Molnár Márta	192,5

H pontverseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Farkas Izabella Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn.	Albert Attila	185,8
2	Sajósi Benedek ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter, Villányi Attila	181,8
3	Turányi Vilmos Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn.	Keglevich Kristóf	181,0

Angol fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Horváth Lilla Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Kertész Róbert	396,5
2	Lovas Miklós Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Dr. Várallyainé Balázs Judit	395,0
3	Hopotószki Erik VSZC Ipari Technikum	Földesi Csaba, Kiss Judit Mária, Szathmáry Edina	392,5

Német fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Lemaitre Lucien Németh László Gimnázium, Hódmezővásárhely	Dr. Arany Eszter, Dr. Matyuska Ferenc, Balázs József	191,0
2	Kisdi Janka Klebensberg Kuno Ált. Isk. és Gimn., Budapest	Papp Ildikó, Hab Mariann	167,5
3	Horváth Emese Dorka Városmajori Gimnázium, Budapest	Nagyné Hodula Andrea, Simonyi-Lengyel Márta	151,0

Keresd a kémiát!

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Bodnár Mária Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Husztai Pálma	115
1	Keszte Panna Eötvös József Gimnázium, Budapest	Ferenczyné Molnár Márta	115
2	Lovas Miklós Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Dr. Várallyainé Balázs Judit	112
3	Horváth Lilla Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Kertész Róbert	111

A 2020/2021. tanév díjazott felkészítő tanára

Kis-Husztai Pálma	Széchenyi István Gimnázium, Sopron
-------------------	------------------------------------

Megoldások

K380. Mivel 20%-os átalakulás történt, ezért az egyensúlyi elegyben jelen lévő kiindulási anyagok mennyisége az eredeti 80%-a. Tehát a kezdeti elegyben a koncentrációk, feltételezve, hogy a térfogat állandó:

$$[A]_{\text{kiind}} = [A] / 0,8 = 5 \text{ mol/dm}^3$$

$$[B]_{\text{kiind}} = [B] / 0,8 = 2,5 \text{ mol/dm}^3$$

Tehát a kiindulási gázelegy térfogatszázalékos összetétele: **A** 66,67% ; **B** 33,33%.

A tartályban 1 dm³ térfogatot feltételezve a következő folyamat játszódott le: 1mol **A** + 0,5mol **B** = 1mol **C**.

Tehát a reakcióegyenlet:



Ilyen például a kén-dioxid oxidációja: $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3$

Az egyensúlyi koncentrációk megfelelő hatványaiból a tömeghatás törvénye szerint ki tudjuk számolni az egyensúlyi állandót:

$$K = [C]^2 / [A]^2 \cdot [B]^1 = 3,125 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3/\text{mol}$$

A megoldás Papp Marcell Miklós munkáján alapul. Egyszerű feladat volt, 86 %-os teljesítéssel. A hibák főbb típusai: a választott reakció nem megfordítható, nem felelnek meg az együtthatók. A sok szép dolgozatból kiemelkedő Balog Gergely, a BFCl2 csapat, Bodnár Mária, Csaba Dávid, Lovas Miklós, Labancz Barnabás, Stein Félix és Szabó Márton munkája.

(Tóth Albertné)

K381. a) Ha 250 gramm 100° C-on telített AgNO₃-oldat 50° C-ra történő hűtésekor $\Delta m_1 = 118,19$ g só kristályosodik ki, akkor $m_o = 250\text{g} - 118,19 \text{ g} = 131,81 \text{ g}$ 50° C-on telített AgNO₃-oldatot kapunk.

Ha 250 g 50° C-on telített AgNO₃-oldat 0° C-ra történő hűtésekor $\Delta m_2 = 153,25 \text{ g}$ AgNO₃ kristályosodik ki, akkor a 131, 81 g oldatból arányosan kevesebb $\Delta m_x = 153,25 \cdot 131,81 / 250 = 80,80$ gramm.

250 g 100° C-on telített AgNO₃-oldatot 0° C-ra lehűtve $x = \Delta m_1 + \Delta m_x = 199 \text{ g}$ só kristályosodik ki.

b) A 0°C -os oldat tömege $m_y=250\text{ g} - 199\text{ g}=51,0\text{ g}$. Mivel a "kitermelt anyag" tömege $199,0\text{ g}$, és ez $87,95\%$ -ot tesz ki, megállapítjuk, hogy $m_a=226,26\text{ g}$ volt az az AgNO_3 mennyiség, amelyből a 250 g forrón telített oldat készült. A hűtés végére az $51,0\text{ g}$ oldatban $226,26\text{ g} - 199\text{ g} = 27,25\text{ g}$ AgNO_3 maradt. Ebből következik, hogy az $51,0\text{ g}$ oldatban $23,75\text{ g}$ a víz tömege, azaz $27,25/23,75 = 114,74\text{ g} / 100\text{ g}$ víz az oldhatóság 0°C -on.

c) A ZnSO_4 oldhatósága:

0°C	50°C	100°C
$41,9\text{ g} / 100\text{g}$ víz	$76,8\text{ g} / 100\text{g}$ víz	$80,8\text{ g} / 100\text{g}$ víz
$w_1=29,53\%$	$w_2= 43,43\%$	$w_3= 44,69\%$

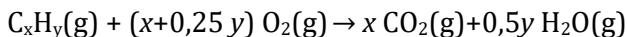
$M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 284,7\text{ g/mol}$; $w(\text{ZnSO}_4) = 161,4 \cdot 100 / 287,4 = 56,16\%$.

Eredmények: $\Delta m_1=24,74\text{ g}$, $\Delta m_2= 130,5\text{ g}$, $w=71,53\%$.

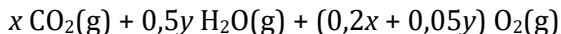
A megoldás Bodnár Mária munkája nyomán készült. A feladatban a forrón telített AgNO_3 -oldat két fokozatú lehűtése során bekövetkező mennyiségi változásokat kellett elemezni. Szinte mindenkinek sikerült észrevenni az esetleges buktatókat, valamint helyesen alkalmazni a tömegmegmaradás törvényét oldott anyagra, oldószerre, oldatra vonatkozóan. A feladat második részében (pontszámban ez 40% -ot tett ki) önállóan, a feladvány analógiájára kellett cink-szulfát oldatra megalkotni a kérdést. Ennek sikerességében nagy szórás mutatkozik a dolgozatok között, értelmezési és kivitelezési hibák miatt. Nehezítette a kérdés feltevéséhez szükséges adatok kiszámítását, hogy a cinkszulfát kristályvizes só. A szöveges feladat „megkomponálásához” oldhatósági táblázatra volt szükség, a középiskolában használt „Négyjegyű függvénytáblázatok” kiadvány látszott erre alkalmasnak. Ennek 3 különböző típusa van forgalomban, emiatt a számszerű adatokban is lényeges eltérések mutatkoznak (pl. az egyik adatai szerint nem megy végbe kristályosodás a 100°C -os oldat 50°C -ra történő hűtésekor). A dolgozatokat mindenkinek a saját szakirodalmából vett információk alapján értékeltem. Pontvesztéséget az okozott, ha pontatlan, hiányos volt a szöveg alkotás. A feladatmegoldók teljesítménye 84% . Kimagasló munkát adott be: Balog Gergely, BFCI2, Bodnár Mária, Csaba Dávid, Kósa Viola, Labancz Barnabás, Saracco Lucio.

(Tóth Albertné)

K382. a) Égési reakció sztöchiometrikus mennyiségű oxigénben:



Égéstermékek 20 % O_2 felesleg esetén:



Tudjuk, hogy:

$$x : (0,2x + 0,55y) = 37,5 : 62,5$$

Mely alapján $x : y = 3:8$. A vegyület C_3H_8 .

b) 1 mol propán égetéséhez 5 mol oxigén szükséges. 20% oxigénfelesleg esetén a füstgáz $3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$. Térfogatszázalékos összetétele 37,5 % CO_2 ; 50 % H_2O ; 12,5% O_2 .

20 %-os levegő feleslegben:

	3 CO_2	4 H_2O	79/21·6 N_2	O_2	Σ
n	3 mol	4 mol	22,57 mol	1 mol	30,57 mol
%	9,81 %	13,08 %	73,84 %	3,27 %	
m	132 g	72 g	632 g	32 g	868 g

A 21 (V/V) % oxigénből és 79 (V/V) % nitrogénből álló levegő átlagos moláris tömege $M_1(\text{átl})=28,84$ g/mol. A füstgázra is alkalmazva az $M_2(\text{átl}) = \Sigma m_i / \Sigma n_i$ összefüggést, $M_2(\text{átl}) = 28,42$ g/mol. A relatív sűrűség $M_2(\text{átl}) / M_1(\text{átl}) = d = 0,985$.

c) A füstgáz tömegének csökkenése a KOH-oldatban való oldás után: a vízgőz kondenzálódik, a szén-dioxid reakcióba lép. 1 mol propán esetén a tömegcsökkenés 204 g, a 868 g 23,50 %-a.

A megoldás Csaba Dávid munkája nyomán készült. A megoldások 8,2-es átlagpontszáma elégedettségre ad okot. A számolás eredménye C_3H_8 , ezért nem vezetett hibához, ha valaki a $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ általános képletből indult ki, de erre a feladat szövege nem jogosította fel (C_nH_m)! A füstgáz hőmérséklete elárulta, hogy KOH-oldaton való áthaladáskor a vízgőz lecsapódik, valamint a szén-dioxid kálium-hidroxiddal való reakciójával bekövetkező tömegcsökkenés okozza a be-, és kilépő gázmennyiség közötti differenciát. Több versenyző pontot veszített amiatt, hogy

elkerülte figyelmét a gázelegy sűrűségének kiszámításának szükségessége. Dicséretet érdemel Bodnár Mária, Czakó Borbála, Csaba Dávid, Keszte Panna, Saracco Lucio, Süli Ádám munkája.

(Tóth Albertné)

K383. a) Sehol nem volt szükség a 30-as adatra. Azért ellenőrizzük le: a N és az As 5-5, a F és a Br 7-7, a S pedig 6 vegyértékű, ez összesen $5+5+7+7+6=30$, így ez stimmel.

A megoldás-értékelés Sajósi Benedek munkája alapján készült. Az a) feladványra a választ – N, F, S, As, Br - a szöveges információból, logikus levezetéssel mutatta be a versenyző, anélkül, hogy a 30-as összeget használta volna. Valóban, a feladat „túlhatározott” volt. A szöveges információ alapján is eljuthattunk a megoldáshoz (mint jelen esetben), ilyenkor a vegyértékelektronok 30-as összértéke csupán ellenőrzésre szolgált. Fordítva is eljárhattunk: amennyiben az első elem az „v” ismeretlen csoportban van, akkor $2v + (v+1) + 2(v+2) = 30$ egyenlet $v=5$ megoldása elvezet a N, F, S, As, Br atomokhoz, így a szöveges információ alkalmas a megerősítésre. A megoldások többsége ebből a matematikai összefüggésből indult ki.

b) $r(\text{N}) = 71 \text{ pm} = 7,1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

Itt több versenyző veszített pontot figyelmetlenség miatt, ugyanis a legkisebb rendszámú atom mérete kellett, nem pedig a legkisebb méretű atom sugara.

c) F, P, As

A különböző, engedélyezett Négyjegyű függvénytáblázatok egyike a feladat készítőjét is megráfalta, ugyanis az általa használt szakirodalomban (ISBN 963 18 6095 7) az izotópok adatai közül a 31, 32, 33, 34-es rendszámúaké, köztük az As előfordulási adatai is hiányoznak, s ezt nem vette észre. A „monoizotópos” jelző tehát nem kettő, hanem legalább kettő atomra érvényes.

d) Igen, pl. NF_3 , AsBr_3 , AsF_3 , As_2S_3 és még sok másik.

e) $\text{N}(+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3)$, $\text{S}(+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2)$.
Példák: HNO_3 , NO_2 , NF_3 , N_2F_4 , N_2O , N_2 , $\text{NF}(\text{CH}_3)_2$, N_2H_4 , NH_3 és: SO_3 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_6$, SO_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, SCL_2 , S_2Cl_2 , S_8 , H_2S_2 , H_2S .

Ebben a feladatrészben megláttuk a kénatom, és a szerves vegyületek szempontjából is fontos N atom vegyületekben betöltött sokféleségét. Felismertük, ha a molekulában egy elemnek több atomja is szerepel, akkor az atom oxidációs számának átlagértékét állapíthatjuk meg, pl a nátrium tetratioáttban ez +2,5 ($\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$). Ilyenkor a törtszám figyelemfelkeltő, de akár egész szám is lehet az átlag, amint Sajósi Benedek írja: +4 jön ki a kén atomra a $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ vegyületben, de a szerkezetét ismerve tudjuk, hogy ez a +5 és +3 következménye.

f) A ferromágneses viselkedés (vascsoport) és a folyékony halmazállapot (Hg) jó kiindulópont, így a további állítások elemzésével eljutunk a megoldáshoz: Ni, Zn, Ag, Pt, Hg.

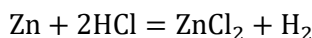
Szulfidok: fehér - ZnS, vörös: HgS, fekete: Ag₂S, NiS.

g) Ag₂S, w = 12,9% (a szulfidok között a legkisebb kén tartalmú)

h) Platina

A hőtágulás – üveg - higany szavak a hőmérő által képeznek egységet gondolatilag, és ez a jelen kérdésre rossz (Hg) válaszhoz vezetett. Hőmérőként a két anyagpáros kifejezetten azért jó, mert lényegesen eltér a hőtágulási együtthatójuk.

i) Igen, például:



j) $\text{Ni}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O} = [\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ *nikkel(II)-hexaakva-ion*

$\text{Zn}^{2+} + 4 \text{OH}^- = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ *tetrahidroxó-cinkát(II)-ion*

$\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ *ezüst(I)-diammin-ion*

$\text{Pt}^{4+} + 6 \text{Cl}^- = [\text{PtCl}_6]^{2-}$ *hexakloró-platinát(IV)-ion*

$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{I}^- = [\text{HgI}_4]^{2-}$ *tetraiodó-merkurát(II)-ion*

A versenyzők által elért átlagpontoszám 8 pont. Dicséretet érdemel Hegedűs Márton, Labancz Barnabás, Tóth Petra Lili munkája.

(Tóth Albertné)

K384. Néhány példa olyan szerves vegyületekre, amelyekben az alkotó kémiai elemek anyagmennyiség-aránya megfelel a feladatban szereplő értékeknek:

- a) NaOH, KOH, NaOCl
- b) H_2SO_3 , H_2CO_3 , H_3PO_2
- c) H_2SO_4 , Na_2SO_4 , Na_2CrO_4
- d) Ca_3SiO_5 , H_3PO_5 , Na_3SbS_5
- e) KSCN, HSCN, HNCO
- f) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_4\text{O}_6$
- g) $\text{Na}_6(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- h) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7 pont. A legjobb megoldásokat Hegedűs Márton Krisztián és Saracco Lucio küldték be. Az a), b), c) és e) 1-1, a további részfeladatok 1,5-1,5 pontot értek. A fentiektől eltérő, de az alkotó kémiai elemeket megfelelő anyagmennyiség-arányban tartalmazó, létező szervesetlen vegyületeket is maximális pontszámmal fogadtuk el. Minden olyan megoldásra, amely sztöchiometriailag helyes, de nem egy létező vegyületet takar, az adott részfeladat pontszámának fele járt.

(Vörös Tamás)

K385. Az eredeti kérdésben a tömegcsökkenésből arra következtethetünk, hogy az észterhidrolízis ténylegesen két fragmenst eredményez, míg a módosított esetben egy laktongyűrű felnyitásáról lehet szó.

Az eredeti feladatban tehát egy $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COO}(\text{CH}_2)_m\text{CH}_3$ összegképletű észterből (moláris tömege: $M / (\text{g} / \text{mol}) = 74,09 + (n + m) \cdot 14,03$) egy $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COONa}$ (moláris tömege: $M / (\text{g} / \text{mol}) = 82,04 + n \cdot 14,03$) képletű só képzünk. A moláris tömegekre felírva az arányt:

$$(74,09 + (n + m) \cdot 14,03) \cdot (1 - 0,465) = 82,04 + n \cdot 14,03.$$

Ebből átrendezéssel azt kapjuk, hogy: $m = 5,64902 + 0,86916 \cdot n$. Tudjuk, hogy n és m egész szám, és n próbálgatása során $n = 5$ esetén kapunk pontos eredményt, amikor is $m = 10$. Ez alapján az eredeti feladat megoldása a $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COO}(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$, azaz az undecilheptanoát.

A módosított feladatban egy laktonból (egyszerűsítve $(\text{CH}_2)_n\text{COO}$, $M / (\text{g} / \text{mol}) = 44,01 + n \cdot 14,03$) egy ω -hidroxikarbonsav sóját állítjuk

elő $(\text{HO}(\text{CH}_2)_n\text{COONa}, M / (\text{g} / \text{mol}) = 84,01 + n \cdot 14,03)$. A moláris tömegekre felírva az arányt:

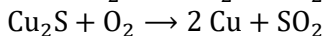
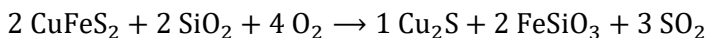
$$(44,01 + n \cdot 14,03) \cdot (1 + 0,465) = 84,01 + n \cdot 14,03$$

Az egyenletből pedig azt kapjuk, hogy $n = 3$. A módosított feladat megoldása tehát a γ -butirolakton. $((\text{CH}_2)_3\text{COO})$.

A feladat alapvetően könnyűnek bizonyult. Legközelebb figyeljetelek, hogy megfelelő pontossággal számoljatok, mert a túlzott kerekítés hibás (mivel tényleg csak egész szénatomszámok jönnek szóba), vagy „másik helyes” megoldáshoz vezet (ami végül is szintén hibás lenne egy valós szituációban).

(Szobota András)

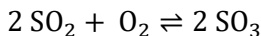
K386. a)



Összesítve: $2 \text{CuFeS}_2 + 2 \text{SiO}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Cu} + 2 \text{FeSiO}_3 + 4 \text{SO}_2$

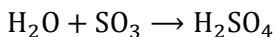
1 mol kalkopiritből 1 mol Cu és 2 mol SO_2 keletkezik. Ez alapján 100 kg, azaz 545,0 mol kalkopiritből 545,0 mol, azaz 34,6 kg réz és 1090 mol, azaz $2,70 \cdot 10^4$ liter SO_2 gáz fejlődése várható.

b)



Két egység anyagmennyiségű SO_2 gáz átalakulása esetén az egyensúlyi gázelegy anyagmennyisége egy egységgel csökken. Emiatt a kiindulási $7,00 + 3,00 = 10,00$ mol gáz $n = pV/(RT) = 8,30$ molra való csökkenése $2 \cdot (10,00 - 8,30)$ mol = 3,40 mol SO_2 elreagálásával és ugyanennyi SO_3 keletkezésével járt.

c)



20,0 kg 32 m/m%-os óleumban van 6,40 kg SO_3 és 13,6 kg H_2SO_4 . 6,40 kg SO_3 kénsavvá való alakulásához szükség van 1,44 kg vízre, ez 3,60 kg 60 m/m%-os kénsav oldatban van. Ekkora tömegű 60 m/m%-os kénsav oldat hozzáadásakor kapunk 23,6 kg 100 %-os töménységű kénsavat. Ehhez hozzáadva x kg 60 m/m%-os kénsav oldatot abban lesz

$0,40 \cdot x$ kg víz és $23,6 + x \cdot 0,60$ kg H_2SO_4 . A szükséges mennyiségű 60 m/m%-os oldat tömegét az alábbi egyenletből határozhatjuk meg.

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{23,6 + 0,60x}{0,40x} = \frac{98}{2}$$

Ebből $x = 1,24$ kg, így összesen $3,60$ kg + $1,24$ kg = $4,84$ kg 60 m/m%-os oldatra van szükség.

d) A hígításhoz szükséges víz mennyiségének egy lehetséges kiszámítási módja: m gramm kénsavra $m \cdot 40/60$ gramm víz jut a híg oldatban, de eredetileg már volt $m \cdot 2,0/98$ gramm víz, $m \cdot (40/60 - 2,0/98)$ gramm vízre van így csak szükség. Ez $8000 \cdot 0,98 = 7840$ gramm kénsav esetén 5067 gramm, így

$$n = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = 3,519$$

A képlet alapján, így 1 mol kénsav esetén $Q = 49,4$ KJ, 7840 gramm, azaz 80 mol kénsav esetén pedig $Q = 3,95$ MJ a felszabaduló energia. 1 gramm víz hőmérsékletének 1°C -kal történő megemeléséhez $4,18$ J szükséges, így $\Delta T = Q/(c \cdot m) = 94,6^\circ\text{C}$ azaz 10 kg víz hőmérséklete $94,6^\circ\text{C}$ -kal nőne meg. Érdekes lehet megemlíteni, hogy végtelenül nagy mennyiségű vízzel hígítva 1 mol H_2SO_4 -et a képlet alapján $74,7$ kJ hő felszabadulása várható, ami tekinthető a H_2SO_4 oldáshőjének.

A feladat nem bizonyult nehéznek. Az átlag pontszám 7,89 lett. Hibátlan megoldást küldött be Csaba Dávid, Csernyák Milán, Keszte Panna és Sajósi Benedek. A legnagyobb nehézséget a d) rész jelentette, ahol sokan nem vették figyelembe azt, hogy a képlet 1 mol kénsav hígításához tartozó reakcióhőre vonatkozik és nem a feladatban szereplő mennyiségre.

(Ficsór István Dávid)

K387. a) A feladat szövege alapján feltételezhető volt, hogy a fémtartalmú biner vegyület vízzel történő reakciója során egy fém-hidroxid (**B**) keletkezett, majd ezt hevítve a fém oxidját (**C**) kapták. Feltételezve azt, hogy a fém oxidációs száma a hevítés során nem változott, fel lehet írni az alábbi egyenletet Me_2O_n -re:

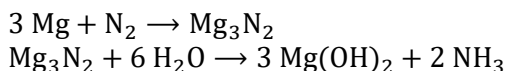
$$\frac{2 \cdot M(\text{Me})}{n \cdot M(\text{O})} = \frac{w(\text{Me})}{w(\text{O})} = \frac{100 - 39,7\%}{39,7\%}$$

Ebből a fém moláris tömegét kifejezve:

$$M(\text{Me}) = n \cdot M(\text{O}) \cdot 60,3 \cdot (2 \cdot 39,7)^{-1} = n \cdot 12,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Ez $n = 2$ esetén lesz csak ismert moláris tömeghez közeli (24,3 g/mol), így a keresett fém (**X**) a magnézium (Mg) és annak ionja (X^{n+}) a kétszeresen pozitív magnézium-ion (Mg^{2+}) volt. Az **A** betűvel jelzett vegyületről feltételezve, hogy Mg_yZ_2 (Z jelöli az ismeretlen elemet, y pedig annak töltését jelöli) összetételű, a fenti számítást elvégezve, azt kapjuk, hogy egységnyi negatív töltésre 1 g/mol jut. Ez alapján a keresett elem a hidrogén, így a biner magnézium vegyület (**A**) a magnézium-hidrid (MgH_2) volt. Ezek alapján a többi betűvel jelzett vegyület a magnézium-hidroxid (**B**: $\text{Mg}(\text{OH})_2$), a magnézium-oxid (**C**: MgO), valamint a magnézium és a nitrogén egyesülési reakciójában keletkező magnézium-nitrid (Mg_3N_2) vízzel történő reakciójának az egyik terméke az ammónia (**D**: NH_3) volt.

b)



Az ammónia anyagmennyisége az adatok alapján 4,843 mmol. Ez a reakciók sztöchiometriája alapján $3/2 \cdot 4,843 = 7,265$ mmol, azaz 0,177 gramm magnéziumot jelent. Tehát 0,177 gramm volt a használt magnézium tömege.

A beküldők többségének nem jelentett nagy nehézséget a feladat megoldása. Az átlagpontszám 8,77 lett és született négy darab hibátlan dolgozat is, ezeket a BFCl₂ csapat, Csernyák Milán, Keszte Panna és Szabó Márton küldte be.

(Ficsór István Dávid)

K388. a) Az előállított CO_2 térfogata $20 \cdot 15 \cdot 18 \text{ cm}^3 = 5400 \text{ cm}^3$, azaz $5,4 \text{ dm}^3$. Feltételezve, hogy a kísérletet 25°C -on és légköri nyomáson végezték, a gáz anyagmennyisége $5,4/24,5 \text{ mol} = 0,220 \text{ mol}$. Ehhez a $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ HCl} = 2 \text{ NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ reakcióegyenlet alapján szükséges $0,220 \text{ mol} \cdot 106 \text{ g/mol} = 23,4 \text{ g}$ szilárd nátrium-karbonát. Az elméletileg reagáló HCl anyagmennyisége 0,440 mol, ennek tömege 16,1 g. Ez $16,1/0,05 \text{ g} = 321 \text{ g}$ 5,00 m/m%-os sósavban van.

b) A kísérlet során lejátszódó reakciók egyenletei:

CO_2 előállítás: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} = 2 \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,

Mg meggyújtása Bunsen-égővel: $2 \text{Mg} + \text{O}_2 = 2 \text{MgO}$,

Mg égése szén-dioxidban: $2 \text{Mg} + \text{CO}_2 = 2 \text{MgO} + \text{C}$.

c) Az órai kísérlet terméke MgO, Mg és szénpor keveréke. A fém-oxid ($\text{MgO} + 2 \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$) és a fém ($\text{Mg} + 2 \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$) oldódik sósavban, a visszamaradó fekete por a szén. A fejlődő hidrogéngáz anyagmennyisége $0,0403 / 24,5 \text{ mol} = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, azaz ekkora mennyiségű Mg nem égett el. Ennek tömege 0,0400 g, ami a kiindulási 0,700 g fémnek az 5,71 m/m%-a.

d) A kiindulási 0,700 gramm Mg anyagmennyisége $2,88 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. Ebből $1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ nem égett el, vagyis $2,88 \cdot 10^{-2} \text{ mol} - 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ Mg elégett és belőle $2,72 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ MgO keletkezett. Ennek tömege 1,095 g. Az órai kísérlet termékének össztömegéből levonva az el nem égett Mg és a keletkezett MgO tömegét, megkapjuk a fekete por tömegét: $1,172 \text{ g} - 0,0400 \text{ g} - 1,095 \text{ g} = 0,0370 \text{ g}$.

e) A szakkörön vizsgált 1,172 gramm tömegű minta 0,0400 g el nem égett magnéziumot, 1,095 g magnézium-oxidot, valamint 0,0370 g szénport tartalmazott, ez alapján a tömegszázalékos összetétele 3,41 m/m% Mg, 93,4 m/m% MgO és 3,16 m/m% szénpor.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,1 pont. Hibátlan megoldást összesen 6-an küldtek be. Sok megoldó a tanórai kísérletben lejátszódó folyamatokhoz nem írta fel a Mg meggyújtása során lejátszódó reakció egyenletét. Látva, hogy a keletkező MgO anyagmennyisége jóval nagyobb, mint a szénpor anyagmennyiségének kétszerese, mindenképpen lejátszódott az elemi fém levegőn történő oxidációja is.

(Vörös Tamás)

K389. a) A nitrogén parciális nyomása $101,3 \text{ kPa} \cdot 0,780 = 79,0 \text{ kPa}$, az oxigéné $21,3 \text{ kPa}$, így a Henry-törvénnyel számolva a nitrogén koncentrációja $79 \text{ mol/dm}^3 = 1,616 \cdot 10^5 \cdot c$, ahonnan $c = 4,89 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$, így ha $1,00 \text{ dm}^3$ vízből kiforrálnánk a benne oldott nitrogéngázt, akkor az $4,89 \cdot 10^{-4} \cdot 24,5 \text{ dm}^3 = 12,0 \text{ cm}^3$ térfogatot töltene ki. Ugyanezeket a számításokat elvégezve az oxigén koncentrációja

$4,62 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$, és az oldott oxigén térfogata gázhalmazállapotban $11,3 \text{ cm}^3$ lenne.

b) Az előző számításban a $101,3 \text{ kPa}$ érték helyett használjunk $101 \text{ kPa} + 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m} = 296 \text{ kPa}$ -t. Így az oldott nitrogén koncentrációja $1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, az oxigéné $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

c) Az előző részfeladat adatait felhasználva a távozó nitrogén anyagmennyisége $5 \cdot (14,3 - 4,89) \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 = 0,0481 \text{ mol}$, térfogata pedig 118 cm^3 . Oxigén esetében pedig 111 cm^3 . Így összesen 229 cm^3 gáz távozna a vérből.

d) A hélium parciális nyomása $296 - 0,78 \text{ kPa} = 235 \text{ kPa}$, tehát ismét Henry-törvényt alkalmazva a hélium koncentrációja $8,11 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ a vérben. A $78 \text{ V/V\% He}$ és $21 \text{ V/V\% O}_2$ összetételű gázelegy átlagos moláris tömege $9,84 \text{ g/mol}$, 1 mol gáz térfogata $200 \text{ bar} = 2 \cdot 10^4 \text{ kPa}$ nyomáson és 25°C -on $0,124 \text{ dm}^3$. Így a gázelegy sűrűsége 79 g/dm^3 .

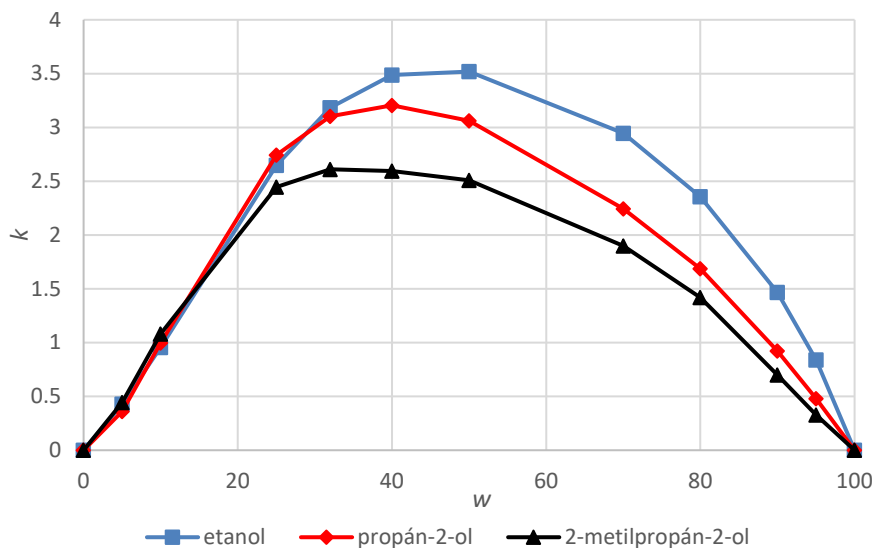
e) 60 m mélységben 688 kPa nyomáson az oxigén parciális nyomása 145 kPa , amely még nem éri el a veszélyes értéket.

(Borbás Réka)

K390. Készítsünk egy w tömeg%-os alkohol-oldatot úgy, hogy w gramm alkoholt kevertünk össze $100 - w$ gramm vízzel, azaz összekeverünk $V_A \text{ cm}^3$ alkoholt és $V_V \text{ cm}^3$ vizet, amelyből $V_x \text{ cm}^3$ térfogatú elegy keletkezett. Ha a komponensek térfogata külön-külön számszerűen összeadva 100 cm^3 lenne, akkor az elegy térfogata a kontrakció miatt $100 - k \text{ cm}^3$ lenne. Ezt aránypárokkal felírva: $100 : (V_A + V_V) = (100 - k) : V_x$. Figyelembe véve, hogy $V_x = 100 / \rho_x$, $V_A = w / \rho_A$ és $V_V = (100 - w) / \rho_V$, algebrai átalakítások után kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} k &= 100 - \frac{100 V_x}{V_A + V_V} = 100 - \frac{100 \frac{100}{\rho_x}}{\frac{w}{\rho_A} + \frac{100 - w}{\rho_V}} \\ &= 100 - \frac{10^4 \rho_A \rho_V}{\rho_x (w \rho_V + 100 \rho_A - w \rho_A)} \end{aligned}$$

Az alábbi ábra mutatja be a k térfogati kontrakció értékét tömegszázalék (w) függvényében.



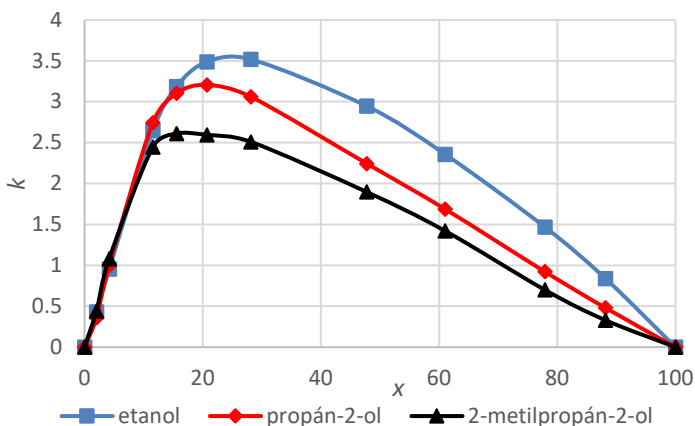
Az etanol, propán-2-ol, 2-metilpropán-2-ol vízzel való elegyítése során bekövetkező térfogatcsökkenés a tiszta fázisok össztérfogatához képes százalékban kifejezve, az alkohol tömegszázalékának függvényében ábrázolva

A grafikonról megállapítható, hogy mindhárom alkohol szenved térfogati kontrakciót vízzel való elegyítés során. A legkisebb apoláris láncsal rendelkező etanol esetében legnagyobb mértékű az elegyedés során való térfogatcsökkenés, és a maximális értéket nagyobb tömegszázalék esetén éri el. Mivel a moláris tömege ennek a legnagyobb, ezért ez a legnagyobb mértékű anyagmennyiség-arányt is jelenti. Tehát az etanol, a három közül a legkisebb szénhidrogén láncsal rendelkező alkohol, tud a legjobban beilleszkedni a víz hidrogén-kötési rendszerébe. Ahogy az apoláris rész mérete nő, és egyre elágazóbbá válik, úgy csökken a kontrakció mértéke.

Az átlagpontoszám 8,8. Sok helyes ábra érkezett megoldásként. Azok a dolgozatok nem kaptak teljes pontszámot, ahol az ábrázolásban az x tengely nem lineáris osztásközöket kapott, vagy ha nem tértek ki a

polaritás/szénlánc alakja, mérete és a kontrakció közötti összefüggésre, illetve elmaradt az ábra jellemzése.

Az alábbi ábra az alkoholok móltörtje és a térfogati kontrakció közötti összefüggést mutatja. Ez nem volt része a feladatnak, de érdemes megnézni, mert nagyon markánsan mutatja a polaritás és kölcsönhatás közötti kapcsolatot.



(Borbás Réka)

K391. a) Ha a kísérletet kellő körültekintéssel végzik el, akkor a tapasztalatok a következők. Három színtelen fázis különül el az egymásra rétegzés után, amelyek színe a jódkristály behelyezése és körkörös keverés után (alulról felfelé): lila, halványsárga vagy színtelen, lila. Alul helyezkedik el a kloroform (a legnagyobb sűrűségű folyadék), amely apoláris, oxigénmentes oldószer, ezért ebben a jód lila színnel oldódik. Középen a víz, mivel ennek a sűrűsége a középérték. Poláris oldószer, amelyben a jód csak kis mértékben oldódik. A felső fázis a toluol, a legkisebb sűrűségű, szintén apoláris és oxigénmentes oldószer, tehát ebben is jól oldódik lila színnel a jód.

b) Összerázás után a két apoláris oldószer elegyedik, ebben a jód lila színű, és az oldószer keverék sűrűsége a toluolra nézve 36,8 tömeg%-os apoláris elegyben (mivel a két oldószer sűrűsége lineárisan változik a tömegszázalékkal) $\rho = (1,49 - 0,867) \cdot 0,368 + 0,867 = 1,096 \text{ g/cm}^3$.

Ennek a sűrűsége egy kicsit nagyobb, mint a vízé, így az apoláris, lila fázis fog alsó fázisként elhelyezkedni.

c) Tegyük fel, hogy az egyéb oldószerekből 5-5 cm³-t tartalmazó kémcső felső fázisára V cm³ toluolt öntünk. Ekkor a toluol tömegszázaléka $86,7V/(7,45+0,867V)$, így $(1,49 - 0,867) \cdot 0,210/(7,45+0,867V) + 0,867 = 0,998$ g/cm³ az elegy sűrűsége, mivel az apoláris és poláris fázis sűrűsége azonos. Innen $V = 32,3$ cm³. Azaz arányokban kifejezve a kloroform és a toluol térfogataránya 1:6,45. A víz mennyisége tetszőleges, mivel az nem elegyedik az apoláris folyadékokkal.

Megjegyzések: A nem maximális pontszámú dolgozatokban a típushibák a következők voltak: a fázisok elhelyezkedését vagy számát nem megfelelően adta meg a beküldő, nem megfelelő sorrendben (azaz nem csökkenő sűrűség szerint) rétegezte a folyadékokat, a b) feladatrészen hiányzott az apoláris elegyfázis sűrűségének megadása, és az ezzel való indoklás a tapasztalatok értelmezésére, illetve hibás módon számolta a c) feladatrészen a térfogatarányt.

A feladat szövege szerint a tömegszázalékkal egyenesen arányosan változik a sűrűsége az apoláris fázisoknak, ezért volt szükséges az arányokkal való számolás. Valójában tényleg elhanyagolható a térfogati kontrakció, de nem a tömeg-, hanem az anyagmennyiség-százalékkal egyenesen arányos a sűrűség, így a tényleges térfogatarányok a fentitől kismértékben eltérnek, viszont így a feladatot egy kis mértékben egyszerűsítettük. Az átlagpontszám 7,4.

(Borbás Réka)

K392. a) Írjuk fel az egyes anyagok koncentrációit mol/dm³ egységben kiinduláskor és egyensúlyban.

	SO ₂ (g)	O ₂ (g)	SO ₃ (g)
Kiindulási	20/3	10/3	0
Egyensúlyban	20/3-0,764 = 5,09	10/3 - 1,57/2 = 2,55	20/3·0,236 = 1,57

Behelyettesítve az egyensúlyi állandó képletébe:

$$K = 1,57^2/(5,09^2 \cdot 2,55) = 0,0375.$$

b) Legyen a kiindulási összkoncentráció $3c$. Írjuk fel az egyes anyagok koncentrációit mol/dm^3 egységben kiinduláskor és egyensúlyban ebben az esetben is.

	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{SO}_3(\text{g})$
Kiindulási	c	$2c$	0
Egyensúlyban	$0,764c$	$2c - 0,1118c = 1,882c$	$0,236c$

Behelyettesítve az egyensúlyi állandó képletébe $K = (0,236c)^2 / ((0,764c)^2 \cdot 1,882c) = 0,0375$, ahonnan $c = 1,35 \text{ mol/dm}^3$, az összkoncentráció ennek a háromszorosa: $4,06 \text{ mol/dm}^3$.

c) Legyen a kén-dioxid kiindulási koncentrációja $x \text{ mol/dm}^3$, ekkor az oxigéné $10 - x \text{ mol/dm}^3$.

	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{SO}_3(\text{g})$
Kiindulási	x	$10 - x$	0
Egyensúlyban	$0,764x$	$10 - x - 0,1118x = 10 - 1,118x$	$0,236x$

Behelyettesítve az egyensúlyi állandó képletébe

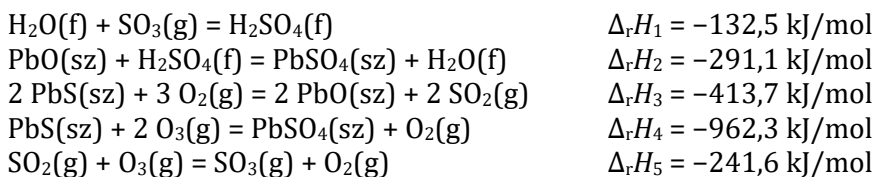
$$K = (0,236x)^2 / ((0,764x)^2 \cdot (10 - 1,118x)) = 1,010,$$

ahonnan $x = 8,86 \text{ mol/dm}^3$. Tehát a keresett arány $7,77 : 1,00$.

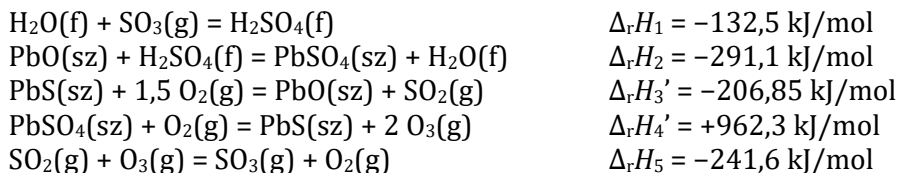
Sajnos a feladat kiírásában volt egy hibás adat, az a) feladatrészen az átalakulás mértéke 30,3% helyesen, és akkor kapjuk meg a helyes egyensúlyi állandót. Így a téves adatból számolt egyensúlyi állandó értéke az alacsonyabb, ami exoterm reakció esetén nem lehetséges. A számolás menetét a hibás adat nem befolyásolta. Az átlagpontszám: 8,6.

(Borbás Réka)

K393. A rendezett reakcióegyenletek a hozzájuk tartozó reakcióhőkkel:



A harmadik egyenlet sztöchiometriai együtthatóit osszuk el 2-vel, míg a negyedik egyenletnek vegyük a fordítottját. Ekkor a harmadik egyenlethez tartozó reakcióhő értékét el kell osztanunk 2-vel, míg a negyedik egyenlethez tartozó reakcióhő értéke előjelet vált:

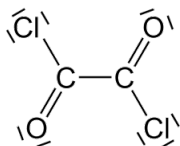


Ezt az öt egyenletet összeadva, majd elvégezve az egyszerűsítéseket az $1,5 \text{ O}_2(\text{g}) = \text{O}_3(\text{g})$ reakcióegyenletet kapjuk. A hozzá tartozó reakcióhő értéke $\Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 + \Delta_r H_3' + \Delta_r H_4' + \Delta_r H_5 = 90,25 \text{ kJ/mol}$, amely egyben az ózon képződéshőjének értéke is.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,8 pont. Hibátlan megoldást 6 tanuló küldött be. A legtöbb számolási hiba az egyenletek átrendezése során előjeltévesztésből adódott.

(Vörös Tamás)

K394. a) Az ideális gázokra vonatkozó $pV = nRT$ összefüggést átrendezve kapjuk, hogy $pM = \rho RT$, melybe behelyettesítve a feladat adatait: $100 \text{ kPa} \cdot M = 4,45 \text{ g/dm}^3 \cdot 8,314 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 343 \text{ K}$, innen a keresett vegyület moláris tömege $M = 126,9 \text{ g/mol}$. A tömegszázalékos adatok alapján 1 mol vegyületben $126,9 \text{ g} \cdot 0,1893 = 24,0 \text{ g}$, azaz 2 mol C és $126,9 \text{ g} \cdot 0,2521 = 32,0 \text{ g}$, vagyis 2 mol O van. Ezen felül további $126,9 \text{ g} - 24,0 \text{ g} - 32,0 \text{ g} = 70,9 \text{ g}$ tömegű halogénelem van a vegyület 1 moljában. Ez éppen megfelel 2 mol Cl tömegének, azaz a keresett vegyület összegképlete $\text{C}_2\text{O}_2\text{Cl}_2$, szerkezeti képlete:



Ez a vegyület az oxalil-klorid.

b) Az 1,00 gramm vegyület anyagmennyisége $7,88 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, amelynek feleslegben vett nátrium-hidroxid-oldattal való reakciója során

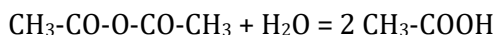
$n = (100 \text{ kPa} \cdot 0,192 \text{ dm}^3) / (8,314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot 294 \text{ K}) = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, vízben nem oldódó gáz fejlődik. Tehát a vegyületből gyakorlatilag vele azonos anyagmennyiségű gáz keletkezik. Feltételezhető, hogy a $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldat hatására leváló fehér csapadék BaCO_3 . Ennek anyagmennyisége $1,554/197,3 \text{ mol} = 7,88 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, amely szintén megegyezik a vizsgált vegyület anyagmennyiségével, azaz az oxalil-klorid NaOH -oldattal való reakciója során vele azonos anyagmennyiségű gáz fejlődik, illetve nátrium-karbonát keletkezik:



A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,9 pont. A legjobb megoldásokat Bodnár Mária, Sajósi Benedek és Saracco Lucio küldték be. Az a) feladatrészben többen nem rajzolták fel a kérdéses vegyület szerkezetét, míg a b) részben sok esetben olyan egyenlet szerepelt, ahol a lúggal való reakció terméke HCl , vagy CO_2 . Ezek azonban lúgos közegben nem keletkeznek, hanem közvetlenül nátrium-kloriddá, vagy nátrium-karbonáttá alakulnak.

(Vörös Tamás)

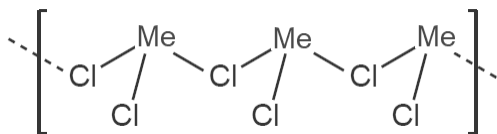
K395. a) $\text{Me} + 2 \text{ HCl} = \text{MeCl}_2 + \text{H}_2 \text{ (g)}$



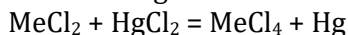
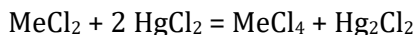
A $188,9 \text{ cm}^3$ $1,08 \text{ g}/\text{cm}^3$ ecetsav-anhidrid megfelel 204 gramm nak, azaz $2,00 \text{ mol}$ nak. Ha 1 mol kristályvizes só vízmentesítéséhez 2 mol anhidridre van szükség, akkor egy mol só 2 mol kristályvizet tartalmaz. Tehát képlete $\text{MeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

b) A térszerkezet síkháromszögből torzult V-alak, tehát a kötésszög 120° körüli érték lehet.

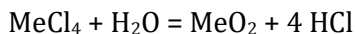
c)



d)



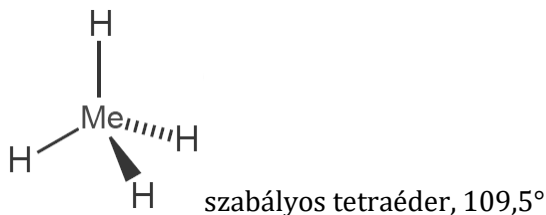
e)



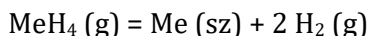
f)



g)



h)



Sok jó megoldás született, az átlagpontszám: 8,1. Az egyetlen hibátlan megoldást Saracco Lucio küldte be. Többet pontot vesztek a d) részben, ahol a két különböző oxidáció esetében nem mindkettőnél használták a higany(II)-kloridot, pedig a feladat szövege ezt kérte. Többen felismerni vélték az „ismeretlen fém”-ben az ónt, de ez nem volt szükséges a feladat megoldásához.

(Borbás Réka)

H341. a)

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{(c_{\text{BA}} - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}$$

Nem mértünk be BA-t, így a $c_{\text{BA}} = 0 \text{ M}$

Sejtésünk szerint az oldat savas lesz ($[\text{H}^+] \gg 10^{-7}$), így a $[\text{OH}^-]$ elhanyagolhatóan kis mennyiségű a $[\text{H}^+]$ -hoz képest, és mivel összeadást és kivonást végzünk vele, így el is hagyhatjuk.

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{([\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+]}$$

$$(1 - [\text{H}^+]) \cdot 1,86 \cdot 10^{-5} = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = 4,30 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,37$$

b)

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,1 - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}$$

Próbáljuk meg azt, hogy elhagyjuk a felső és az alsó összegekből a $[\text{H}^+]$ -t és a $[\text{OH}^-]$ -t. Az eredmény fényében pedig még visszatérhetünk a fenti egyenlethez.

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{0,1 \cdot [\text{H}^+]}{1}$$

$$1,86 \cdot 10^{-4} = [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = 3,73$$

Vagyis az oldat savas ($[\text{H}^+] \gg 10^{-7}$), így az $[\text{OH}^-]$ -t bátran elhagyhatjuk, így:

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,1 + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = 1,86 \cdot 10^{-4}$$

Ez megegyezik a fenti értékkel, vagyis a hidrogénion-koncentrációt is bátran elhanyagolhatjuk, de csak az összeadás során!

c) A sósavat erős savnak tekintjük, az erős savaknak pedig az a tulajdonságuk, hogy a disszociációfokukat egynek tekinthetjük, ami azt jelenti, hogy a savi disszociációs állandójuk egy rendkívül nagy szám, közel végtelen. Ezzel a tulajdonsággal is jól használható a képlet, egy reciprokképzést követően:

$$K_s = \frac{(c_{\text{BA}} - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}$$

$$\frac{1}{K_s} = \frac{c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}{(c_{\text{BA}} - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]} \cong 0$$

Ha a tört értéke 0, akkor a számláló értéke biztosan nulla.

$$c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] = 0$$

Mivel az oldat savas ($[\text{H}^+] \gg 10^{-7}$), így a $[\text{OH}^-]$ elhanyagolhatóan kis mennyiségű a $[\text{H}^+]$ -hoz képest, így azt az összegből elhagyhatjuk.

$$\begin{aligned} c_{\text{HA}} &= [\text{H}^+] \\ \text{pH} &= 2 \end{aligned}$$

d) Hasonlóan a c) feladathoz, itt is eljutunk a következő képlethez:

$$c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] = 0$$

Csak hogy mivel a sósavoldat nagyon híg, így nem tekinthetünk el a $[\text{OH}^-]$ -től, nem hanyagolhatjuk el a képletben. Így a vízionszorzat ismert képletét behelyettesítve a következő összefüggés adódik:

$$c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + \frac{K_v}{[\text{H}^+]} = 0$$

Ami algebrai átalakításokat követően egy másodfokú egyenletre vezet, amit megoldva a következő összefüggés jön ki.

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \frac{c_{\text{HA}} + \sqrt{c_{\text{HA}}^2 + 4K_v}}{2} \\ \text{pH} &= 6,79 \end{aligned}$$

A feladat egy középiskolai tananyagban túlmutató, mégis középiskolai ismeretek segítségével levezethető képletet jelent meg. A feladat nehézsége abból fakadhat, hogy olykor nem könnyű megérteni, hogy miért is tarthatunk figyelmen kívül egy adott értéket az egyenletben, és miért kell figyelembe vennünk, ha szorzunk vele, vagy egy másik konkrét esetben.

(Borzsák István Mihály)

H342. a) Feltételezhetjük, hogy a megkötött $0,55 \text{ ml}$, azaz $2,42 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ gáz ugyanennyi felületi Pt atomhoz kapcsolódik. Ez az összes $0,01 \text{ g}$ Pt atomjainak 47% -a.

b) Az $1,0 \text{ g}$ Pt által megkötött $2,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ CO az $1,46 \cdot 10^{21}$ darab molekula.

c) Ha ezek a molekulák $0,080 \text{ nm}^2$ felületet foglalnak el, az mindösszesen 117 m^3 felületet jelent.

d) 1 g Pt térfogata a sűrűségének megfelelően $4,66 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$. Egy gömb alakú részecske térfogatának és felületének hányadosa:

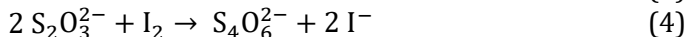
$$\frac{V}{A} = \frac{4/3 r^3 \pi}{4r^2 \pi} = \frac{r}{3}$$

A térfogat és felület ismeretében a részecske sugara tehát 1,19 nm, átmérője 2,39 nm.

A feladat eleje nem jelentett komoly kihívást, csak néhányan nem látták át a megadott adatok és ábrák által sugallt modellt. Tévedést leginkább az utolsó lépésben követtek el a beküldők.

(Magyarfalvi Gábor)

H343. a) A mérés során az oldatban lévő szulfidionok a hozzáadott, feleslegben alkalmazott kadmiumionokkal kanárisárga CdS csapadékot képeztek (a szulfidionok folyamatos fogyásával a Le Chatelier – Braun elv szerint a HS^- ionok és a H_2S molekulák folyamatosan deprotonálódtak, így végeredményben gyakorlatilag a kén-hidrogén összes speciesze levált CdS formájában). A tioszulfátionok pedig a jodometria jól ismert alapegyenletének megfelelően reagáltak a jóddal, mindaddig, míg el nem fogytak. Ekkor a következő csepp mérőoldat jódtartalma már nem tudott elreagálni, emiatt jelent meg a keményítővel mutatott szintén jól ismert kék színreakció. A lejátszódó reakciók a következők:



A levált 9,50 mg CdS csapadék anyagmennyisége

$$\frac{0,0095 \text{ g}}{144,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 6,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Így a benne lévő kéntartalom:

$$6,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2,11 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 2,11 \text{ mg.}$$

A tioszulfátionok

$$7,30 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 0,0250 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 1,825 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

jóddal reagáltak, így a (4) reakcióegyenletnek megfelelően anyagmennyiségük

$$2 \cdot 1,825 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 3,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol}.$$

Így az ebben jelen lévő kéntartalom:

$$3,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 2 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,0234 \text{ g} = 23,4 \text{ mg}.$$

Tehát a hőforrás vizének 100 ml-ében a teljes kéntartalom

$$2,11 \text{ mg} + 23,4 \text{ mg} = 25,5 \text{ mg}.$$

Ez azt jelenti, hogy 10-szer ennyi, azaz 1000 ml oldatban – melynek tömege az 1 g/cm^3 sűrűség alapján épp 1 kg – 255 mg a teljes kéntartalom. Tehát a hőforrás vizének teljes kéntartalma 255 mg/kg.

b) Ezen mintában a tioszulfátionok anyagmennyisége

$$\frac{0,0059 \text{ g}}{(2 \cdot 32 + 3 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,268 \cdot 10^{-5} \text{ mol}.$$

Így az ebből származó kéntartalom

$$5,268 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 2 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3,371 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 3,371 \text{ mg}.$$

1 dm^3 , azaz a megadott sűrűség alapján 1 kg oldatban $1,00 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$ szulfidion van, ennek tömege

$$1,00 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3,20 \cdot 10^{-7} \text{ g} = 3,20 \cdot 10^{-4} \text{ mg}.$$

Ez már csak a tioszulfátionokból származó kéntartalom mellett is elhanyagolható mennyiség.

A megadott pH alapján az oldatban a hidrogénionok egyensúlyi koncentrációja $[\text{H}^+] = 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$. A megadott savi disszociációs állandók, és az a) részben már szereplő reakcióegyenletek alapján felírhatók a következő egyenletek:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

Az ismert adatokat behelyettesítve:

$$9,50 \cdot 10^{-8} = \frac{10^{-8}[HS^-]}{[H_2S]}$$

$$1,30 \cdot 10^{-14} = \frac{10^{-8} \cdot 10^{-8}}{[HS^-]}$$

Utóbbi egyenletből:

$$[HS^-] = \frac{10^{-16}}{1,30 \cdot 10^{-14}} = 7,692 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ezt behelyettesítve K_1 egyenletébe:

$$[H_2S] = \frac{10^{-8} \cdot 7,692 \cdot 10^{-3}}{9,5 \cdot 10^{-8}} = 8,097 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Megállapítható tehát, hogy literenként, azaz kg-onként a hőforrás vizében a HS^- ionok és a H_2S molekulák anyagmennyisége összesen

$$7,692 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 8,097 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 8,502 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Ez megfelel

$$8,502 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,2721 \text{ g} = 272,1 \text{ mg}$$

kénnek. Így a forrásvíz teljes kéntartalma

$$272,1 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} + 3,371 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = 275 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}.$$

c) Ebben a feladatrészben a kálium-jodidos jódoldatot feleslegben használták. Erre onnan következtethetünk, hogy még miután elreagált a forrásvíz eredeti kéntartalmával, az után is részben maradnia kellett elreagálatlan jódnak, hiszen ezt a maradékot titráltuk vissza a nátrium-tioszulfát mérőoldattal, és ameddig ebből nem adagoltunk elegendőt, a keményítő megbízhatóan adta a jóddal megszokott kék színreakciót. A visszaméréskor a (4) reakcióegyenlet szerinti reakció játszódik le. A szükséges tioszulfátonok anyagmennyisége:

$$0,073 \text{ dm}^3 \cdot 0,0200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

Ezzel a (4) egyenlet szerint feleennyi, azaz $7,3 \cdot 10^{-4}$ mol jódd reagált a vizsgált 100 ml-nyi törzsoldatban. Ez azt jelenti, hogy a törzsoldat teljes, 1000 ml-es mennyiségében 10-szer ennyi, azaz $7,30 \cdot 10^{-3}$ mol jódfelesleg volt.

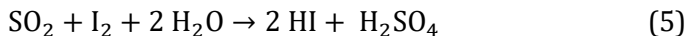
Ezen törzsoldatban az eredeti, teljes jódmennyiség

$$0,5 \text{ dm}^3 \cdot 0,0200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,0100 \text{ mol}$$

volt. Ez azt jelenti, hogy az elnyeletett kén-hidrogénnel, illetve a belőle származó szulfidionokkal, valamint a kén-dioxiddal elreagált összesen

$$0,0100 \text{ mol} - 7,30 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,70 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

jód. A kén-dioxiddal történő reakció egyenlete a következő:



Az itt keletkező kénsav szulfácionjai a báriumionokkal fehér, igen rosszul oldódó BaSO_4 csapadékot képeztek (a kén csapadékot már korábban kiszűrték). Ennek anyagmennyisége

$$\frac{0,0415 \text{ g}}{233,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,778 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

volt a törzsoldat 1/10 részében. Ez az (5) reakcióegyenlet szerint ugyanennyi mól kén-dioxidból keletkezett, azaz a gázminta tizedrészében, azaz éppen 1 l-ében ennyi, azaz $1,778 \cdot 10^{-4}$ mol kén-dioxid volt, és a reakcióegyenlet szerint ez ugyanekkora anyagmennyiségű jóddal képes reagálni. Tehát a teljes, 10 l-es gázminta kén-dioxid tartalma

$$10 \cdot 1,778 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1,778 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

jóddal reagált.

Így a kén-hidrogén jódfogyasztása a teljes mintára nézve

$$2,70 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 1,778 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 9,219 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

A kén-hidrogén a következő egyenlet szerint reagál a jóddal:



Ez azt jelenti tehát, hogy a reagáló jód és a kén-hidrogén anyagmennyisége azonos, tehát a 10 l gázmintában $9,219 \cdot 10^{-4}$ mol, tehát 1 l-ben $9,219 \cdot 10^{-5}$ mol kén-hidrogén volt.

Tehát a gázminta kén-dioxid tartalma $1,78 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$, míg kén-hidrogén tartalma $9,22 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ volt.

A feladatot a versenyzők nagy többsége sikerrel vette, sok volt a hibátlan, vagy legfeljebb kis számolási hibát tartalmazó megoldás. Ennek megfelelően az átlagpontszám igen magas, 9,11 volt.

(Csorba Benjámin)

H344. a) A 20 méteres mélységben a hidrosztatikai nyomás 1,96 bar, ehhez adódik a légköri nyomás. A 2,96 bar össznyomás mellett a Henry-törvény szerint a nitrogén móltörtje $2,96 \text{ bar} / 8,57 \cdot 10^4 \text{ bar} = 3,45 \cdot 10^{-5}$.

Az 5 liter víz 278 molja mellett ez 9,60 mmol nitrogéngáznak felel meg.

A 0,8 barra történő nyomáscsökkenés során a felszabaduló gáz hányada arányos a nyomásváltozással, az oldott mennyiség $2,16/2,96$ -szereze. Ez az adott nyomáson és hőmérsékleten 217 cm^3 térfogatot tölt ki.

b) A Henry-törvény értelmében az ennyi vízben oldott szén-dioxid mennyisége arányos a nyomással (feltételezve, hogy a víz anyagmennyisége jóval nagyobb):

$$n_{old} = \frac{p n_{v\acute{z}}}{k_H} = p \, 26,7 \frac{\text{mmol}}{\text{atm}}$$

Az adott térfogatú gázfázisban levő szén-dioxid mennyisége az ideális gáztörvény miatt lesz arányos az össznyomással:

$$n_{g\acute{a}z} = \frac{p V_{g\acute{a}z}}{RT} = p \, 3,01 \frac{\text{mmol}}{\text{atm}}$$

A gáz összmennyisége változatlan, 150,6 mmol. [Ilyen nyomáson a szén-dioxid viselkedését az ideális gáztörvény persze egyáltalán nem írja le jól, sőt 50 bar nyomáson és 10 °C-on cseppfolyós halmazállapotú. Egy üdítőital esetében az 5 atm nyomású szén-dioxid lett volna az életszerű.]

A gázmennyiségre felírható egyenletet megoldva az össznyomás 5,07 atm lesz, és az oldatba 135 mmol szén-dioxid kerül.

b) A hőmérséklet növelése esetén a közelítő egyenletek állandói megváltoznak. Az egyenletek megoldásával 12,1 atm nyomás és 119 mmol oldott CO_2 adódik 50 °C-on.

(Magyarfalvi Gábor)

H345. a) A feladat nem említi egyértelműen, hogy ebben a feladatrészben az edény zárt vagy nyitott állapotban van. Ennek az eredmény szempontjából nincs nagy jelentősége, csak néhány %-os eltérés van a két módon számított eredmény között. A Henry-törvény szerint a gázok oldhatósága egyenesen arányosan az oldattal egyensúlyban lévő gáztérben az adott gáz parciális nyomásával, az arányossági tényező a Henry-állandó. Nyitott edényt feltételezve a gáztérben az oxigén parciális nyomása mindvégig állandó, a 21 V/V % alapján a teljes nyomás 21 %-a, azaz 0,21 bar. Ekkor az oldatban az oxigén móltörtje a Henry-törvény felírásával számolható:

$$0,21 \text{ bar} = 4,42 \cdot 10^4 \text{ bar} \cdot x_{\text{O}_2}$$

Innen $x_{\text{O}_2} = 4,75 \cdot 10^{-6}$. Ez azt jelenti, hogy az oldatban szinte csak az oldószer, azaz a víz lesz jelen, ennek mennyisége mellett az összmennyiségben az oldott oxigén elhanyagolható. Így az oldat sűrűsége a víz sűrűségével, 1 g/cm³-rel azonosnak vehető, azaz 1 l oldat tömege 1 kg, azaz 1000 g. Így benne a víz anyagmennyisége, melyet a teljes anyagmennyiséggel azonosnak vehetünk:

$$\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 55,56 \text{ mol}$$

Az oldott oxigéngáz anyagmennyisége így

$$55,56 \text{ mol} \cdot 4,75 \cdot 10^{-6} = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Ennek tömege

$$2,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 8,45 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 8,45 \text{ mg}$$

Tehát 8,45 mg oxigén oldódik fel a vízben, az oxigén móltörtje pedig $4,75 \cdot 10^{-6}$ lesz az oldatban.

Amennyiben zárt rendszert feltételezünk, kiszámítható, hogy kezdetben hány mól oxigén van jelen a gáztérben. Ez lesz az oxigén teljes mennyisége a folyamat során, mivel kezdetben a víz nem tartalmazott oldott oxigént. Kezdetben az oxigén parciális nyomása $p_1 = 0,21 \text{ bar} = 21\,000 \text{ Pa}$, térfogata $V = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$, hőmérséklete $T = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$. Alkalmazva az ideális állapotegyenletet az oxigén kezdeti n_1 anyagmennyisége kiszámítható:

$$p_1 V = n_1 R T$$

$$n_1 = \frac{p_1 V}{R T} = \frac{21\,000 \text{ Pa} \cdot 0,001 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 8,472 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Oldódjon be ebből n mól az oldatba, ekkor a gáztérben ugyanennyivel csökken az oxigén anyagmennyisége. A gáztérben az oxigén parciális nyomása és anyagmennyisége egyenesen arányos (amennyiben feltételezzük a térfogat és a hőmérséklet állandóságát), tehát az oxigén parciális nyomása ugyanannyiszorosára csökken, ahányszorosára az anyagmennyisége. Az oldat teljes anyagmennyiségét továbbra is 55,56 mólnak tekinthetjük. Így felírható ismét Henry törvénye:

$$\frac{8,472 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - n}{8,472 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \cdot 0,21 \text{ bar} = 4,42 \cdot 10^4 \text{ bar} \cdot \frac{n}{55,56 \text{ mol}}$$

Innen $n = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$, mely 8,19 mg oxigénnek felel meg, az oxigén móltörtje pedig ekkor $4,61 \cdot 10^{-6}$. Látható, hogy az eredmény csak néhány %-kal tér el attól az esettől, ha nyitott edényt feltételeztünk.

b) Legyen a gáztér lecserélése előtt az oldatban lévő oldott oxigéngáz anyagmennyisége y . A gáztér lecserélése után (mivel a teljes gázteret argonnal töltjük fel) ez lesz a rendszerben lévő teljes oxigénmennyiség. Maradjon ebből oldatban z anyagmennyiségű oxigéngáz, ami azt jelenti, hogy $y-z$ anyagmennyiségű az egyensúlyi gáztérbe kerül. A gáztér termodinamikai paraméterei azonosak a korábbiakkal, így benne az oxigén egyensúlyi parciális nyomása kétféleképpen (az ideális állapotegyenlet, valamint a Henry-törvény alapján) felírható:

$$\frac{z - y}{0,001 \text{ m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K} = 4,42 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \frac{y}{55,56 \text{ mol}}$$

Ebben az egyenletben z és y mólban értendő, valamint kihasználtuk, hogy $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. Innen $y = \frac{z}{33,1}$.

Azaz minden lépésben az előző érték 33,1-ed részére csökken az oldatban az oxigén anyagmennyisége, így (mivel a víz anyagmennyisége mellett az oxigéné továbbra is elhanyagolható) a móltörtje is. Ez alapján, amennyiben kezdetben $4,75 \cdot 10^{-6}$ volt az oxigén móltörtje, akkor az első argonnal történő kezelés után ez $1,44 \cdot 10^{-7}$ értékre, míg, ha a kiindulási móltört $4,61 \cdot 10^{-6}$ volt, akkor $1,39 \cdot 10^{-7}$ értékre csökken. A ppt 10^{-12} részt jelent, azaz azt szeretnénk, hogy az oxigén móltörtje a kezdeti érték $\frac{4,75 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} = 4\,750\,000$ -ed részére csökkenjen. A következő exponenciális egyenletet kell tehát megoldanunk:

$$\begin{aligned} 33,1^k &= 4\,750\,000 \\ k &= \log_{33,1} 4\,750\,000 = 4,39 \end{aligned}$$

Ez azt jelenti, hogy 4 kezelés még nem, 5 már elég. Tehát még 4-szer (az első kezelést is beleértve 5-ször) kell az eljárást megismételni. Amennyiben a ppt-t tömegre értelmezzük, az azt jelenti, hogy az 1 kg tömegű oldatban 10^{-6} mg alá kell csökkennie az oldott oxigéntartalomnak. Ekkor hasonlóan felírható egy exponenciális egyenlet, mely megoldása 4,56, tehát ekkor is azt kapjuk, hogy 5 argonnal történő kezelés szükséges.

c) Először az ideális állapotegyenlet segítségével számítsuk ki, mekkora anyagmennyiségű A és B gáz van kezdetben a gáztérben. A kezdeti parciális nyomás mindkét esetben $p_2 = 2 \text{ bar} = 200\,000 \text{ Pa}$. Így a kezdeti anyagmennyiségek:

$$\begin{aligned} p_2 V &= n_2 RT \\ n_2 &= \frac{p_2 V}{RT} = \frac{200\,000 \text{ Pa} \cdot 0,001 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,08068358 \text{ mol} \end{aligned}$$

Oldódjon be az A gázból az oldatba a mol, a B gázból b mol, melyekből alakuljon át x mol az AB vegyületté. Így az egyensúlyi állapotban a gáztérben $(0,08068358 - a)$ mol A anyag, és $(0,08068358 - b)$ mol B anyag, míg az oldatban $(a - x)$ mol A anyag, $(b - x)$ mol B anyag, és x mol AB vegyület van jelen.

Ekkor, hasonlóan, mint a b) feladatrészen mindkét gáz parciális nyomását felírhatjuk kétféleképpen, és ezen nyomásokat egyenlővé tehetjük, valamint felírhatjuk az egyensúlyi állandót is (ebben fontos, hogy móltörtök szerepelnek, így az előbb megadott anyagmennyiségeket el kell osztanunk az oldat teljes anyagmennyiségével, melyet továbbra is 55,56 móllal közelítünk):

$$\begin{aligned} & \frac{(0,08068358 - a) \text{ mol}}{0,001 \text{ m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K} \\ & = 1,0 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \frac{(a - x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}} \\ & \frac{(0,08068358 - b) \text{ mol}}{0,001 \text{ m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K} \\ & = 2,0 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \frac{(b - x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}} \\ & 500 = \frac{\frac{x \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}}}{\frac{(a-x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}} \cdot \frac{(b-x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}}} \end{aligned}$$

Az egyenleteket rendezve:

$$\begin{aligned} a &= \frac{0,08068358 + 7,261522x}{8,261522} \\ b &= \frac{0,08068358 + 14,523044x}{15,523044} \\ 9 &= \frac{x}{(a - x) \cdot (b - x)} \end{aligned}$$

Ezt követően a és b x -szel kifejezett értékét beírva az egyensúlyi állandó képletébe:

$$9 = \frac{x}{\left(\frac{0,08068358 + 7,261522x}{8,261522} - x \right) \cdot \left(\frac{0,08068358 + 14,523044x}{15,523044} - x \right)}$$

A nevezőben lévő két törtben közös nevezőt kialakítva, majd a törtet összevonva és végül összeszorozva:

$$9 = \frac{x}{\frac{(0,08068358 - x)^2}{8,261522 \cdot 15,523044}}$$

A nevezőben lévő törttel szorozva, a zárójeles kifejezést felbontva, végül az egyenletet 0-ra rendezve:

$$0 = 9x^2 - 129,69627x + 0,05858856$$

A másodfokú egyenlet megoldóképletébe behelyettesítve:

$$x_{1,2} = \frac{129,69627 \pm 129,68814}{18}$$

Megjegyzendő, hogy ebből a kifejezésből látható, miért volt szükséges kiírni az előzőekben a részeredményeket igen sok értékes jegyre. Látható, hogy még 4 értékes jegy kiírása is olyannyira kevésnek bizonyult volna, hogy ebben az esetben a számlálóban lévő két szám megegyezne (129,7 lenne), azaz az egyenlet egyik gyöke 0 lenne. Nekünk azonban pont erre a gyökre van szükségünk, mely értéke $x = 4,52 \cdot 10^{-4}$. A másik gyök 14,41, ez azonban kémiaiilag nem reális, mivel összesen sem volt jelen 14,41 mol A és B anyag, így nem alakulhatott ki ennyi AB vegyület.

Ezután x értékét visszahelyettesítve kapjuk, hogy:

$$a = \frac{0,08068358 + 7,261522 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4}}{8,261522} = 0,0102$$

$$b = \frac{0,08068358 + 14,523044 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4}}{15,523044} = 5,62 \cdot 10^{-3}$$

Így az A anyag adatai:

- oldatbeli móltörtje $\frac{a-x}{55,56} = \frac{0,0102-4,52 \cdot 10^{-4}}{55,56} = 1,75 \cdot 10^{-4}$
- gáztérbeli parciális nyomása: $1,75 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4 \text{ bar} = 1,75 \text{ bar}$

A B anyag adatai:

- oldatbeli móltörtje $\frac{b-x}{55,56} = \frac{5,62 \cdot 10^{-3}-4,52 \cdot 10^{-4}}{55,56} = 9,30 \cdot 10^{-5}$
- gáztérbeli parciális nyomása: $9,3 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ bar} = 1,86 \text{ bar}$

d) Az előzővel teljesen azonos módon (de más számértékek behelyettesítésével) elvégezve a számításokat, a B anyag móltörtjére ekkor $9,10 \cdot 10^{-5}$ adódik. Ez az érték az előbbinek

$$\frac{9,30 \cdot 10^{-5}}{9,10 \cdot 10^{-5}} \cdot 100 \% = 97,8 \% -a.$$

A feladatot viszonylag kevesen küldték be, azonban a beküldők többsége sikeresen vette az akadályokat és helyes vagy szinte helyes megoldást küldött. Ennek megfelelően az átlagpontszám 7,35 volt.

(Csorba Benjámin)

H346. a) Az elemi cella 8 csúcán levő atomok 8 cellához, a 6 lap közepén található atomok két cellához tartoznak. Ezen a 4 atomon felül a cella belsejében is található 4 atom. Tehát $n = 8$.

b) A sűrűség egyszerűen az elemi cella tömegének és térfogatának hányadosa:

$$d = \frac{nm}{a^3}$$

c) A gömb térfogatából és sűrűségéből megkaphatjuk a tömegét. A kritikus lépés az atomi tömegegység, u bevezetése, ami az Avogadro-állandó korábbi definíciója szerint $u = 0,001 \text{ kg}/N_A$. Az így kapott egyenletben az Avogadro-állandón felül mindent ismerünk:

$$w = \frac{4}{3} \pi r^3 d = \frac{4 \pi n m \cdot 0,001}{3 N_A} \frac{r^3}{a^3}$$

Az adatokból kapható $N_A = 6,07 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$.

d) A méter és a másodperc rögzített értékeire van még szükség a Planck-állandón felül:

$$1 \text{ kg} = \frac{h}{6.62607015 \times 10^{-34} \text{ (1 m)}^2} \frac{1 \text{ s}}{(1 \text{ m})^2} = 1.4755214 \times 10^{40} \frac{\Delta v_{\text{Cs}} h}{c^2}$$

e) A hullámhossz és frekvencia közti összefüggés: $c = \nu \lambda$ és a tömeg-energia ekvivalenciát felhasználva:

$$m = \frac{h}{c \lambda} = 3,48 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$$

A fizikai definíciókat körüljáró feladat nem keltett nagy érdeklődést, bár a beküldők zöme jó válaszokat adott. A helytelen kerekítéseket és értékes jegyek számát nem büntettük. Az Avogadro-állandó pontos meghatározása már diákolimpiákon is előfordult feladatként, pedig

ilyenkor nagy segítség, hogy a várható eredményt tulajdonképpen ismerjük.

(Magyarfalvi Gábor)

H347. a) A feladat megoldását célszerű a töltésmérleg felírásával kezdeni és ezen megvizsgálni a lehetséges elhanyagolásokat (melyik speciesz koncentrációja becsülhető 0 mol/dm³-rel a többi mellett).

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}].$$

Az oldatunk savas lesz, így a hidroxidionok koncentrációja elhanyagolható. Továbbá élhetünk azzal a becsléssel, hogy $\text{pH} \ll \text{p}K_{a2}$, így a karbonátionok koncentrációja is elhanyagolhatóvá válik. Ezen megfontolások alapján a töltésmérleg a következőképpen egyszerűsödik:

$$[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-].$$

A következőkben ezt az összefüggést és a megadott állandókat használva kell kifejeznünk a hidrogénion koncentrációt a szén-dioxid parciális nyomásának függvényében. Az egyensúlyi állandóba a $\text{CO}_2(\text{g})$ bar mértékegységben mért parciális nyomás értéke kerül, amelyet osztanunk kell a referencia nyomás értékkel $p^\ominus = 1 \text{ bar}$, így a szén-dioxid móltörtjét kapjuk: $x_{\text{CO}_2} = 4,10 \cdot 10^{-4}$.

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{a1}[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{a1}(K_{\text{hyd}}[\text{CO}_2])}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{a1}K_{\text{hyd}}(K_{\text{gas}}x_{\text{CO}_2})}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{a1}K_{\text{hyd}}K_{\text{gas}}x_{\text{CO}_2}} = 2,5 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 5,60$$

b) A pH hatását az „összes oldott széntartalom” vizsgálatához induljunk ki a széntartalmú specieszek anyagmérlegéből:

$$c_c = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

Az a) kérdésben tett megfontolások alapján a karbonát-ionok koncentrációja elhanyagolható. Továbbá tudjuk a szén-dioxid oldódási egyensúlyából, hogy: $[\text{H}_2\text{CO}_3]/[\text{CO}_2] = 10^{-2,70}$, így az oldott szénsav mennyisége is elhanyagolható. Itt érdemes megjegyezni, hogy ennél az állandónál a víznek a koncentrációjával (mint oldószernek) nem kell számolnunk. Tehát az anyagmérleg a következőképpen egyszerűsödik:

$$c_c = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-].$$

Az egyenletben szereplő két koncentráció közötti összefüggés a következő:

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_{a1} (K_{\text{hyd}}[\text{CO}_2])}{[\text{H}^+]} = 10^{-6,35+\text{pH}}[\text{CO}_2].$$

Ezeket az összefüggéseket használva vizsgáljuk meg az összes oldott széntartalom változását a pH függvényében. Ehhez képezzük az egyes pH-n számolt mennyiségek arányait.

1. eset $\Delta\text{pH} = +1$:

$$\frac{10^{-6,35+6,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]}{10^{-6,35+5,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]} = \frac{10^{+0,25} + 1}{10^{-0,75} + 1} = \frac{2,78}{1,18} = 2,4$$

2. eset $\Delta\text{pH} = -1$:

$$\frac{10^{-6,35+4,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]}{10^{-6,35+5,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]} = \frac{10^{-1,75} + 1}{10^{-0,75} + 1} = \frac{1,02}{1,18} = 0,86$$

A feladat megoldásával kapcsolatban a legtöbb nehézséget a szén-dioxid parciális nyomásának megfelelő egységben történő alkalmazása, illetve a szén-dioxid oldódása során a víz koncentrációjának alkalmazása jelentette.

(Varga Szilárd)

H348. a) Írjuk fel a különböző egyensúlyi állandókat a reakcióegyenletekben szereplő anyagok koncentrációjának segítségével!

$$K_{\text{OHCN}} = 10^{13,20} = \frac{[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-][\text{OH}^-]}$$

$$\beta_2 = 10^{20,40} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}$$

$$\beta_3 = 10^{21,40} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^3}$$

$$\beta_4 = 10^{20,80} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4}$$

Ezekből a kérdéses komplexek koncentrációit kifejezve:

$$[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] = 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-][\text{OH}^-]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] = 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] = 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^3$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] = 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4$$

Beírva az előbbi egyenletekbe, hogy jelenleg $[\text{CN}^-] = [\text{OH}^-] = 1,00 \text{ M}$, megkapjuk, hogy az egyes komplexek koncentrációja hányszorosa a szabad ezüstionok koncentrációjának:

$$[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] = 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] = 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] = 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] = 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+]$$

Látható, hogy mindegyik szorzótényező 1-nél nagyobb, így a kérdéses specieszek közül az Ag^+ -ionok koncentrációja a legkisebb. A további sorrend az előbbi egyenletekben látható szorzótényezők alapján felállítható. Így tehát a kérdezett csökkenő sorrend:

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] > [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] > [[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] > [[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] > > [\text{Ag}^+]$$

A legnagyobb koncentrációjú speciesz az $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$, ennek kell tehát meghatározni a koncentrációját. Mivel a teljes oldott ezüstkonzentráció $1,00 \text{ mM}$, így felírható a következő egyenlet:

$$10^{-3} = [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] + [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] + [[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] +$$

$$+ [[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] + [\text{Ag}^+]$$

$$10^{-3} = 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+] + 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+] + 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+] +$$

$$+ 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+] + [\text{Ag}^+]$$

$$10^{-3} = 3,394 \cdot 10^{21} \cdot [\text{Ag}^+]$$

Innen a szabad Ag^+ koncentrációját kifejezve:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{10^{-3}}{3,394 \cdot 10^{21}} = 2,946 \cdot 10^{-25}$$

Ebből a kérdéses $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$ komplexion koncentrációját meghatározhatjuk:

$$\begin{aligned} [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] &= 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+] = 10^{21,40} \cdot 2,946 \cdot 10^{-25} \\ [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] &= 7,40 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Tehát a legnagyobb koncentráció értéke $7,40 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

b) A teljes sorrend akkor és csak akkor nem változik meg, ha az oldal tetején írt 4 reláció mindegyike továbbra is fennáll (ha valamelyik megváltozik, akkor minimum az a két speciesz helyet cserél a sorrendben, ha pedig nem változik meg egyik sem, akkor mindenképp fennmarad a fenti sorrend). Meg kell tehát határoznunk mind a négy reláció esetén a CN⁻-ionok koncentrációjának azt az alsó vagy felső határát, ahol a sorrend megváltozik. Ehhez sorban áttekintjük az összes relációt, felírva a megfelelő egyenlőtlenségeket, és behelyettesítve az egyensúlyi állandók alapján az előző oldalon kifejezett értékeket, végül algebrai átalakítások után megkapva a CN⁻-ionok koncentrációjának határát.

Tekintsük először sorrendben az első relációt:

$$\begin{aligned} [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] &> [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] \\ 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^3 &> 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4 \\ 10^{0,60} &> [\text{CN}^-] \\ 3,98 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} &> [\text{CN}^-] \end{aligned}$$

Tekintve a sorrendben második relációt:

$$\begin{aligned} [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] &> [[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] \\ 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4 &> 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2 \\ [\text{CN}^-]^2 &> 10^{-0,40} \\ [\text{CN}^-] &> 10^{-0,20} \\ [\text{CN}^-] &> 0,631 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \end{aligned}$$

Tekintve a sorrendben harmadik relációt:

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] > [[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-]$$

$$10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2 > 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-] \cdot 1$$

$$[\text{CN}^-] > 10^{-7,20}$$

$$[\text{CN}^-] > 6,31 \cdot 10^{-8} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Tekintve a sorrendben legutolsó relációt:

$$[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] > [\text{Ag}^+]$$

$$10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-] \cdot 1 > [\text{Ag}^+]$$

$$[\text{CN}^-] > 10^{-13,20}$$

$$[\text{CN}^-] > 6,31 \cdot 10^{-14} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Összevetve a cianidionok koncentrációjára kapott négy egyenlőtlenséget, megállapítható, hogy ez a koncentráció összességében $0,631 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ és $3,98 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ változhat úgy, hogy az előző feladatrészen megállapított koncentrációsorrend ne változzon meg.

A feladat sikeresnek bizonyult a beküldők többsége számára, a beküldők több mint fele hibátlan megoldást adott be. Az átlagpontoszám 7,93 pont volt.

(Csorba Benjámin)

H349. a) Írjuk fel a brómtimolkék indikátor savi disszociációs állandóját a megfelelő koncentrációk segítségével! Ehhez jelöljük a brómtimolkék protonált formáját HA-val, a deprotonált formát A⁻-szal!

$$K_s = 10^{-7,1} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Ez alapján 2-es pH-n, ahol $[\text{H}^+] = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$:

$$\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = \frac{[\text{H}^+]}{K_s} = \frac{10^{-2}}{10^{-7,1}} = 10^{5,1} = 125\,893$$

Ezzel szemben 12-es pH-n, ahol $[\text{H}^+] = 10^{-12} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

$$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_s}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-7,1}}{10^{-12}} = 10^{4,9} = 79\,433$$

Látható tehát ezen arányokból, hogy 2-es pH-n a protonált speciesz mellett a deprotonált speciesz koncentrációja elhanyagolható, 12-es pH-n pedig a deprotonált speciesz koncentrációja mellett hanyagolható el a protonált speciesz koncentrációja. Tehát úgy tekinthető, hogy 2-es pH-n a brómtimolkék teljes, $c = 200 \mu\text{mol}/\text{dm}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3$ mennyisége protonált, míg 12-es pH deprotonált formában van jelen.

Így tehát úgy tekinthetjük, hogy 2-es pH-n a hullámhossztól függetlenül csak a protonált, 12-es pH-n pedig csak a deprotonált forma okozott fényelnyelést (mivel a mért abszorbanciák nagyságrendileg hasonlóak, így az az eset sem állhat fenn, hogy valamelyik hullámhosszon valamelyik speciesz moláris abszorpciós koefficiense nagyságrendekkel nagyobb lenne a másikénál, azaz igen kis koncentrációban is jelentős elnyelést adna).

A Lambert-Beer törvény alapján amennyiben csak egy fényelnyelő komponens van jelen az oldatban, az abszorbancia a következőképpen írható fel:

$$A = \varepsilon cl$$

Itt ε a moláris abszorpciós koefficiens, $l = 1 \text{ cm}$ pedig a fény úthossza. A moláris abszorpciós koefficiens kifejezve:

$$\varepsilon = \frac{A}{cl}$$

Ezt a műveletet mindhárom hullámhosszon mindkét pH-n elvégezve, 2-es pH-n megkapjuk a protonált forma abszorpciós koefficienseit, 12-es pH-n pedig a deprotonált formáét. Az eredmények a következő táblázatban szerepelnek.

Hullámhossz	420 nm	501 nm	520 nm
HA	$8700 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$3500 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$1800 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$
A ⁻	$3000 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$3500 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$5300 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$

b) Ismert, hogy az abszorbanciák (a Lambert-Beer törvény érvényességi tartományán belül, tehát körülbelül 2-es abszorbanciáig) additívnak tekinthetők, azaz amennyiben mindkét speciesz számottevő formában van jelen, úgy az abszorbanciák összeadódnak. Mivel a pH-t nem ismerjük előre (épp ezt kell kiszámolni), így feltételeznünk kell, hogy ez a helyzet áll fenn. A két hullámhosszon érvényes moláris abszorpciós koeficiensek alapján a következő egyenletek írhatók fel (az 1 cm-es úthossz miatti 1-es szorzót elhagytam, a behelyettesített adatok mértékegységei alapján a koncentrációkat mol/dm³ egységben kapjuk):

$$1,13 = 8700 \cdot [\text{HA}] + 3000 \cdot [\text{A}^-]$$

$$0,52 = 1800 \cdot [\text{HA}] + 5300 \cdot [\text{A}^-]$$

Az egyenletrendszer megoldásai:

$$[\text{HA}] = 1,09 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{A}^-] = 6,12 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A savi disszociációs állandó képletéből a H⁺ koncentrációját kifejezve:

$$[\text{H}^+] = K_s \cdot \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 10^{-7,1} \cdot \frac{1,09 \cdot 10^{-4}}{6,12 \cdot 10^{-5}} = 1,41 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ez alapján az oldat pH-ja: $-\lg 1,41 \cdot 10^{-7} = 6,85$.

c) Látható, hogy 501 nm-es hullámhosszon a két forma moláris abszorpciós koeficiense azonos, ez által az abszorbancia szempontjából csak a két forma összkoncentrációjának van jelentősége, annak nem, hogy mekkora a pH, azaz milyen arányban van jelen a két forma (ez látszik akkor is, ha felírjuk a Lambert-Beer törvényt, és kiemeljük az ϵl szorzótényezőt, amit azért tehetünk meg, a két abszorpciós koeficiens megegyezik). Így tehát az mindegy, hogy milyen kémhatású oldattal történik a hígítás, csak annak van jelentősége, hogy 5-szörös térfogatra lett hígítva az elegy, azaz a két forma összkoncentrációja ötödére csökkent. Így ekkor az abszorbancia mindkét esetben:

$$A = 3500 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}} \cdot \frac{1,09 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} + 6,12 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{5} \cdot 1 \text{ cm}$$

$$A = 0,119$$

A feladatot a legtöbb versenyző viszonylag sikeresen meg tudta oldani, azonban az a) feladatrészen a moláris abszorpciókoefficiensek mértékegységét sokan elhagyták, valamint előfordult néhány versenyző esetén számolási hiba is. Teljesen hibátlan megoldást csak négyen küldtek. Az átlagpontszám 8,53 pont volt.

(Csorba Benjámin)

H350. a) Az (-)-epikatechin két kiralitáscentrumának abszolút konfigurációja a CIP-konvenció alapján: 2: R, míg 3: R. (lásd KÖKÉL 2004/4. Szabó András: Optikai izoméria)

b) Az **A** átalakítás egy észterképzési reakció. A felsorolt reagensek közül ez a sav katalizálta folyamat csak a MeOH, HCl reagens rendszerrel képzelhető el. Az első két körülmény erősen bázikus körülményeket jelöl, amelyek csak a karbonsav, illetve a fenolos részletek deprotonálását jelentené. A harmadik körülmény redukciót tenne lehetővé, de a kiindulási vegyületek funkciós csoportjai közül egyik sem redukálható ilyen körülmények között.

c) A **B** átalakítás egy ún. Williamson-féle éter képzés, ehhez bázis segítségével a fenolos hidroxil-csoportokból erős nukleofil fenolát-iont képeznek (így a 3. és 4. körülmény nem megfelelő). Az alkilező reagensnek az átalakuláshoz jó távozócsoportot kell tartalmazni, a hidroxidion önmagában nem jó távozócsoport, de a kloridion igen. Ezért a 2. körülmény lesz a megfelelő: PhCH_2Cl , NaH.

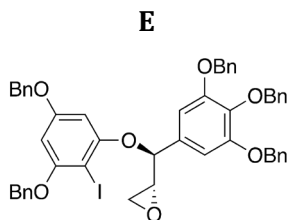
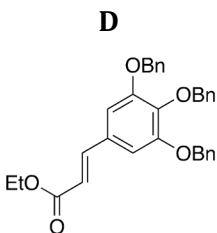
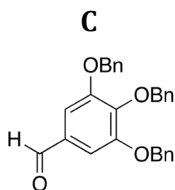
d) A **C** vegyülethez két lépésben jutunk. Először az észter részletet alkohollá redukáljuk (LiAlH_4), majd az alkohol részletet szelektíven aldehiddé oxidáljuk (PCC – piridínium klorokromát).

A **D** vegyület előállításához a malonsav félészterét használtuk bázikus közegben, így a savas CH-csoportja is deprotonálható, amely a **C** vegyület aldehid részével reagál nukleofilként egy nukleofil addíciós reakcióba, ezt követi egy víz elimináció és dekarboxilezés, így jutunk a megfelelő telítetlen észterhez.

Az **E** vegyület előállítása során egy $\text{S}_{\text{N}}2$ típusú alkilezési reakció játszódik le, ahol a nukleofilünk a vázolt fenol hidroxilcsoportja, míg a távozó csoport látszólag a kiindulási vegyület alifás hidroxilcsoportja. A sikeres reakcióhoz és a megfelelő inverziós sztereokémiához ún. Mitsunobu-féle reakció körülményeket alkalmaztunk (azadikarbonsav származék

és trialkil/triaril-foszfín), amely egyszerre gondoskodik a nukleofil aktiválásáról (deprotonálás) és a hidroxil-csoportot is jó távozócsoporttá alakítja, továbbá az S_N2 mechanizmusnak kedvező körülményeket hoz létre. (lásd KÖKÉL 2006/1. Kotschy András: Néhány jelentősebb szerves kémiai mechanizmus)

Ezek alapján a képződött vegyületek szerkezete:



A feladat alapvetően jól sikerült a beküldőknek, a megoldásokban a legtöbb nehézséget az E vegyület szerkezetének kitalálása okozta.

(Varga Szilárd)

KERESD A KÉMIÁT!



Szerkesztő: Keglevich Kristóf

Kedves Diákok!

Vége a 2020/2021-es tanév *Keresd a kémiát!* versenyének. Az összes forduló feladatait beküldők közül Bodnár Mária, a Soproni Széchenyi István Gimnázium tanulója (tanára: Kiss-Husztza Pálma) és Keszte Panna, a budapesti Eötvös József Gimnázium diákja (tanára: Ferenczyné Molnár Márta) volt a legeredményesebb. Ők mindketten 115 pontot gyűjtöttek. 112 ponttal ezüstérmes lett Lovas Miklós (debreceni Tóth Árpád Gimnázium, tanára: Várallyainé Balázs Judit), és nem sokkal maradt le a bronzérmes Horváth Lilla sem (Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium, tanára: Kertész Róbert), akinek 111 pontja lett. Az élbolyba tartozik még Guzmits Helga (109,5 pont), Berger Rebeka (106 pont), Halwax Kinga (102 pont), Mócza Levente András (99,5 pont) és Takács Noémi (96,5 pont). Mindannyiuknak gratulálok!

A harmadik forduló legjobb megoldásait Keszte Panna és Tóth Miklós küldte be (29 pont), a negyedik fordulóban pedig Hidas Gréta és Bodnár Mária vágta ki a rezet (30 pont).

Horváth Lilla, Guzmits Helga és Hidas Gréta szépen szerkesztett megoldásai formai szempontból is kiemelkedtek, Gréta – elegánsan – még forrásjegyzéket is mellékel.

A 2021/1. számban kitűzött feladatok megoldása

5. idézet: méh, darázs és cián

A közhiedelemmel ellentétben sem a méh-, sem a darázméreg nem tartalmaz hangyasavat. A méhméreg fehérjék keveréke – legnagyobb mennyiségben a melittint tartalmazza –, emellett aminok is előfordulnak benne. A darázscsípés is elsősorban fehérjékből és aminokból áll. Az allergiás reakciók, a gyulladás kiváltásáért mind a méh-, mind a darázscsípés esetén elsősorban a hisztamin felelős. A méhméreg hasznosítható gyógyítási céllal: pl. reuma, idegzsába, lumbágó ellen vagy a kozmetikában a botox (ránctalanítás) egyik alternatívája lehet.

A méhcsípés savas kémhatású, ezért a kezelés első lépéseként érdemes szóda-bikarbóna-oldattal lemosni. A darázs által kibocsátott méreganyag lúgos, ezért a darázscsípést ecetes vízzel vagy citromlével célszerű borogatni. (Elképzelhető, hogy a két keverék pH-ja között nincs akkora különbség, amit ennyire egyértelműen ki lehetne használni. Ugyanakkor az is lehetséges, hogy a méreganyagban lévő peptideket mindkét oldat denaturálhatja, ha a lemosó oldat bejut a szúrásba.) A hideg víz vagy jégelés mindkét esetben segíthet.

A cián vagy ciánkáli a kálium-cianid (KCN) köznap neve. Mérgező hatása elsősorban abban áll, hogy blokkolja a citokróm-C oxidáz enzimet, amely a sejtek légzéséhez szükséges. A fulladásos halál nagyon gyorsan, percekben belül bekövetkezik. Az orvostudomány el tudná hártani a ciánmérgezést, de a folyamat olyan gyorsan megy végbe, hogy mire az első orvos a helyszínre ér, ez általában már későn történik.

A kálium-cianid felhasználása fokozott elővigyázatot igényel, a legfőbb veszélyforrás, hogy oldatából savas közegben hidrogén-cianid (HCN) fejlődik. A kálium-cianid anionja (CN⁻) komplexet képez az ezüstionnal ([Ag(CN)₂]⁻), így alkoholos oldatát régen a sötétkamrában előhívott analóg fénykép fixálásra használták: kioldotta a papírról az elbomlatlan (meg nem sötétedett) ezüst-bromidot. Megfakult dagerrotípiák restaurálására is alkalmasnak bizonyult.

A HCN – egy színtelen, keserűmandula szagú, nagyon illékony folyadék – köznap neve kéksav, ugyanis bizonyos vassal alkotott vegyületei jellegzetes kék színűek (pl. Fe₄[Fe(CN)₆]₃: berlini kék).

6. idézet: a nehezen megköthető nitrogén, Carver, Haber és Bosch

George Washington Carver amerikai néger botanikus és agrárszakember, aki még rabszolgasorba született, a 19. és a 20. század fordulóján az elsők között jött rá, hogy a gyapottermesztés miatt megromlott termőképeségű talajból a nitrogén hiányzik, továbbá azt is megtalálta, hogy ennek pótlására földimogyorót, édesburgonyát, szójababot vagy borsót érdemes ültetni (illetve más pillangósvirágúakat, pl. lucernát vagy lencsét). Ezek gyökerein nitrogénmegkötő baktériumok élnek, amelyek a nitrogént ammóniumion (NH_4^+) formájában juttatják a talajba.

Ugyanezen folyamat mesterséges utánzásában, a nitrogén megkötésében, vagyis az ammóniaszintézis ipari megvalósításában Fritz Haber és Carl Bosch szerzett érdemeket. Haber ezért 1918-ban kémiai Nobel-díjat kapott, amit sokan vitattak, mivel a szintén 1918-ban véget ért „nagy háború” éveiben közreműködött harci gázok (pl. a klór) kifejlesztésében és bevetésében. Érdekes dilemma lehet etikaórán, hogy méltán tüntették-e ki. Az iparban is megvalósítható ammóniaszintézis körülményeit a később szintén Nobel-díjat nyert Bosch dolgozta ki. A Le Chatelier-Braun-elv értelmében igen nagy nyomás (kb. 25 MPa, azaz a légköri nyomás 250-szerese; hiszen az NH_3 képződése gázanyagmennyiség-csökkenéssel jár) és mérsékelten magas hőmérséklet (4–500 °C; a reakció ugyan exoterm, de a reakciósebesség miatt valamelyest melegíteni kell) szükséges. Az alkalmazott Fe-katalizátor gyorsítja a reakciót. A reaktánsok anyagmennyiség-aránya sztöchiometrikus (1:3), ami a reciklálás (viszavezetés) miatt célszerű.

Több versenyző megemlítette, hogy a Fritz Habert alkalmazó cég (a BASF, amely az 1920-as években beolvadt az IG Farbenbe) fejlesztette a náci gázkamrákban használt Zyklon-B-t, azaz a fentebb említett hidrogén-cianidot. Ezért Habert közvetlen felelősség nem terheli, hiszen ő 1934-ben meghalt.

Az ipari ammóniaszintézis lehetővé tette a nitrogénműtrágyák előállítását. A Magyar Ammóniagyár Rt. – ma Nitrogénművek Zrt. – üzeme Pétfürdőn (Várpalota mellett) épült föl az 1930-as évek elején, és a hazai igényeknek megfelelően fejlesztette ki a pétisót, egy ammónium-nitrát-alapú műtrágyát.

7. feladat: Karinthy Frigyes, a bomba, a szerelem és a brikett

A négy őselem tanát először Empedoklész (Kr. e. 5. sz.) dolgozta ki, a tűz és a víz mellett a föld és a levegő volt a másik két őselem. Sok versenyző a korábban élt Anaximenész (Kr. e. 6. sz.) nevéhez kötötte a négy őselemet, holott ő – amint ez a fél évezreddel később élt Lucretius verséből kikövetkeztethető – a levegőből származtatta a másik hármat, tehát szerte a levegő volt az őselem. A négy őselem tanát a szélesebb közvélemény Arisztotelésznek (Kr. e. 4. sz.) tulajdonítja, holott ő Empedoklész-től vette át.

Az elektront Joseph John Thomson 1897-ben fedezte fel (legalábbis a vonatkozó publikáció ekkor jelent meg), a rádiumot a Curie házaspár 1898-ban, egy évvel később mutatta ki az uránszurokércben.

Milyen értelemben használta a brikett kifejezést Karinthy? A brikett a szó eredeti értelmében szénporból téglá vagy tojás alakúra préselt tüzelőanyagot jelent. Egy-két versenyző kissé túlgondolta ezt a kérdést. A feladatban idézett, Szabó Lőrincet parodizáló Karinthy-vers címe „Pünkösdi versike az esőcskéről” volt. Ez szolgált a következő gondolatmenet alapjául: *„Pünkösd egy keresztény ünnep, amelyen a Szentlélek kiáradását ünneplik meg, ahol jelen van a Szentháromság kölcsönös szeretetének végpontja és kiáramlása. A pünkösd (szeretet kiáramlása), rádium (radioaktivitás) és tatai brikett (nagyfokú égés, lángolás) valószínűleg így a bombához köthető. A bomba pedig metaforikusan a szerelmet szimbolizálja, hiszen a tűz, az égés és a lángolás is jelen van ebben az érzésben. Mivel Karinthy az orvosi pálya és a tudományok is nagyon érdekelték, ezért a szerelmet kémiás nézeteivel és gondolataival írta le.”* Magam – bár szintén kémiás nézeteim vannak – korábban nem láttam ezeket a mély összefüggéseket. ☺

Manapság már fából, takarmányból, napraforgóhéjból stb. készült brikett is kapható. Ezek a fosszilis tüzelőanyagokhoz képest környezetbarátnak számítanak, ugyanis a biomasszából képződtek, így csak annyi CO₂-kibocsátással terhelik a környezetet, amit korábban növényként megkötöttek (ez nem „új” CO₂-terhelésként jelenik meg). Alapanyaguk gyorsan újratermelhető. Kéntartalmuk alacsonyabb, nem kerül a légkörbe számottevő mennyiségű kén-dioxid. Ezenkívül alacsony nedvesgőtartalmúak, ami csökkenti a szállítási költségeket.

A 2021/2. számban kitűzött feladatok megoldása

8. idézet: higanyvegyületek

A higanynak két ionja van: a higany(II)ion (Hg^{2+}) és a mindig dimer formájában előforduló higany(I)ion (Hg_2^{2+}). Utóbbi kloridja a kalomel (Hg_2Cl_2), amit a 16. század óta – Paracelsus, az orvosi kémia kiemelkedő alakjának javaslata szerint – használtak vízajtóként, a beteg testéből a felhalmozódott fölös víz (vizenyő, ödéma) eltávolítására.

A higany(II)-klorid (HgCl_2) köznap nevét – szublimát – onnét kapta, hogy szublimál, azaz nem ionos, hanem molekuláris szerkezetű, és viszonylag gyenge (diszperziós jellegű) kötések hatnak a kristályrácsában.

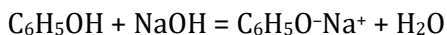
Márquez szerint „az ördögnek kénes tulajdonságai vannak”. Ez vonatkoztatható pl. a kén-dioxidra (SO_2) és a kénhidrogénre (H_2S), ugyanis ezek bűdösek, és mindkettő előfordulhat vulkáni – az „alvilágból” feltörő – gázokban. Olvastam olyan választ is, hogy „ezek az anyagok színtelen, mérgező gázok. Vagyis nem észrevehetőek, és rendkívül veszélyesek. Ugyanezt elmondhatjuk az ördögről is.” A beküldött megoldásokból következtetve – szándékomon kívül – egyes versenyzők egy sátánista honlapra tévedtek, onnét próbáltak információt gyűjteni. Pardon.

A cinóber (HgS) vörös. Ugyanakkor a laboratóriumban higany(II)-sók oldatából leválasztott HgS -csapadék fekete. A fekete módosulat (lúgos közegben történő) hevítésével kapjuk a vörös módosulatot.

A (szervetlen) higanyvegyületek közül a vízben oldódóak a legmérgezőbbek, pl. a HgCl_2 vagy a HgSO_4 . Nem vagy kevésbé mérgezőek a nem oldódóak: Hg_2Cl_2 , HgS .

9. idézet: a fenol

A fenol (karbolsav) nátrium-hidroxid-oldatban a következőképpen oldódik:

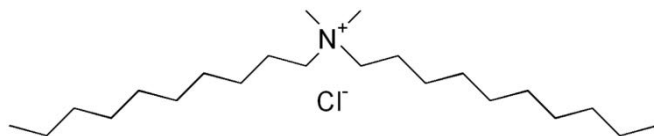


A fenolos hidroxilcsoport Fe^{3+} -ionnal mutatható ki, ugyanis lila komplexet képeznek egymással. A fa füstje fenoltartalmú (a karbolsav mellett más fenolokat is tartalmazhat); részben emiatt tartósító hatású – vö. hú-sok füstölése (amellett, hogy tartósító hatású, az ízvilágot is

befolyásolja). A vasúti talpfákat régen fenoltartalmú kátrányolajjal tartósították (a talpfák ún. telítése).

A fenolból és a formaldehidből (HCHO) polikondenzáció révén készül a bakelit. Ez egy duroplaszt, azaz egy hőre keményedő (majd bomló) műanyag. Melegítés hatására alaktartó, nem olvad meg, nem lágyul. Hőre keményedő mivoltát térhálós szerkezete okozza (a láncmolekulából álló műanyagok hőre lágyulóak, termoplasztok). Szintén duroplaszt tulajdonságú pl. karbamidgyanta (általában az aminoplasztok), a poliuretánok (pl. az ún. PUR-hab), az epoxigyanták vagy a vulkanizált gumi. A „bakelit”-nek nevezett régi hanglemezek anyaga valójában poli(vinil-klorid) és poli(vinil-acetát) (PVC-PVAc) kopolimer. Nevét onnan kapta, hogy fekete, miként a bakelit.

A karbolsav helyett ma már más fertőtlenítőszereket használnak, pl. a didecil-dimetil-ammónium-kloridot, egy kationos tenzidet, amely egy negyedrendű amin; vizes oldata savas (erős sav és gyenge bázis sója).



A tenzidek mesterséges felületaktív anyagok. A kationos tenzidek biocid, fertőtlenítő hatása annak köszönhető, hogy képesek a sejtmembrán lipid kettősrétegét megzavarni: oda beépülni, feldúsulni, ezáltal károsítani a szerkezetét, ami megváltozott áteresztőképességet eredményez. A kationos tenzidek emiatt egyben a környezetre is ártalmasak.

A harmadik és negyedik forduló során a következő eredmények születtek:

	Név	5.	6.	7.	8.	9.	Σ
1.	Berger Rebeka	13	11	4	11	16	55
2.	Bodnár Mária	11	10	6	13	17	57
3.	Borbás Bálint	6	4	0	–	–	10
4.	Borján Gergő	12	9	4	7	8	40
5.	Brenkus Lilla	–	–	–	11,5	15,5	27
6.	Guzmits Helga	12	10	4	10	17	53
7.	Halwax Kinga	11,5	10	4,5	12	13	51
8.	Hidas Gréta	11	8	4	13	17	53
9.	Horváth Lilla	13	10	5	12	16	56
10.	Keszte Panna	13	11	5	12	16	57
11.	Lovas Miklós	10	11	5	13	16	55
12.	Mihályi Gréta Fanni	10,5	7,5	3	8	16	45
13.	Mócza Levente András	12	10	4	9,5	15,5	51
14.	Őszi Kata Gabriella	10	10	5	12	15	52
15.	Pászti Erzsébet Anna	11	10	1	10	17	49
16.	Soós Marietta Zsófia	11,5	8,5	5	–	–	25
17.	Takács Noémi	11	10	4	12,5	13,5	51
18.	Tóth Miklós	13	11	5	12	15	46
19.	Tóth Vanda	–	–	–	8,5	12,5	21

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia németül

Szerkesztő: Horváth Judit

A 2020/4. számban megjelent szakszöveg fordítása:

Fűszerpótlók / Pótfűszerek: Hermann Staudinger és a műbors (1. rész)

Válságoknak, háborúknak és katasztrófáknak drámai kihatásai vannak az érintett lakosság mindennapjaira. Amikor **hétköznapi termékekhez** és árukhoz hirtelen nem jutunk hozzá többet, azt az **életminőség** jelentős **romlásaként** érzékeljük. Az efféle helyzeteket a **természettudósok és a műszaki szakemberek**¹ mindig is különös **kihívásnak** tekintették.

Amikor a két világháború alatt **többé alig** lehetett **trópusi fűszereket** Németországba behozni, a kémikusok a hiánycikké vált gyarmati áruk **jellegzetes összetevőit** mesterségesen állították elő, és **célzottan** olyan **vegyületeket**² **kerestek**, melyek indifferens hordozókra felvéve³ „**pótfűszerként**” szolgálhatnak. 1916-ban a későbbi kémiai Nobel-díjas **Hermann Staudingernek** a kémikus és jogász **Paul Immerwahr**ral együttműködésben sikerült egy **piperinhez hasonló**, csípős szer szintézise, mely az I. és II. világháborúban „**műbors**” előállítására szolgált.

Nem sokkal az I. világháború kitörése után egyre bizonytalanabbá vált a **lakosság ellátása**. A nyersanyagokban⁴ viszonylag szegény országban **bőségesen csak szén állt rendelkezésre**. Minden egyéb, a háborúhoz és a fegyverkezéshez fontos nyersanyag – **salétrom, kaucsuk, vasérc**, különféle **színesfémek**⁵ úgymint **réz, mangán és nikkel**,

nyersolaj⁶, úgyszintén a bőr, **cserzőanyagok**, gyapjú, gyapot⁷ és sokminden más – **behozatalra** szorult, legalábbis egy bizonyos mértékben.

1915 nyarától kezdve az alapélelmiszerek, mint a kenyér, a burgonya, vaj, tej, tojás és hús **egyre drágábbak** lettek a Német Császárságban⁸. Mivel a háborús évek során drámaian estek a betakarítási hozamok a munkaerőhiány és a **csökkent műtrágyatermelés**⁹ következtében – a Németországban előállított **salétromsavat** elsősorban **lőporra dolgozták fel** – emiatt az élelmiszereket racionalizálni kellett, jegyrendszert vezettek be.

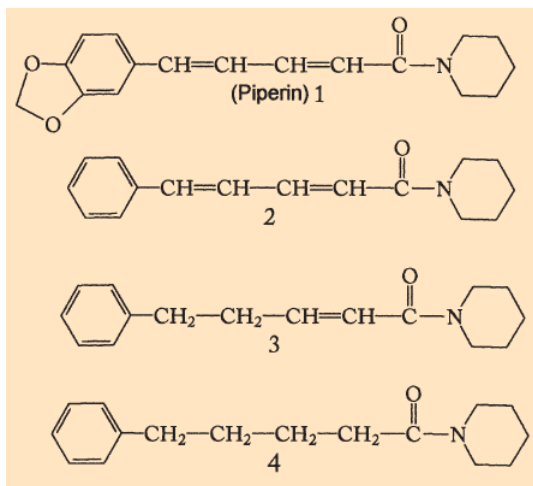
Amíg a **természetes eredetű bors** kedvező áron **importálható** volt a brit gyarmatokról, semmilyen szükség nem állt fenn egy erre irányuló szintézis kidolgozására.¹⁰ Mivel az **1914 augusztusától fennálló brit tengeri blokádnak** következtében **már alig** jutottak Németországba **trópusi élelmiszerek és élvezeti cikkek**, a fűszerkereskedelem kezdte megérezni a kimaradó szállítmányokat. Különösen a **feketeborsból kialakuló hiány** lett **különösen** szembeötlő, melyet a német konyha a só mellett egyfajta **univerzális fűszerként** használt.

A borshoz képest – melyet az európaiak az antik idők óta mindenek előtt a csípősségeért szerettek – az **összes hazai erős fűszernövény** – a torma, a vöröshagyma, a különböző hagymafélék és a mustár – **enyhe** volt. Mivel krízisidőkben nem csak fűszer-, hanem általában **húshiány** is fellép, az **étkezések** kétszeresen is **íztelenek** voltak. Hiszen a hús nem csak értékes fehérjeforrás, hanem elsősorban megsütve ízletes – és mindenek előtt jóillatú – **aromakomponenseket** is szolgáltat. Ezért háborús és **nélkülözéssel teli időszakokban** a lakosság körében kifejezett **„fűszeréhség”** jelentkezett, melyet konyhasóval és hazai fűszernövényekkel csak **részlegesen** lehetett csillapítani.

1915-ben a kémikus és jogász **Paul Immerwahr** (1866–1926) – az egykori Auer Vállalat (ma Osram Társaság) berlini igazgatója és Fritz Haber¹¹ (1868–1934) tragikus véget ért¹² első feleségének, Clarának (1870–1915) fivére – **azzal a javaslattal fordult Hermann Staudingerhez** (1881–1965), hogy együtt egy műszakilag megvalósítható **piperinszintézist** keressenek. Mint a **legtöbb kémikus**, Immerwahr is hazafinak érezhette¹³ magát, és ezért kereste, **szaktudásával hogyan szolgálhatná hazáját**. A háborús szempontból fontos szintézisek közé nem csak a katonailag közvetlenül releváns

szintézisek tartoztak, mint pl. a **kaucsuké**, a **Haber–Bosch eljárás**, a **műbenzin gyártása**¹⁴, vagy a „háborús kemikáliaként” nélkülözhetetlen **glicerín biotechnológiai előállítása**, hanem ugyanilyen mértékben a kémia összes hozzájárulása¹⁵, mely a **szükséget szenvedő civil lakosság hasznára volt**. Immerwahr tervei szerint eredetileg a **piperinnek** – a bors legfontosabb, a **természetes** termékben **7–10%-ban előforduló** csípős hatóanyagának – a szintézisére akartak egy **iparilag alkalmazható eljárást** kifejleszteni. Ezt az **alkaloidot** Hans Christian **Oersted** (1777–1851) dán fizikus és kémikus már 1819-ben **izolálta feketeborsból**.

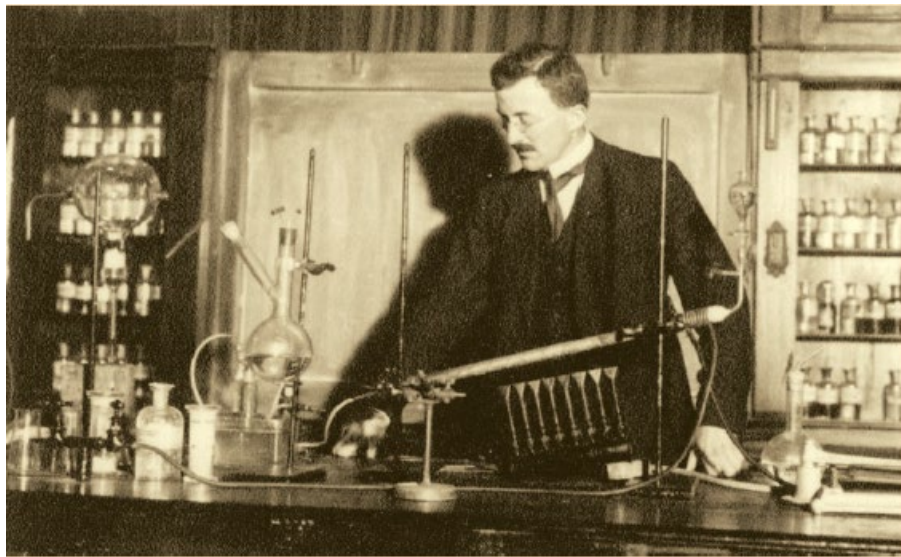
Immerwahr és Staudinger hamar **felismerték**, hogy a piperinszintézis **nehézsége** a **metilén-dioxi-csoport molekulába történő beépítésében**¹⁶ rejlik. Staudinger tudta, hogy a különböző borsfélékben a minőséget meghatározó csípős **piperin mellett más csípős komponensek is előfordulnak**, ezért elrendelte ezen **vegyületek közötti szerkezeti viszonyok**, valamint mindegyikük íze közötti **összefüggés szisztematikus vizsgálatát**. Eközben azt a felfedezést tették, hogy a **piperinmolekulát** jelentős mértékben **meg lehetett változtatni** anélkül, hogy a **jellegzetes borsíz eltűnt volna**



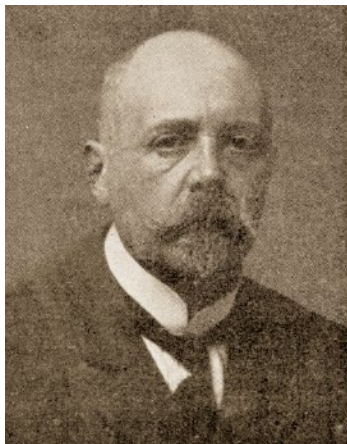
A **piperin és származékai**: fenil-pentán- és -penténsav-piperididek.¹⁷

A piperinmolekulán (1) jelen lévő **metilén-dioxi-csoport elhagyható** a borsos-csípős ízű vegyületek szintézise során. A vegyületek **hidrogénezési foka (telítettsége)**¹⁸ szintén csak **másodlagos szereppel bír** a kívánt ízérzet szempontjából.

Ez a felismerés – miszerint a **piperinben jelen lévő metilén-dioxicsoport** a borsíz szempontjából nyilvánvalóan **nem feltétlenül szükséges** – oda vezetett, hogy Immerwahr és Staudinger **feladta a piperin szintézisére irányuló eredeti tervet**, és e helyett olyan **vegyületek²** előállításának¹⁹ lehetőségét keresték, melyek **szerkezetileg hasonlóak, azonban egyszerűbb felépítésűek** voltak a piperinnél.



Hermann Staudinger (1881.03.23 – 1965.09.08, német kémikus) az 1917-es évben a Zürichi Szövetségi Műszaki Főiskolán (ETH Zürich), ahol 1925-ig professzori posztot töltött be. Hermann Staudinger 1953-ban **Nobel-díjat kapott** a makromolekuláris kémia területén elért felfedezéseiért.



Paul Immerwahr (1866–1926)
A Merck-archívumban megőrzött, berlini hatóságokkal folytatott levelezése megmutatja, hogy Immerwahr nem csak **gyakorlott jogász**, hanem a legújabb **szakirodalomról** mély **ismeretekkel** rendelkező **kémikus** is volt. Immerwahr valószínűleg **nagybátyján**, Georg Lungén keresztül tudta felvenni a kapcsolatot Staudingerrel, aki az ETH-n **Staudinger kollégája** volt.

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Anyagok:

e Kohle	szén
r Salpeter, ~s	salétrom
r Kautschuk, ~s	kaucsuk
s Eisen, ~s	vas
s Erz, ~es, ~e	érc
Nichteisenmetalle (Pl.)	színesfémek
s Kupfer, ~s	réz
s Mangan	mangán
s Nickel	nikkel
s Petroleum	petróleum / nyersolaj
r Gerbstoff	cserzőanyag
s Düngemittel	műtrágya
e Salpetersäure	salétromsav (HNO_3)
r Protein, ~s, ~e	fehérje

s Eiweiß, ~es, ~e = r Eiweißstoff	fehérje
s Glycerin / Glyzerin	glicerin
s Alkaloid, ~s, ~e	alkaloid
e Säure	sav

Fogalmak:

r Gehalt, ~(e)s, ~	tartalom
e Naturwissenschaft	természettudomány
e Verbindung	vegyület
e Synthese, ~n	szintézis
e Herstellung	előállítás
e Produktion	termelés
s Verfahren	eljárás
e Komponente, ~n	összetevő, komponens
r Stoff, ~(e)s, ~e	anyag
e Substanz, ~en	anyag
s Molekül, ~e	molekula
e Gruppe	(funkciós) csoport
r Hydrierungsgrad, ~(e)s, ~e	hidrogénezés mértéke (telítettség)
makromolekulare Chemie	makromolekuláris kémia

Egyéb:

synthetisch	szintetikus, mesterséges
biotechnologisch	biotechnológiai

enthalten	tartalmaz
isolieren	izolál
eine Gruppe in das Molekül einführen	egy (funkciós) csoportot bevezetni/beépíteni a molekulába
etw. systematisch untersuchen	vmi szisztematikusan vizsgálni

Magyar helyesírás és nyelvtan:

egybe: színesfém / fűszerkereskedelem / műtrágyagyártás / húshiány / fehérjeforrás / konyhasó / piperinmolekula / piperinszintézis / borsíz

külön: civil lakosság / tengeri blokádn

kötőjellel: fenil-pentánsav-piperidid / metilén-dioxi-csoport

személynevek toldalékolása: Staudingernek / Immerwahrral / Clara → Clarának fivére / Lunge → Lungén keresztül

Kötőjelet akkor használunk, ha a név olyan betűre végződik, amelyet nem ejtünk ki. Ez a német nyelvre nem jellemző. Viszont egyik kiváló beküldőnk nevével tudom szemléltetni: Lucien Lemaitre-rel.

A határozatlan névelőt elhagyjuk: ~~egy~~ megfelelő szintézist keresni / ~~egy~~ értékes fehérjeforrás / ~~egy~~ tapasztalt jogász / ~~egy~~ olyan kémikus

A fordításokról:

¹**Techniker** – műszaki szakemberek / mérnökök. Itt nem ~~technikusok~~.

²**Verbindungen** – vegyületek, nem ~~kapcsolat / kötődés / hasonlóság~~.

³**auf indifferenten Trägersubstanzen aufgebracht** – *semleges hordozóanyagokra felvéve*. Az olajszerű „műborsaromát” valamilyen porszerű szilárd hordozóval felitatták. Az aroma töményen nagyon erős,

és olyan kis mennyiségeket nem is lehetne pontosan adagolni. A fordítás második részéből fog kiderülni, milyen hordozóanyagokat használtak. Jó: Kisdi Janka, Kovács Hanna, Klonka Áron.

4in dem relativ rohstoffarmen Land – *a nyersanyag(ok)ban viszonylag szegény országban*. Nem ~~alapanyagban~~ szegény, és nem a ~~talaj~~!

5Nichteisenmetalle – *színesfémek*. Becsapós, mert szó szerint ~~nem a vasesoport fémek~~ lenne. Jó: Kónya Máté, Klonka Áron, Kisdi Janka, Radácsi Gréta Tímea.

6Petroleum – itt *nyersolaj / kőolaj* (Klonka Áron) / *ásványolaj* (Kónya Máté). Petróleumot is jelent, de az már a kőolaj frakcionált desztillációjával kapott egyik párlat.

7Baumwolle – *pamut* is és *gyapot* is lehet. Itt inkább utóbbi.

8im Deutschen Reich – Az I. vh. alatt inkább *Német Császárság* elnevezés lenne helyes. Német Birodalomnak a II. vh. alatt szokás nevezni Németországot. Kisdi Janka és Rózsa Simon Péter javította.

9Düngemittelproduktion – *műtrágyagyártás*, nem ~~trágyatermelés~~. Ammónium-nitrátra tessék gondolni!

10nach einer entsprechenden Synthese zu suchen – *analóg / megfelelő szintézist / mesterséges előállítást keresni / mesterséges megfelelőt keresni* (Kisdi Janka)

11Fritz Haber – *Fritz Haber* (nem ~~Habers~~). Az -s a birtokos jel a név végén!

12tragisch endend– *tragikus véget ért* (nem ~~tragikusan~~ ~~végződő~~: személy életéről van szó). Fritz Haber felesége, a szintén vegyész végzettségű Clara Immerwahr (aki 1900-ban Németországban első nőként doktori fokozatot is szerzett fizikai kémiából) az yperni gáztámadás után – tiltakozásul – öngyilkos lett férje szolgálati fegyverével.

13dürfte sich als deutscher Patriot gefühlt – *minden bizonnyal hazafias érzelmeket táplált*. A „dürfte” itt valószínűsíthetőséget jelez.

14Kohlehydrierung – legjobb: *műbenzin gyártása*! (Kovács Hanna és Milasovszky Dóra). A *szén hidrogénezése* (Lucien Lemaitre), a *szén cseppfolyósítása* (Rózsa Simon Péter), aki kis magyarázatot is fűzött hozzá: „a szilárd szénből hidrogénnel való kezeléssel, hidrogénezéssel szénhidrogén előállítása”. Bővebben:

<https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/MuMaTu-a-mult-magyar-tudosai-1/varga-jozsef-66C3/a-kutato-tudos-es-alkoto-mernok-66EF/benzinyartas-szenbol-a-varga-kenhidrogen-effektus-66F7/>

¹⁵**alle chemischen Beiträge** – az összes kémiai hozzájárulás (eredmény, felfedezés, vívmány)

¹⁶**die ...gruppe in das Molekül einzuführen** – a ... csoportot (pl. funkciós csoportot) *beépíteni* (Klonka Áron) / *bevinni* (Radácsi Gréta Tímea, Mihályi Gréta Fanni, Kisdi Janka, Kerékgyártó Botond) / *bejuttatni a molekulába / molekulához való kapcsolása* (Horváth Emese Dorka, Lucien Lemaitre)

¹⁷**Phenilpentan- und -pentensäurepiperidide** – *fenil-pentán és -penténsav-piperididek*. Vagyis: fenil-pentánsav-piperidid (4. sz. vegyület) + fenil-pentadiénsav-piperidid (2. sz. vegyület) + fenil-penténsav-piperidid (3. sz. vegyület). Az -id végződés jelzi, hogy amidokról van szó: a piperidin és a nevezett savak amidjairól.

¹⁸**Hydrierungsgrad** – *telítettség mértéke* (Lucien Lemaitre) / *hidrogénezési foka/mértéke* (Kerékgyártó Botond, Mák Boglárka, Klonka Áron, Kisdi Janka, Selmeci Dávid, Rózsa Simon Péter, Radácsi Gréta Tímea). Nem *hidratálás* (hidrátburok kialakulása) vagy *hidrolízis* (vízzel való reakció)! Hanem hogy mennyi kettős kötés található a molekulában!

¹⁹**Darstellungsmöglichkeiten von Verbindungen suchten, die ...** – *olyan vegyületek előállítási lehetőségeit keresték, melyek* Itt Darstellung = Herstellung. Nem *ábrázolás*!

Az első forduló eredménye:

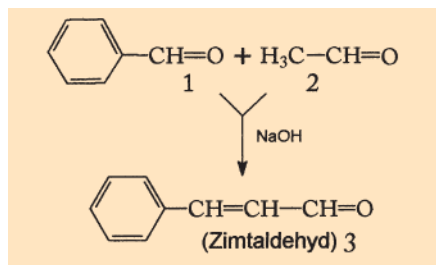
NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (80)	Magyar nyelvtan (20)	ÖSSZ. (100)
Lucien Lemaitre	11.	Németh László Gimnázium, Hódmezővásárhely	78,5	17,5	96
Rózsa Simon Péter			79,5	15,5	95
Kisdi Janka	11.g	Klebelsberg Kuno Általános Iskola és Gimnázium	71	18	89
Horváth Emese Dorka	11.	Városmajori Gimnázium	65	18	83
Kónya Máté	10.A	Soproni Széchenyi István Gimnázium	60	15	75
Kerékgyártó Botond	10.c	Soproni Széchenyi István Gimnázium	60	13,5	73,5
Klonka Áron	IV/4	Zentai Gimnázium, Zenta	61	12	73
Kovács Hanna	10.a	Bálint Márton Általános és Középiskola	62	11	73
Milasovszky Dóra	10.a	Bálint Márton Általános és Középiskola	52	13	65
Mihályi Gréta Fanni	11.	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	50,5	10,5	61
Mák Boglárka	10.A	Soproni Széchenyi István Gimnázium	50	9	59
Katona Zoltán			34	9,5	43,5
Selmeci Dávid			25,5	12	37,5
Radácsi Gréta Tímea			22	nem érté- kelhető	22

Mindenki szép munkát végzett!

A 2021/1. számban megjelent szakszöveg fordítása:

Fűszerpótlók / Pótfűszerek: Hermann Staudinger és a műbors (2. rész)

A csípős ízanyag előállításának történelmi jelentősége abban áll, hogy mindhárom csípős ízű piperididet, melyek potenciálisan műborssá tovább¹ feldolgozhatók voltak, végül is a Németországban **bőségesen rendelkezésre álló² nyersanyagból, toluolból** lehetett előállítani. A szükséges toluol a **kőszénkátrány desztillációjával** nyert könnyűolaj frakcióból származott³, melyet **benzaldehiddé oxidáltak**, amely aztán **acetaldehiddel kondenzáltatva⁴ fahéjaldehidet** adott. Az így kapott fahéjaldehidet ezután már csak **malonsavval** reagáltatva kellett a borsszerű ízű csípős anyagokká **alakítani**.



Fahéjaldehidet (3)
benzaldehyd (1) és acetaldehyd
(2) kondenzációjával⁴ nyerhetünk,
alkáli-hidroxiid hozzáadása
mellett.

Ezek **toxicitását⁵** a Zürichi Egyetem **Farmakológiai Intézetében** Max Cloetta (1968–1940), korának egyik vezető farmakológusa **állatkísérletekben tesztelte**. Az eredmény biztató volt, mivel a vegyületek **emlőállatokra nem voltak mérgezőek**. Miután egy további szakértői vélemény szintén megerősítette, hogy a szintetikus borspótló anyagoknak „*az ételek fűszerezésekor figyelembe veendő mennyiségben*” történő fogyasztásából eredően egészségkárosodás „*nem feltételezhető*”, **1916-ban Immerwahr szabadalmi** oltalomra irányuló **kérvényt** adott be **Németországban, Ausztriában és Magyarországon** egy borspótló gyártására. Staudinger a maga⁶ részéről a svájci szabadalmi hivatalnál nyújtott be azonos tartalmú kérvényt.

Mivel **mindegyik említett vegyület**, különösen a **robbanószer** – ld. **trinitro-toluol (TNT)**⁷ – **gyártásához** elengedhetetlenül⁸ szükséges **toluol** az I. világháborúban **szigorú ellenőrzés**⁹ **alatt állt**, ezért Immerwahrnak 1916. augusztusában először különböző birodalmi hatóságokhoz kellett fordulnia Berlinben, hogy a **szükséges kiindulási anyagok felszabadítását / kiadását**¹⁰ elérje. Csak ezt követően lehetett **ipari léptékű**¹¹ **szintézisben** gondolkodni. A Belügy Birodalmi Hivatalának **tanulsgos**¹² **levelet** írt Immerwahr:

*„Staudinger professzornak és az alulírottnak [vagyis Paul Immerwahrnak] sikerült belföldi, **készénkátrányban megtalálható anyagokból** egy hatásos, a bors csípős ízű lényegét visszaadó **kémiai vegyületet** előállítania [...]*

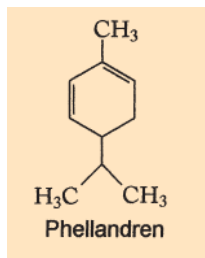
Németország békeidőben** mintegy 5.000.000 kg borsot **importál**, ami kilogrammonkénti 2 márkás áron számolva 10.000.000 márkát jelent. Tételezzük csak fel, hogy ennek felét a Németországban előállított műborssal helyettesítjük, máris 5.000.000 márkával **kevesebbet kellene a külföldnek kifizetni, és megmaradna a német nemzet vagyonában.
[...]

*Amint alulírott hallomással bír róla, a **hadtápparancsnokság** is érdeklődik a bors beszerzése ill. mesterséges bors előállítása iránt, mivel a **csapatok számára kiosztott ételeket fűszerek**, köztük bors, **hozzáadásával** ízletesebbé teszik, és az **ételek** máskülönben fellépő **egyhangúsága elkerülhető.** –*

*– Fentiekre tekintettel alulírott alázatosan kéri a Belügyminisztérium Legfelsőbb Birodalmi Hivatalát, hogy ezen személy számára a mesterséges bors **előállításához szükséges nyersanyagok** szabad kiadását –amennyiben ezek ellenőrzés¹³ alá esnek, mint pl. a **toluol** és a **kénsav** – támogatni szíveskedjen.”*

A fenil-penténsav-piperidideket a Düsseldorf-Oberkasselban található Rajnai Hadiüzem¹⁴ állította elő **fahéjaldehidből és malonsavból**. A csípős anyag **kis mennyiségeit** (mintegy 1,5 tömeg%-nyit a végleges borspótlóra számítva) kevéske **fellandrében, illóolajok egyik komponensében oldották**, és ezt az **oldatot** 88,5–94,5 tömeg%¹⁵ búzakorpával, burgonyakeményítővel vagy egyéb **közömbös ízű hordozóanyaggal**¹⁶ **elegyítették**. A természetes aromaérzet eléréséhez 4–10 tömeg% **valódi őrölt borsot** adtak hozzá; a kívánt,

borshoz hasonlatos **barnás színt cukorszínezék hozzáadásával érték el.**



A „műbors” **borsízének javítása** érdekében a fenil-penténsav-piperididekkel eldörzsölt¹⁷ keményítőlisztet **illóolajokkal** vagy illóolajok **komponenseivel**, pl. fellandrénnel **elegyítették.** Ez **eukaliptuszolajban, kámforolajban, terpentinolajban,** valamint más illóolajokban fordul elő, és szappanok és ipari illatosítók gyártásánál volt használatos.

Immerwahr tényleges részvételi aránya a csípős anyagok szintézisének kifejlesztésében nem ismert. Világos azonban, hogy **kettős végzettségének** köszönhetően, **kémikusként és jogásként** rendkívüli mértékben hivatott volt arra, hogy a műbors ügyében a különböző berlini **hatóságokkal levelezzen,** és a szabadalmaztatás, valamint a vegyszerek rendelkezésre bocsátásának útjában álló bürokratikus akadályokat elhárítsa. Meglepő módon éppen ezen fáradságosan elért siker után Immerwahr ismeretlen okból 1921. decemberében / 1922. januárjában az **összes jogát és kötelezettségét,** melyek a németországi és ausztriai műbors-szabadalommal jártak – közjegyzői ellenjegyzéssel – **Staudingerre átruházta.** Staudinger a német szabadalom átengedéséért 3000,- márkát, az osztrák szabadalomért 4000,- koronát fizetett Immerwahrnak. Csak a **magyarországi szabadalom** futott tovább **Immerwahr** nevén. A tényleges **szintézist** Staudinger csak 1923-ban publikálta.

A **II. világháború** kitörése után ismét **szűkös**en állt **import fűszerekből** Németország. Az I. világháború idejéről már ismert „**pótelelmiszerek**” megint előkerültek. A szintetikus bors előállítása is újból felvirágzott. Mivel a **Hoechst Festéküzemnél** egy teljesen **kidolgozott szintézis** hevert a fiókban, a cég **már 1940. decemberében** piacra dobhatta Staudinger műborsát. A Hoechst Festéküzem azon **konzerv- és hústerméküzemek kifejezett kérésére kezdett újból** Staudinger csípős anyagának **gyártásába,** akik 1935-ben részt vettek a műbors kipróbálásában. A keverék a festéküzem **Gyógyszerészeti Értékesítési Osztályán** keresztül került kereskedelmi forgalomba. Az átvevők különböző **gyógyszertárak,**

drogériák voltak, melyeknek a preparátumot már csak **barnára színezett orvosságos porra**¹⁸ kellett **felvinniük**, és a kiskereskedelem számára **kis tasakokba csomagolniuk**. A gyártó céget, a Hoechst I. G. Farben Üzemét minden esetre **az összes szintézishez szükséges vegyszerrel** ellátták, különösen **toluollal** és **piridinnel**. Hogy elismerésüket kifejezzék Staudingernek a borsaroma terén nyújtott kezdeményezéséért, a Hoechst Festéküzem 1940-ben **saját elhatározásból egyszeri 2000,- birodalmi márka összeget** utalt át neki. 1943-ban egy **további önkéntes kifizetést** kapott 10.000,- birodalmi márka erejéig, ami akkor **hercegi fizetségnek** számított.

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Anyagok:

s Toluol	toluol
r Steinkohlenteer, ~(e)s, ~e	kőszénkátrány
r Benzaldehyd, ~s, ~e	benzaldehyd
r Acetaldehyd, ~s, ~e	acetaldehyd
r Zimtaldehyd, ~s, ~e	fahéjaldehyd
e Malonsäure	malonsav
s Alkalihydroxid, ~s, ~e	alkáli-hidroxid
s Trinitrotoluol	trinitro-toluol (TNT)
e Schwefelsäure	kénsav
s Phellandren	fellandrén
ätherische Öle (Pl.)	illóolajok
s Campheröl, ~s, ~e	kámforolaj
s Terpentínöl, ~s, ~e	terpentínolaj
s Pyridin, ~s, ~e	piridin

Fogalmak:

e Synthese, ~n	szintézis
e Destillation	desztilláció
s Gutachten, ~s, ~	szakértői vélemény
s Patent, ~s, ~e	szabadalom
e Ausgangsverbindung	kiindulási vegyület (szintézisnél)
s Gew.-% = Gewichtsprozent	tömegszázalék
e Lösung	oldat
durch den Zusatz von ...	... hozzáadása által
r Bestandteil, ~(e)s, ~e	összetevő
e Mischung	keverék

Egyéb:

oxidieren	oxidál
kondensieren	kondenzál (vízmolekula kilépése mellett reagál)
um setzen	átalakít
toxisch	mérgező
gesundheitsschädlich	egészségre ártalmas
lösen	old, felold
vermengen / versetzen	elegyíteni
etw. zu geben / zu setzen	hozzáadni vmit.
verreiben	eldörzsöl (mozsárban)

Magyar helyesírás és nyelvtan:

„Staudinger professzornak ... sikerült előállítania”

Ne maradjon le a személyrag a főnévi igenév végéről!

A fordításokról:

¹**weiter verarbeiten** – *tovább feldolgozni* (a piperidideket a kisserelt késztermékké, műborssá), de nem ~~átalakítani~~ (umsetzen)

²**reichlich vorhanden** – *bőségesen rendelkezésre álló*, nem: ~~előforduló, fellelhető~~ (vorkommen)

³**stammen** – *származik* (itt: desztillációból), nem: ~~teremtik elő~~

⁴**Kondensation** – *kondenzáció*, de nem ~~sűrítés~~! Olyan reakció, melynek során két molekula úgy egyesül, olyan új kötés jön létre, hogy ebből egy kisebb molekula (rendszerint vízmolekula) kilép.

⁵**auf ihre Verträglichkeit getestet** – *toleranciájukat / tolerancia vonatkozásában / lehetséges hatásait tesztelték*. Szó szerint az *elviselhetőségét*. Valójában azt, van-e káros hatása.

⁶**dagegen** – *ezzel szemben*. Viszont semmilyen ellenérdekről nincs szó, csak annyit fejez ki, hogy felosztották egymás között, ki melyik országban nyújt be szabadalmat.

⁷**Trinitrotoluol** – A *trinitro-toluol* (TNT) a toluol származéka, robbanószer, ennek az előállításához használták a toluolt főleg. A műbors szintéziséhez is toluolra van szükség, nem TNT-re, ne keverjük!

⁸**dringend benötigt** – *égetően szükséges*, vagyis nagyon, elengedhetetlenül, de itt nem ~~sürgősen~~, ahogy a legtöbben írták.

⁹**streng bewirtschaftet wurden** – *szigorú szabályok szerint gazdálkodtak* (Lucien Lemaitre) / *gazdálkodás szigorúan szabályozva volt* (Horváth Emese Dorka). De nem: ~~szűkmarkúan gazdálkodtak~~

¹⁰die Freigabe der benötigten Ausgangsverbindungen zu erreichen – *hozzáférését (Kovács Hanna, Milasovszky Dóra) a szükséges kiindulási vegyületeknek elérni/megszerezni.* Nem magukat az anyagokat vagy a szintézist kellett jóváhagyni!

¹¹im technischen Maßstab – *ipari léptékű (a szintézis), nem csupán gyakorlati megvalósítás*

¹²einen aufschlussreichen Brief – *tanulságos levelet. Nem: tájékoztató, leleplező levelet!* Ez egy kérelem, ez mindenki fordításából jól látszik. Attól tanulságos, hogy milyen érveket sorakoztatott fel Immerwahr ügyvéd úr ahhoz, hogy a szükséges vegyszerek kiadását elérje.

¹³der Beschlagnahme unterliegen – *zároltattak (Kisdi Janka) / melyekről az állam rendelkezik (Kovács Hanna). De nem: melyeket elkobozhatnak / lefoglalásra került anyagok.*

¹⁴Kampferfabrik – *Hadiüzem! Nem kámforgyár! Ne keverjük a lejjebb előforduló Campheröllel! Jó: Horváth Emese Dorka, Kovács Hanna, Lucien Lemaitre, Milasovszky Dóra.*

¹⁵mit 88,5–94,5 Gew.-% Weizenkleie – *88,5–94,5 tömeg%-nyi búzakorpával. Nem 88,5–94,5 tömeg%-os búzakorpával! Összekeverés után lesz ennyi a búzakorpa-tartalom, a csípős piperidid pedig csak 5,5–11,5%. Jó: Lucien Lemaitre, Horváth Emese Dorka, Mák Boglárka.*

¹⁶wurden mit indifferent schmeckenden Trägerstoffen vermengt – *semleges/közömbös ízű hordozóanyagokkal elegyítették*

¹⁷Stärkemehl-Verreibungen von Piperididen – *piperididek keményítőlisztes őrleményét (Lucien Lemaitre) / piperididek és keményítő keverékét (Kónya Máté)*

¹⁸auf braun gefärbten Drogenpulver aufbringen – *barna színű gyógyszerporra (Kónya Máté) felvinni/felitatni, de nem: poros állagú gyógyszerek / barna porrá alakítva. Tablettalapanyagként használt, hatóanyag nélküli porokról van szó.*

A második forduló eredménye:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (80)	Magyar nyelvtan (20)	ÖSSZ. (100)
Lucien Lemaitre	11.	Németh László Gimnázium, Hódmezővásárhely	78	17	95
Kisdi Janka	11.g	Klebelsberg Kuno Általános Iskola és Gimnázium	62	16,5	78,5
Horváth Emese Dorka	11.	Városmajori Gimnázium	52	16	68
Klonka Áron	IV/4	Zentai Gimnázium, Zenta	56	11	67
Kovács Hanna	10.a	Bálint Márton Általános és Középiskola	50	13	63
Kónya Máté	10.A	Soproni Széchenyi István Gimnázium	49	8,5	57,5
Kerékgyártó Botond	10.c	Soproni Széchenyi István Gimnázium	45	10,5	55,5
Milasovszky Dóra	10.a	Bálint Márton Általános és Középiskola	38	6,5	44,5
Mák Boglárka	10.A	Soproni Széchenyi István Gimnázium	32	3,5	35,5

A 2020/21-es tanév német fordítási versenyének végeredménye:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	I. fordítás (100)	II. fordítás (100)	ÖSSZ. (200)
Lucien Lemaitre	11.	Németh László Gimnázium, Hódmezővásárhely	96	95	191
Kisdi Janka	11.g	Klebelsberg Kuno Általános Iskola és Gimnázium	89	78,5	167,5
Horváth Emese Dorka	11.	Városmajori Gimnázium	83	68	151
Klonka Áron	IV/4	Zentai Gimnázium, Zenta	73	67	140
Kovács Hanna	10.a	Bálint Márton Általános és Középiskola	73	63	136
Kónya Máté	10.A	Soproni Széchenyi István Gimnázium	75	57,5	132,5
Kerékgártó Botond	10.c	Soproni Széchenyi István Gimnázium	73,5	55,5	129
Milasovszky Dóra	10.a	Bálint Márton Általános és Középiskola	65	44,5	109,5
Mák Boglárka	10.A	Soproni Széchenyi István Gimnázium	59	35,5	94,5

Kémia angolul

Szerkesztő: Tóth Edina

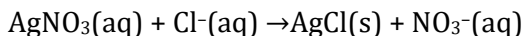
Következzenek az utolsó feladatok mintafordításai. Minden beküldő megkapta elektronikusan a pontszámait. A legjobb beküldők között rendkívül szoros volt a verseny: 95% felett teljesített nyolc beküldő is. A kiemelkedő eredményekhez gratulálunk!

A harmadik szöveg fordítása során a látens (rejtett) ujjlenyomatok láthatóvá tételének módszereibe tekinthettünk bele. A látens ujjlenyomatot előhívják, nem pedig felismerik (az ujjlenyomat jelenlétének észlelése) vagy azonosítják, hiszen az ujjlenyomat tulajdonosát szokás azonosítani. A jó fordításhoz érdemes volt utánakeresni a magyar szaknyelvnek.

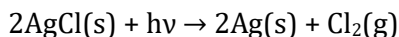
UJJLENYOMATOK ELŐHÍVÁSA – Kémiai eljárások

Az ujjlenyomatok előhívásának második módszere egyfajta kémiai eljárást hív segítségül, amelynek eredményeként egy jellegzetes, színes termék képződik. A kémiai vizsgálatok érzékenyebbek, mint a porral végzett tesztek, és általában 100 és 200 ng közötti tömegű maradványok esetében is használhatóak. A legszélesebb körben alkalmazott kémiai módszerek közé tartoznak az ezüst-nitrátos vizsgálat, a jódgőzös füstölés, a ninhidrin-próba, a pillanatragasztóval (cianoakrilát), a fizikai előhívószerrel és a ruténium-oxiddal végzett tesztek.

Az egyik legrégebbi, a látens (rejtett) ujjlenyomatok kimutatására szolgáló módszer ezüst-nitrátot (AgNO_3) használ. A vizsgálat alapja, hogy az ezüst-nitrát a külső elválasztású mirigyek váladékában (például az izzadságban) jelen lévő kloridionnal lép reakcióba:



Fény hatására a szilárd ezüst-klorid könnyen elbomlik, belőle klórgáz és szilárd, szürkés fémezüst keletkezik:



A klorid-tesztet a kémia alapjait elsajátító tanulók többsége ismeri, és ez az egyik alapvető kémiai reakció, amely a fényképezés folyamata során lezajlik.

Az ezüst-nitrát-teszt elvégzéséhez kis mennyiségben 3 százalékos ezüst-nitrát-oldatot permetezünk vagy óvatosan rákenünk arra a felületre, amelyen ujjlenyomatok után kutatunk. Ezután a felületet ultraibolya fénnel, vagy ha ez nem áll rendelkezésre, akkor erős, normál fénnel világítjuk meg. A felületen található bármilyen ujjlenyomat néhány perc elteltével szürkés mintázatként válik láthatóvá.

Az ezüst-nitrát-tesztet a korábbiakhoz képest már ritkábban használják, részben azért, mert a folyamat során előhívott ujjnyomok hajlamosak idővel elmosódni, és pár hetesnél régebbi ujjlenyomatok esetén a módszer nem használható.

Egy másik népszerű, a látens ujjlenyomatok kimutatására széles körben alkalmazott módszer a jódgőzös eljárás. A jódkristályok hevítés hatására szublimálnak; vagyis szilárd halmazállapotukból közvetlenül gőzállapotba kerülnek, anélkül, hogy először megolvadnának. Mirigyváladékok jelenlétében a jód a váladékban lévő zsírsavakkal lép reakcióba és jól látható, barnás komplexet képez. A komplex azonban viszonylag könnyen lebomlik, és a felületen található ujjlenyomatok barnás nyomai igen gyorsan elhalványulnak.

A vizsgálatot úgy végzik, hogy egy zárt tartályba helyezik azt a felületet, amelyen az ujjlenyomatok fellelhetők. A jódkristályokat külön tartályban, az ún. „jódgőz pisztolyban” melegítik, majd a keletkezett gőzöket a zárt tartályba juttatják. A tartálynak előről átlátszónak kell lennie azért, hogy a vizsgálat eredménye könnyen látható és lefényképezhető legyen. Az így észlelt nyomatok „rögzíthetőek” vagy tartósabbá tehetőek egy második reagens tartályba vezetésével. Az egyik gyakran használt anyag a keményítőoldat, amely az ujjnyomokra kivált jóddal reagálva egy tartósabb, kék mintázatot képez.

[...]

A ninhidrin egy aromás vegyület, amelynek szisztematikus neve triketohidrin-dén-monohidrát. 1910-ben Siegfried Ruhemann (1859–1943) angol vegyész fedezte fel azt, hogy a ninhidrin az aminosavakkal reagálva egy jellegzetes lila színű vegyületet képez, amelyet ma Ruhemann-lila néven ismerünk. A vizsgálatot elvégzéséhez a

ninhidrinből megközelítőleg 0,5%-os oldatot készítenek megfelelő oldószerben (például etanolban vagy acetonban). Számos különböző készítmény van kereskedelmi forgalomban, például Arklone és Fluorisol márkaneven. Az oldatot arra a felületre permetezik, amelyen az ujjlenyomatok jelenlétét feltételezik, és a jellegzetes lila szín megjelenése bizonyítja ezen nyomatok ottlétét. A szín a ninhidrin alkalmazása után néhány órán belül kezd el megjelenni, de ez akár 48 óráig is eltarthat. A ninhidrinnel előhívott ujjnyom megjelenését a hőkezelés is fokozza. Az ujjnyomot tartalmazó felület legfeljebb 100 °C hőmérsékletű kemencébe helyezhető, legfeljebb kb. öt percre.

A ninhidrin-teszt eredményei tovább javíthatóak, és bizonyos esetekben megőrizhetőek egy második reagens hozzáadásával. Ha például a nyomatot hordozó felületet egy cinksóval permetezik be, a lila szín narancssárgára változik. Bizonyos esetekben a színváltozás lehetővé teszi azt, hogy az ujjnyom élesebben elkülönüljön a háttértől, mint az eredeti Ruhemann-lila szín esetén.

A ninhidrin-teszt mára a papíron található látens ujjlenyomatok előhívásának legnépszerűbb módszerévé vált. Sikeresen alkalmazzák az akár 15 éves ujjlenyomatok előhívására. A ninhidrin azonban korántsem az egyetlen olyan reagens, amely specifikusan és jellegzetesen reagál az aminosavakkal. Számos kutatást végeztek a ninhidrin analógjaival, vagyis olyan vegyületekkel, amelyek kémiai szerkezete hasonló a ninhidrinéhez, és hajlamosak hasonlóképpen reagálni az aminosavakkal. Az ebben a kutatásban vizsgált vegyületek egy része jobb eredményeket mutatott az ujjlenyomat-előhívás során, mint maga a ninhidrin. Ezek közé tartozik a benzo(f)ninhidrin; az 1,8-diazafluorén-9-on (DFO); az 5-metoxininhidrin; és az 5-metiltioninhidrin.

A legtöbb esetben a ninhidrin-analógok nem a reagens (a ninhidrin vagy az adott analóg) és az ujjlenyomat közötti elsődleges reakció miatt jobbak, hanem azért, mert optikai fénykezelés során az ujjnyom láthatósága javul. [...]

Kimutatták, hogy „super glue” (egy pillanatragasztó típus) néven forgalmazott népszerű kereskedelmi ragasztó hatékony reagens az ujjlenyomatok előhívására. A pillanatragasztó elsődleges összetevője általában a ciánakrilsav metil- vagy etilésztere, a metil-2-cianoakrilát vagy az etil-2-cianoakrilát. A pillanatragasztó melegítése során színtelen

gőz keletkezik, amelyet különösen vonzanak az olajos anyagok, például azok, amelyek az ujjlenyomatban is megtalálhatóak. A gőz lerakódik a bordázat lenyomatán, polimerizálódik és fehér port (policianoakrilát) képez, amely hozzátapad az ujjnyomokhoz.

A ciánakrilát-gőz tesztet könnyű kivitelezni. A vizsgálandó tárgyat egy legalább egy átlátszó oldallal rendelkező tartályba helyezik. Néhány csepp „super glue” ragasztót vagy valamilyen ciánakrilát alapuló terméket juttatnak egy tartályba, azt lezárják és körülbelül 100 °C-ra melegítik. Ez a hő elegendő ahhoz, hogy a ciánakrilát elpárologjon és polimerizálódjon, ami a jellegzetes fehér ujjlenyomatok kialakulását eredményezi, és amely eljárás akár két vagy több órát is igénybe vehet. A nem porózus tárgyakon, például üveg, műanyag, kaucsuk és bőr felületen fellelhető látens ujjnyomok előhívásának legjobb módszere a cianoakrilátos füstölés.

A látens ujjnyomok előhívásának egyéb módszereihez hasonlóan különféle technikák segítségével a ciánakrilátos füstölést eljárással nyert lenyomatokat is tovább lehet javítani a jobb láthatóság érdekében. [...]

A Physical Developer (PD) [„fizikai előhívószer”] olyan készítmény, amely az ujjlenyomat-előhívásában néhány fontos, speciális alkalmazási területtel rendelkezik. A PD elsődleges aktív összetevője az ezüst-nitrát, egy olyan anyag, amely könnyen reagál az váladékban található kloridionokkal ahogyan azt korábban tárgyaltuk. Az ezüst-nitrátot egy (oxidált és redukált alakot is tartalmazó) redoxirendszerrel, detergenssel és pufferrel keverjük össze. Egy tipikus redoxirendszer vas(II)-ammónium-szulfátból $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2]$ és vas(III)-nitrátból $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3]$ áll. Ha a PD-t olyan felületre viszik fel, amelyen ujjlenyomatok találhatók, az ezüstionok megtapadnak a bordázat lenyomatain, ahol fém-ezüstté redukálódnak. A már leírt ezüst-nitrát teszthez hasonlóan, még nagyon kis mennyiségű fém-ezüst is elegendő az ujjnyomok láthatóvá tételéhez.

A Physical Developer tesztnek két különleges előnye van. Először is, jól működik olyan porózus tárgyak esetén, amelyek nedvesek vagy a múltban nedvesek voltak. Másodszor, a PD hatékonyan hívott elő ujjnyomokat olyan esetekben, amelyekben más módszerek sikertelennek bizonyultak. A PD teszt legnagyobb hátránya azonban az, hogy roncsoló hatású. A benne lévő vegyi anyagok lemoshatják akár az

ujjlenyomat egyes részeit, vagy reakcióba léphetnek a felülettel, amelyen a lenyomat található. Ezért az adott mintán ezt a vizsgálatot kell utolsóként elvégezni.

A látens ujjlenyomatok olyan sokféle különböző anyagon és igen változatos körülmények között fordulhatnak elő, hogy ezért a speciális vizsgálatok időnként olyan esetben is eredményesek, amelyekben a hagyományosabb eljárások (például ninhidrin, cianoakrilát és ezüst-nitrát tesztek) alkalmazása során lehet, hogy sikertelenek. Például dimetilamino-fahéjsavaldehidet (DMAC) alkalmaznak a hőpapíron hagyott ujjlenyomatok kimutatására; más kimutatási eljárások esetében ezen az anyagon a vizsgálatok során nehézségekbe ütköznénk. A DMAC a váladékban lévő karbamiddal reagálva sötétvörös terméket hoz létre.

Egy másik, ígéretesnek tűnő eljárás ruténium-tetroxidot (RuO_4) alkalmaz. Mivel a ruténium-tetroxid használata biztonsági kockázatokkal jár (200°F [100°C] felett robbanásszerű bomlásra hajlamos), eddig csak korlátozott mértékben használták. 1995-ben azonban egy japán kutatócsoport kifejlesztett egy biztonságos eljárást a reagens alkalmazására. Jelenleg a készítmény RTX néven érhető el. Ha egy anyagot RTX-füstnek tesznek ki, a rajta lévő ujjlenyomatok reakcióba lépnek a reagenssel és sötétszürke képet hoznak létre. A reagens különösen hasznosnak bizonyult bizonyos típusú porózus anyagoknál, például a papírpénznél, amelyek esetén más előhívási módszerek alkalmazása problémába ütközik.

Az autók katalizátorát angolul – egyébként igen logikusan – katalitikus átalakítónak nevezik. A negyedik fordítási feladatban a legtöbb nehézséget a gazdasági vonatkozású szavak jelentették, mint például a kereslet (demand). Érdekes lehet nagyobb figyelmet fordítani a műszaki szókincs (combustion engine = robbanómotor) pontos megfeleltetésére. Az alkalmazott természettudomány elképzelhetetlen a műszaki terület nélkül. Az iparban pedig szükséges lehet a gazdasági és jogi szókincs megértése és helyes használata. A « weak rand » vagyis a gyenge dél-afrikai rand árfolyam helyes értelmezése komoly háttérkutatót igényel.

Platina burkolatú utak

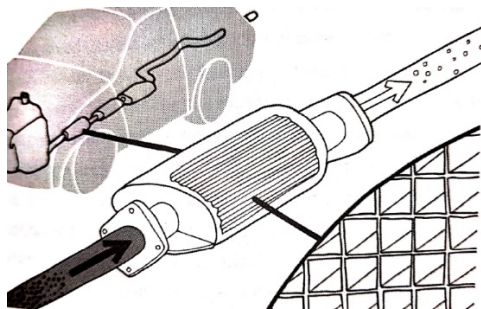
Az autó alján, általában közvetlenül a motor alatt rejtőzik egy acéldoboz, amely a kipufogórendszerhez csatlakozik. Ezek a dobozok először a hetvenes évek közepén kezdtek el megjelenni az autókön, de mára már mindenütt jelen vannak, minden autón, kisteherautón és tehergépkocsin megtalálhatók. Mindegyik doboz belsejében egy kerámiából készült méhsejtszerkezet található, amely körülbelül 3 vagy 4 g (kb. 1/8 uncia) fémbevonatot tartalmaz: a bevonat anyaga platina és a hasonlóképpen fényes és drága palládium és ródium. Ezek a fémek elősegítik a kémiai reakciók beindulását a kipufogógázokban, ezzel a potenciálisan mérgező gázokat döntő többségükben ártalmatlan gázokká alakítják. A platina és a többi fém katalizátorként működnek: az általuk végzett munka nem „emészt fel” őket, és nagyon kevés szükséges belőlük ahhoz, hogy a kémia beinduljon. Ezeknek a nemesfém katalizátoroknak a jelenléte magyarázza, hogy miért nevezik az autó alján lévő acéldobozt katalizátornak. És ez az oka annak is, hogy egy új katalizátor igen sok pénzbe kerül.

A platina ígérete ellenére sajnálatos módon a katalizátor belseje piszkosszürke vagy barna színű. A legtöbb katalizátorban egy, a kereskedelemben kordierit monolitiként ismert, körülbelül 20 cm (8 hüvelyk) hosszú és talán 15 cm (6 hüvelyk) átmérőjű extrudált kerámiatömb található. A tömb azonban nem tömör. Több ezer általában négyzet alakú, mindössze 1 mm-es (kb. 1/32 hüvelykes) keresztmetszetű apró cső lyukasztja át a tömböt és rendeződik gyönyörű, szabályos mintába. Bizonyos esetekben a monolit hullámlemezről készül, de a végeredmény ugyanaz: egy inert tömb,

amely nagy felülettel rendelkezik, és amelyen keresztül a kipufogógázok áramolhatnak.

A platina, a palládium és a ródium akkor lépnek színre a történetben, amikor a monolitot ezen nemesfémeket tartalmazó oldatba merítik. Ezek bevonják a csövek belső felszínét, és amikor megszáradnak, egy mikroszkóposan egyenetlen felületet hagynak maguk után. Mindezen erőfeszítések célja az, hogy a lehető legnagyobb, platinával, palládiummal és ródiummal bevont felületet hozzák létre. Miért? A megoldás kulcsa az a mód, ahogyan egy szilárd anyag képes elősegíteni vagy katalizálni a lejátszódó reakciót. A benzinmotorok kipufogógázai számos mérgező gázt tartalmaznak. A legismertebb közülük a szén-monoxid, egy mérgező és üvegházhatású gáz, de ott van az el nem égett üzemanyag is, amely egyike a fő légszennyezőknek. Valószínűleg azonban a legkellemetlenebbek azok a nitrogén-oxidok, amelyek savas esőt okoznak és elpusztítják a Föld légkörében található ózont, amely segít kiszűrni a Nap káros ultraibolya sugárzását. A modern katalizátorok mindhárommal megbirkóznak. A platina és a palládium elősegítik az oxigén reakcióját a szén-monoxiddal és az el nem égett üzemanyaggal, amely reakciók során ártalmatlan szén-dioxid és vízgőz keletkezik. Eközben a ródium és a platina katalizálják a nitrogén-oxidok nitrogéngázzá és oxigénné való lebomlását. Ahhoz, hogy ezek a reakciók végbemenjenek, a gázoknak fizikai kapcsolatba kell kerülniük a nemesfémekkel, ezért van szükség a sok vékony levegőcsővel rendelkező kerámia monolitra. Ha csak egy platinatömbünk lenne, akkor a gázok nagy része átáramolna a tömb felett anélkül, hogy hozzáérne és reakcióba lépne vele.

Felmerül néhány kisebb probléma a modern katalizátorokkal. Az első reakció végbemene-
teléhez, amelyben a szén-mon-
oxid és az el nem égett üze-
manyag reagál el, oxigénre van
szükség. Azonban meglehető-
sen könnyű úgy beállítani egy
autót, hogy csak nagyon kis
mennyiségű oxigén



Egy autó katalizátorának belsejében

legyen a kipufogógázban. A modern autók ezért mérik az oxigénszintet a kipufogógáz katalizátorba jutása előtt és után, és ennek megfelelően adagolják a levegőt a motorba fecskendezett üzemanyag keverékhez. Szintén problémát okoz, hogy ezek a kémiai reakciók csak magas hőmérsékleten, általában jóval 400 °C (750 °C) fölött mennek végbe, és körülbelül öt percre telik, amíg a katalizátor eléri ezt a hőmérsékletet. Tehát a rövid utak során keletkezett szennyezés nem alakul át kevésbé ártalmas komponensekké, mert a katalizátor addig nem működik, amíg nincs ideje felmelegedni.

A katalizátorok érzékenyek a mérgezésre, például a szivárgó hűtőfolyadék és az üzemanyagban lévő ólom végérvényesen tönkre is tehetik őket, ez az oka annak is, hogy csak az ólommentes üzemanyagok általánossá válása után terjedtek el. A legnagyobb probléma azonban az, hogy az autók katalizátorai idővel elhasználódnak. Ez nem azért van, mert a nemesfémek elfogynak a működés közben - ne feledjük, hogy a katalizátorokat nem emésztik fel az általuk indított reakciók. Viszont vezetés során rázkódás és ütődés keletkezik, ezek pedig lerázzák a kerámia monolit katalitikus bevonatát. Az ok, ami miatt végül új katalizátor után kell nézni, az, hogy a nemesfém bevonat, a kipufogón keresztül elveszik, és szétszóródik utakon.

Ami azt jelenti, hogy a modern közúti por csordultig van platinával, palládiummal és ródiummal. Ha fogjuk a városi utakon összesepert szemetet, és kiválogatjuk annak az összes gusztustalan elemét - a műanyag csomagolóanyagokat, a konzervdobozokat és a szerves anyagokat -, akkor sötétbarna iszap marad vissza. Ennek nagy része az autóink elhasználódásából származik. Aki már vezetett autót, tudja, milyen gyakran kell a drága gumikat cserélni. Hová fogynak el? A lekopott gumi, a katalizátorok fémrészecskéivel együtt, az utakon végzi.

A világ legjobb platinabányái csak néhány milliomod rész nemesfémeket tartalmazó ércet termelnek ki. Ez drága, piszkos, környezetkárosító munka, de a bányászat megéri az erőfeszítést, mivel a kitermelt platina nagyon-nagyon értékes. Az utakról letakarított barna iszapnak hasonló a platinatartalma, mint a legjobb minőségű bányászott ércnek. Az Egyesült Királyságban most zajlik egy olyan eljárás kidolgozása, amellyel a platina, a palládium és a ródium kinyerhető közúti söprelékből. Csak az Egyesült Királyságban több tízmillió font értékű nemesfém heverhet az utcán, már csak hozzá kellene férnünk.

Platina, palládium vagy ródium – melyikük a jövő fémje?

írta: Dominic Frisby (2019. május 22.)

Hogyan alakítja a platinacsoport fémjei iránti keresletet a vezetés jövője?

... A platinát főként dízelüzemű járművekben használják, míg a palládiumot inkább a benzinmotorokban. De a ródium a benzinmotorok által kibocsátott dinitrogén-oxid (N_2O) leghatékonyabb katalizátora, akár hétszer hatékonyabb, mint a palládium. A ródium nem helyettesíthető.

A platina helyettesítheti a benzinmotorokban a palládiumot, de ez a helyettesítés csak akkor válik számottevővé, ha a palládium ára a duplája a platináénak. Más szóval, ha a palládium unciánkénti ára 1500 dollár, a platina pedig 750 dollárba kerül, akkor kezdjük majd látni a cserét.

A jövőben valószínűleg látni fogjuk a háromutas katalizátorok visszatérését, amelyek ródiumot, platinát és palládiumot tartalmaznak.

A Volkswagen dízelbotránya és az azt követő változás a szabályozásban azt jelentette, hogy Európában csökkent a dízelüzemű járművek iránti kereslet, miközben a benzines autók iránti kereslet megnőtt. Ezt hűen tükrözte a platina és a palládium ára: az előbbi lezuhant, az utóbbi pedig szárnyalt.

Azonban csak a dízelmotoros személygépjárművek iránti kereslet hanyatlott. A haszongépjárművek iránti kereslet világszerte állandó maradt, és ez valószínűleg így is marad. Más szavakkal élve, a platinakeresletnek is állandónak kell maradnia. A nagy zuhanás már megtörtént.

Érkeznek az elektromos járművek, de ezek talán mégsem olyan tiszták, mint ahogyan azt a leglelkesebb híveik szeretnék velünk elhitetni. A globális energiafelhasználás körülbelül 85% -a szénhidrogének égetéséből származik, így még az elektromos járművek esetében is 85% a valószínűsége annak, hogy az energia forrása nem tiszta.

Nem fogják feltétlenül a platina fémek iránti kereslet végét sem jelenteni. A hibrid autók jelentik az ugródeszkát az elektromos járművekhez; a JP Morgan szerint a hibridek 2025-re világszerte az értékesítés 23% -át adják majd. A hibridek azonban még mindig üzemanyagot égetnek. A járművek 91% -a 2025-ben még mindig belső égésű motorral fog rendelkezni.

A Boston Consulting Group szerint 2030-ra a személygépkocsik 85% -ában még mindig lesz robbanómotor, és ezáltal katalizátor is. Más szóval, a járműipar továbbra is igényt fog tartani a platinafémekre.

A következő kihívást a jövőben bekövetkező szabályozásban az okozza, hogy a kibocsátás mértéke laboratóriumi körülmények között eltér a valóságban tapasztalttól. A hibridek és egyéb autók, amelyek álló helyzetben ki- és bekapcsolnak, a kibocsátás szempontjából valójában hamis gazdaságosságot mutatnak, mivel a katalizátornak forrónak kell lennie a megfelelő működéshez. Ez a probléma várhatóan nagy vitát fog kiváltani a jövőben, ha nagyobb nyilvánosságot kap.

Tehát a helyzet kedvezően alakul a palládium és a ródium esetében. A kereslet állandó marad, és mindkettő készlethiányban szenved. A palládium éves hiánya 8%, míg a ródium iránti kereslet 100 000 unciával haladja meg a 760 000 uncia éves kitermelt készletet. Az újrahasznosítás mentette meg mindkettőt, de a készletek folyamatosan apadnak.

Mi élesztheti újra a platina iránti keresletet?

A platina közelebb áll az egyensúlyhoz. A gyenge rand [dél-afrikai valuta], valamint a magas palládium- és ródiumárak azt eredményezik, hogy a jövedelmezőség meghaladja a bér- és villamosenergia-ár inflációt, ezért a platinafémek termelése továbbra is magas. Ez nem kedvez a platinának.

... Miből adódik majd a kereslet? Mi fog történni? Ezekre a kérdésekre az üzemanyagcellás járművek jelenthetik a választ.

Az üzemanyagcellás járművek használata várhatóan be fog indulni, de majd csak a 2020-as évek elejétől a közepéig tartó időszakban. (Bár már korábbi megjelenésre számíthatunk). De ha az üzemanyagcellás járművek előretörnek, akkor megnő a platina iránti kereslet, és a korábbi „Money Mornings” hírlevelekben megszokott árakat és

arányokat tapasztaljuk majd, amikor platinakereskedelem visszatér az aranyhoz és a palládiumhoz viszonyított felárhoz.

Hochreiter szerint minden egyes üzemanyagcellához egy uncia (30 g) platínára lesz szükség; egy átlagos négyajtós autóhoz öt-hat uncia kellene belőle. A következő évtized végére a platina iránti kereslet a mai szinthez képest megduplázódhat.

... De az, hogy milyen módon kerül felhasználásra a platina a üzemanyagcellás közlekedésben, és egyáltalán milyen is lesz az üzemanyagcellás közlekedés, még nem ismert teljesen.

Ősz Katalin, Várnagy Katalin

LIII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny – 2021

Az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny idei évét sajnos – sok más versenyéhez hasonlóan – ismét a járványhelyzet alakította, csonkította. Egy évvel ezelőtt még bízunk abban, hogy idén visszatérhetünk a hagyományos versenyrendezéshez, melynek nagyon fontos része szokott lenni a laboratóriumi gyakorlat, és az, hogy a középöntőn, majd a döntőn találkozzanak a versenyzők, tanárok. Ez nem sikerült az idén sem.

A vírus hatását már a kezdet kezdetén érezni lehetett: az idei évben kb. 700-zal kevesebb versenyző regisztrált, mint ahányan szoktak. Szemben a 2019-es 170 jelentkező iskolával, 2020-ban mindössze 128 iskola nevezett diákokat a versenyre.

A legfájóbb veszteségünk mégsem ez, hanem hogy *Prof. Pálinkó István* – aki 2011-2018-ig volt az Irinyi OKK versenybizottságának az elnöke, majd a bizottság meghatározó tagja, feladatok szerzője, a Csongrád megyei második forduló szervezője még az idei évben is – már nem élhette meg az idei verseny lezárását. Szakmai hozzáértése és vidám, tréfálkozó személyisége nagyon fog hiányozni a versenyek előkészítése, a megyei és országos fordulók lebonyolítása során.

Bár érezhető volt idén a jelentkezők számában a vírushelyzet, de még így is több mint 1200 nevező diákból választódott ki a közel 200 versenyző, akik a döntőbe jutottak. Az első, iskolai forduló az évtizedes szokásokat követve zajlott január 23-án, de a február 27-i megyei forduló újraszervezése már nagyobb feladatot jelentett – bár a tavalyi év tapasztalatai segítettek ebben. Köszönjük minden iskola igazgatójának és tanárainak, valamint az egyetemeknek, akik csupán a kémiaoktatás iránti elkötelezettségükből otthont adtak a második fordulónak és vállalták a javítás nem kis feladatát. A második forduló lebonyolításában a következő iskolák vettek részt:

- *Bács-Kiskun megye:* Kecskeméti Katona József Gimnázium;
- *Baranya megye:* Pécsi Szakképzési Centrum Pollack Mihály Szakgimnáziuma, Szakközépiskolája és Kollégiuma;
- *Borsod-Abaúj-Zemplén megye:* Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc;
- *Budapest:* Budapesti Műszaki Szakképzési Centrum Petrik Lajos Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakgimnáziuma;
- *Csongrád-Csanád megye:* Szegedi Tudományegyetem, Szerves Kémia Tanszék;
- *Fejér megye:* Székesfehérvári Szakképzési Centrum Bugát Pál Középiskolája;
- *Győr-Moson-Sopron megye:* Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr;
- *Hajdú-Bihar megye:* Debreceni Egyetem Kémiai Intézet;
- *Heves megye:* Eszterházy Károly Egyetem, Eger;
- *Jász-Nagykun-Szolnok megye:* Szolnoki Széchenyi István Gimnázium;
- *Komárom-Esztergom megye:* Hamvas Béla Gimnázium és Szakközépiskola, Oroszlány;
- *Nógrád megye:* Mikszáth Kálmán Gimnázium és Kollégium, Pásztó;
- *Pest megye:* Dabasi Táncsics Mihály Gimnázium;
- *Somogy megye:* Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium;
- *Szabolcs-Szatmár-Bereg megye:* Nyíregyházi Egyetem.
- *Tolna megye:* Szekszárdi Garay János Gimnázium;
- *Vas megye:* ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Szombathely;
- *Veszprém megye:* Pannon Egyetem, Veszprém;
- *Zala megye:* Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa;

A járványügyi helyzet további romlása és a középiskolák bezárása miatt először a döntő későbbi időpontra való halasztása, majd az eltörlése mellett kellett döntenünk. Így az idei verseny lezárása meg inkább csonkára sikerült, mint előző évben, mert írásbeli fordulót sem lehetett tartani: a versenyt idén a II. forduló írásbeli eredményei alapján zártuk le, azaz labor nélkül, mivel a laborgyakorlatok megszervezésére már februárban sem volt lehetőség. Ezért a feladatsor egy-egy feladata mindkét kategóriában olyan jellegű elmélet vagy számolás volt, amely máskor a laborgyakorlat része szokott lenni, bár ez nem helyettesítette a tényleges laboratóriumi munka hangulatát, izgalmát. Sajnos az idei verseny – bárhog is igyekeztünk szervezni – nem pótolhatta a verseny legjobb részét sem, a tömeges izgulást a döntő feladatainak a teljesítésekor, és az eredményhirdetés tapstól hangos izgalmát.

Természetesen a kialakult helyzet (a döntő elhagyása) nem csökkentette a verseny értékét, teljes értékűnek ismerjük el a helyezettnek eredményét.

Ez az idei verseny az összes, diákokat delegáló iskolára is plusz terheket rótt. Köszönjük azoknak a tanároknak, iskoláknak a támogatását és munkáját, akik ebben a nehéz, online oktatásban is vállalták, hogy a gyerekeket felkészítik a versenyre, biztosították számukra a biztonságos versenyzés feltételeit, tartották bennük a lelket, biztatták őket.

Az eredményhirdetést online szerveztük meg 2021. május 8-án, részben a Debreceni Egyetemről, részben a Magyar Kémikusok Egyesületének a székházából közvetítve az eseményeket. Az eseményt *Simonné Sarkadi Livia*, a Magyar Kémikusok Egyesületének elnöke nyitotta meg. Ezt a Pécsi Tudományegyetem oktatóiból és hallgatóiból álló ChemHacker csoport által készített, és a YouTube-csatornán is megtekinthető (<https://www.youtube.com/channel/UCh-4icNycXluMrs5GHLFEbw/videos>) rövid kisfilmek követték a lángfestésről, az acetilén előállításáról és égéséről. A program a diákok és tanárai által talán leginkább várt résszel, az online eredményhirdetéssel folytatódott *Hajnissné Anda Éva* vezetésével, amelynek keretében a díjazott diákok fényképe és neve, valamint a felkészítő tanár és az iskola került bemutatásra. Ezt újabb kisfilm követte az ammónium-nitrát különböző körülmények közötti viselkedéséről, szemléltetve azt, hogy mi vezethetett a 2020. augusztusi

bejrúti óriási robbanáshoz. A verseny *Várnagy Katalinnak*, a debreceni szervezőbizottság elnökének és *Ősz Katalinnak*, az Irinyi versenybizottság elnökének a zárszavával zárult, és a győztes diákok helyett idén is *Várnagy Katalin* kötötte fel az Irinyi zászlóra a diákok és tanáraik nevét tartalmazó szalagokat.

Az új NAT-nak megfelelően az idei Irinyi-versenyen a 9. osztályosoknál egy kicsit másfajta kategória besorolást, kategória definíciókat alkalmaztunk, mint a korábbi években; ezeknek a kategóriáknak a megfogalmazását is tartalmazza a következő táblázat.

Az egyes kategóriák helyezettjei és a különdíjasok az alábbiak lettek:

1.A kategória (ide tartoznak azok a 9. évfolyamos tanulók, akiknek középiskolai tanulmányai (azaz 9. és 10. évfolyam) során összesen nincs heti 3-nál több kémiaórája)

1. **Csonka Illés**, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs (felkészítő tanár: *Mostbacher Éva*)
2. **Simon László Bence**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Keglevich Kristóf*)
3. **Visontai Barnabás**, ELTE Radnóti Miklós Gyakorló Általános Iskola és Gyakorló Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Albert Viktor*)
4. **Detrich Márton**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Keglevich Kristóf*)

Hinel Domonkos, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Berek László*)

5. **Kovács Dániel**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Keglevich Kristóf*)
6. **Pető Konrád**, Kazinczy Ferenc Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Horváth Katalin*)

7. **Piukovics Katalin**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr
(felkészítő tanár: *Pőheimné Steininger Éva*)

I.B/1 kategória (ide tartoznak azok a 9. évfolyamos tanulók, akiknek középiskolai tanulmányai (azaz 9. és 10. évfolyam) során összesen heti 3,5-4 kémiaórája van)

1. **Perényi Attila**, Budapest I. kerületi Szilágyi Erzsébet Gimnázium (felkészítő tanár: *Tóth Katalin*)
2. **Váradi Csanád**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Keglevich Kristóf*)
3. **Péntek Domonkos**, Budapesti Eötvös József Gimnázium (felkészítő tanár: *Tóthné Tarsoly Zita*)
4. **Bettesch Helga Adél**, Budapesti Eötvös József Gimnázium (felkészítő tanár: *Tóthné Tarsoly Zita*)
Fekete Martin, Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc (felkészítő tanár: *Fóris Tímea*)
5. **Zalán Petra**, Deák Téri Evangélikus Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Istvánffyiné Tomka Márta*)
6. **Babai Márton István**, Piarista Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Gelencsér László*)
7. **Foris Dávid**, Gödöllői Török Ignác Gimnázium (felkészítő tanár: *Kalocsai Ottó*)
8. **Miles Seán Daniel**, Budapest XIV. Kerületi Szent István Gimnázium (felkészítő tanár: *Dr. Borbás Réka*)
9. **Stuchly Gábor Ferenc**, Budapest XIV. Kerületi Szent István Gimnázium (felkészítő tanár: *Dr. Borbás Réka*)

I.B/2 kategória (ide tartoznak azok a 9. évfolyamos tanulók, akiknek középiskolai tanulmányai (azaz 9. és 10. évfolyam) során összesen több mint heti 4 kémiaórája van)

1. **Bíró Gergő**, Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Elekné Becz Beatrix*)
2. **Gerendás Roland**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Villányi Attila*)
3. **Hegedűs Márton**, Kecskeméti Református Gimnázium (felkészítő tanárok: *Sápi Anikó, Tóth Imre*)
4. **Kovács Levente**, Nyíregyházi Egyetem Eötvös József Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Sarka Lajos*)
Süli Ádám, Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium (felkészítő tanár: *Csúri Péter*)
5. **Arnold Levente**, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs (felkészítő tanár: *Dr. Petz Andrea*)
6. **Kissebesi Máté**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Villányi Attila*)

I.C kategória (itt versenyezhetnek a vegyipari, környezetvédelmi és azon technikumok 9. évfolyamos tanulói, akiknél a kémia szakmai orientáló, alapozó tantárgynak tekinthető)

1. **Schvirján Balázs**, Irinyi János Református Oktatási Központ, Kazincbarcika (felkészítő tanár: *Kopcsik Erika*)
2. **Pátzay Botond**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Fábiánné Kőszegi Erzsébet*)
3. **Pál Bence**, Budapesti Műszaki Szakképzési Centrum Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)

Az I. kategóriában a legeredményesebb elméleti feladatmegoldó **Csonka Illés** és **Perényi Attila**, a legeredményesebb számítási feladatmegoldó **Bíró Gergő** volt.

II.A kategória (itt versenyezhetnek azok a 10. évfolyamos tanulók, akiknek eddigi középiskolai tanulmányai során összesen nem volt heti 4-nél több kémiaórája)

1. **Szabó Márton**, Péter András Gimnázium és Kollégium, Szeghalom (felkészítő tanár: *dr. Tabiné Lehotai Klára*)
2. **Horváth Emese**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Berek László*)
3. **Varga Szilárd**, Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium, Szakgimnázium és Kollégium (felkészítő tanár: *Franciszi László*)
4. **Kovács Gergely**, Boldog Brenner János Általános Iskola, Gimnázium és Kollégium, Szombathely (felkészítő tanár: *Ernyey Tiborné*)
5. **Csernyák Milán**, Kaposvári Munkácsy Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Dávidné Varga Gabriella*)
6. **Hajdu Erik**, Városmajori Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *dr. Szabóné Karácsonyi Virág*)
7. **Pákozdi Áron**, Péterfy Sándor Evangélikus Gimnázium, Általános Iskola, Óvoda, Alapfokú Művészeti Iskola és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Sárvári István*)
8. **Burkódi Mikes**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Berek László*)

Csaba Dávid, Budapest VI. Kerületi Kölcsey Ferenc Gimnázium (felkészítő tanár: *Palya Tamás*)

II.B kategória (itt versenyezhetnek azok a 10. évfolyamos tanulók, akiknek eddigi középiskolai tanulmányai során összesen több mint heti

4 kémiaórája volt (a kémia, természettudomány, biológia-kémia és biológia tagozat emelt kémia óraszámával))

1. **Nemeskéri Dániel**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanárok: *Sebő Péter, Villányi Attila*)
2. **Papp Marcell Imre**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanárok: *Sebő Péter, Villányi Attila*)
3. **Fenyvesi Bence**, Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc (felkészítő tanár: *Nyéki Attila*)
4. **Gyöngyösi Réka**, Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium (felkészítő tanár: *Csúri Péter*)
5. **Labancz Barnabás**, Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium (felkészítő tanárok: *Borsos Katalin, Labancz István*)
6. **Takács Anita**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)
7. **Bodnár Mária**, Soproni Széchenyi István Gimnázium (felkészítő tanár: *Kiss-Husztá Pálma*)
8. **Müller David Andreas**, Budapesti Eötvös József Gimnázium (felkészítő tanár: *Matula Ilona*)

II.C kategória (itt versenyezhetnek a vegyipari, környezetvédelmi és azon technikumok 10. évfolyamos tanulói, akiknél a kémia szakmai orientáló, alapozó tantárgynak tekinthető)

1. **Láng Levente**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Kutasi Zsuzsanna*)
2. **Bittó Marcell**, Budapesti Műszaki Szakképzési Centrum Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum (felkészítő tanár: *Tóth Krisztina*)

3. **Ujvári Viktor**, Budapesti Műszaki Szakképzési Centrum Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum (felkészítő tanár: *Tóth Krisztina*)
4. **Szikora Blanka**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Kutasi Zsuzsanna*)

A II. kategóriában a legeredményesebb elméleti feladatmegoldó, valamint a legeredményesebb számítási feladatmegoldó is **Szabó Márton** volt.

Kiemelkedő tehetséggondozó munkájukért a következő felkészítő tanárok kaptak elismerést:

Dr. Miklós Endréne (Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium)
Csúri Péter (Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium)

Kiemelkedő tehetséggondozó munkájukért az alábbi iskolák kaptak különdíjat:

Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium
Verseghy Ferenc Gimnázium, Szolnok

Bízunk benne, hogy 2022-ben végre ismét lehetőségünk lesz a hagyományos formában megszervezni az 54. Irinyi János Középiskolai Kémiaversenyt.

A versenyről további információkat talál az alábbi oldalon:

- <http://www.irinyiverseny.mke.org.hu/>: az MKE megújult Irinyi oldala (innen letölthető a verseny története, a versenybizottság tagjainak névsora, a versenykiírás, az egyes fordulók feladatsorai és megoldókulcsaik, valamint fényképek)

A program részben a Miniszterelnökség Családokért Felelős Tárcá Nélküli Miniszter megbízásából a Nemzeti Tehetség Program és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett NTP-TMV-M-20-B-0039 azonosító számú pályázati támogatásból valósul meg.

A rendezvény kiemelt támogatói: a Richter Gedeon Nyrt. a Sanofi-Aventis Zrt. és a Szerencsejáték Zrt. További támogatóink az Aktív Instrument Kft, a Reanal Laborvegyszer Kft. és a UNICAM Magyarország Kft.



MINISZTERELNÖKSÉG
CSALÁDOKÉRT FELELŐS TÁRCA NÉLKÜLI MINISZTER



SZERENCSEJÁTÉK ZRT.

Eredmények

(Az idei évben nem volt lehetőség a döntő megszervezésére, így a végleges sorrendet a II. forduló feladatsorai alapján hirdettük ki. A legjobb dolgozatokat a Versenybizottság egységesen felüljavította, ezeket a pontszámokat tartalmazza az alábbi táblázat feladatonkénti bontásban. A többi versenyzőnél a megyei fordulóban kapott összpontszámokat tüntetjük fel a táblázatban.)

Mindegyik kategóriában maximum 170 pontot lehetett elérni.

Valamennyi diáknak és felkészítő tanárnak szívből gratulálunk az országos döntőbe jutáshoz és az elért eredményhez!

I.A kategória

Név	Iskola	Felkészítő tanár	E1	E2	E3	E4	E5	Sz1	Sz2	Sz3	Sz4	Sz5	L1	Σ
Csonka Illés	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Mostbacher Éva	25	10	10	17	14	9	13	14	12	24	20	168
Simon László Bence	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium	Keglevich Kristóf	25	10	10	16,5	12,5	9	13	14	12	22	20	164
Visontai Barnabás	ELTE Radnóti Miklós Gyakorló Általános Iskola és Gyakorló Gimnázium, Budapest	Albert Viktor	25	10	9	15	13	9	12	14	10	22	20	159
Detrich Márton	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium	Keglevich Kristóf	25	9	9	16,5	13	11	13	14	12	15	18	155,5
Hinel Domonkos	Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium	Berek László	24	8	9	13,5	11	11	13	14	10	22	20	155,5
Kovács Dániel	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium	Keglevich Kristóf	25	10	9	15,5	13	11	13	4	10	24	20	154,5
Pető Konrád	Kazinczy Ferenc Gimnázium és Kollégium, Győr	Horváth Katalin	25	10	6	11,5	14	6	13	14	10	24	20	153,5
Piukovics Katalin	Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr	Pöheimné Steininger Éva	24	10	9	17	14	11	13	14	3	18	20	153

Ács Noémi	Lovassy László Gimnázium, Veszprém	Bertha Ágnes Mónika, dr. Ertli Tímea	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	75,5
Balázs Benjamin	Szondy György Gimnázium, Ipolyság	Dr. Béres Gábor	<i>(I.A kategória)</i>	65
Bánfalvi Barnabás	Ciszterci Szent István Gimnázium, Székesfehérvár	Takácsné Kovács Anikó		82
Csóka Péter	Pécsi Janus Pannonius Gimnázium	Hegyiné Király Krisztina		123,5
Dudás Orsolya	Egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium és Kollégium	Göncziné Utassy Jolán		75
Fodor Virág	Lovassy László Gimnázium, Veszprém	Szintay Gertrúd, dr. Ertli Tímea		146
Gőcze Máté Farkas	Magyar-Angol Tannyelvű Gimnázium és Kollégium, Balatonalmádi	Mód Rudolf		59,5
Horváth Márk Sándor	Boldog Brenner János Általános Iskola, Gimnázium és Kollégium, Szombathely	Ernyey Tiborné		97,5
Jaczó Emma	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Mostbacher Éva		134
Járóka Réka	Kazinczy Ferenc Gimnázium és Kollégium, Győr	Horváth Katalin		128
Juhász Gergő	Vajda Péter Evangelikus Gimnázium, Szarvas	Borzovánné Burai Julianna		133
Káli-Nagy Lili	Miskolci Herman Ottó Gimnázium	Csorba Györgyi		134,5
Kiss Botond Attila	Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium	Tölgyesné Kovács Katalin, Dr. Bóbits Lilla		123,5
Laukó Boglárka	Vajda Péter Evangelikus Gimnázium, Szarvas	Borzovánné Burai Julianna		105
Lukács Írisz	Tóparti Gimnázium és Művészeti Szakgimnázium, Székesfehérvár	Fischer Katalin Emese		60
Pák Péter	Esztergomi Dobó Katalin Gimnázium	Szarvas Zsuzsanna		116
Pásztor Lili	Szondy György Gimnázium, Ipolyság	Dr. Béres Gábor		74
Petz Antónia	Veresegyházi Katolikus Gimnázium	Mravik Emese		96,5
Pigler Szofi Anna	Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium	Tölgyesné Kovács Katalin, Dr. Bóbits Lilla		128,5

Pinke Lilla	Tóparti Gimnázium és Művészeti Szakgimnázium, Székesfehérvár	Fischer Katalin Emese	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	44,5
Rácz Tamás	Debreceni Csokonai Vitéz Mihály Gimnázium	Dr. Patonayné Péli Erzsébet	<i>(I.A kategória)</i>	74,5
Rossz Koppány	Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata	Pataki Zsuzsanna		146
Schäffer Donát	Pécsi Janus Pannonius Gimnázium	Hegyiné Király Krisztina		141,5
Szabadi Botond	Esztergomi Dobó Katalin Gimnázium	Szarvas Zsuzsanna		127
Szóllós Janka	Mikszáth Kálmán Gimnázium és Kollégium, Pásztó	Nádi Zoltán		79,5
Szulcsán Dominik	Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium	Berek László		96,5
Tasnádi Bálint	Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata	Pataki Zsuzsanna		122
Vodicska Csenge	Esztergomi Dobó Katalin Gimnázium	Szarvas Zsuzsanna		144

Molnár Kristóf	Városmajori Gimnázium, Budapest	dr. Szabóné Karácsonyi Virág	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	153,5
Oravecz Anna	Szolnoki Széchenyi István Gimnázium	Ember Tünde	<i>(I.B/1 kategória)</i>	62,5
Schmidt Liliána Éva	Jurisich Miklós Gimnázium és Kollégium, Kőszeg	Horváth Krisztina		91
Semetka Gréta	Ceglédi Kossuth Lajos Gimnázium	Prinz Erna		113,5
Szilágyi Bence László	Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Surányi László		104
Szpisják Zsófia	Verseggy Ferenc Gimnázium, Szolnok	Balázs Zsuzsanna		134
Tanczikó Hanna	Hatvani Bajza József Gimnázium	Illésné Törő Melinda		87
Tóth Petra Lili	Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Fóris Tímea		140,5
Varga Boldizsár	Németh László Gimnázium, Budapest	Kovács Október		153

I.B/2 kategória

Név	Iskola	Felkészítő tanár	E1	E2	E3	E4	E5	Sz1	Sz2	Sz3	Sz4	Sz5	L1	Σ
Bíró Gergő	Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekne Becz Beatrix	25	10	10	17	13	11	13	14	12	24	20	169
Gerendás Roland	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest	Villányi Attila	25	10	10	13,5	14	11	13	14	12	20	20	162,5
Hegedűs Márton	Kecskeméti Református Gimnázium	Sápi Anikó, Tóth Imre	25	10	7	14,5	13	11	13	14	10	24	20	161,5
Kovács Levente	Nyíregyházi Egyetem Eötvös József Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium	Sarka Lajos	25	10	7	15,5	14	6	13	14	12	22	20	158,5
Süli Ádám	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium	Csúri Péter	25	10	8	14,5	13	9	11	14	12	22	20	158,5
Arnold Levente	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Dr. Petz Andrea	23	10	7	17	13,5	11	13	14	10	24	14	156,5
Kissebesi Máté	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest	Villányi Attila	22	9	9	16,5	14	7	13	14	10	20	20	154,5

Berecz Balázs	Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium	Sinyiné Kővári Györgyi	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	103,5
Czakó Boróka	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium	Csúri Péter	<i>(1.B/2 kategória)</i>	139,5
Csonka Sára	ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Szombathely	Dr. Füzesi István		114,5
Éger Viktória Bernadett	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest	Villányi Attila		151
Hajnal Balázs	Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium	Labancz István		138,5
Hangya Kinga	Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium	Reiterné Makra Zsuzsanna		149
Herczeg Balázs	Verseggy Ferenc Gimnázium, Szolnok	Kiss Béla		76
Hornok Ágnes Anna	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium	Csúti Péter		123
Jánics Richárd	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Dr. Petz Andrea		125
Jávorházy Andor	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Dr. Petz Andrea		124,5
Kovács Tímea	Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Hotziné Pócsi Anikó		112
Kozma Szemere	Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola	Nagy István		149
Kusica Nadin	Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr	Pőheimné Steininger Éva		122
Lajgut Attila Álmos	Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Endrész Gyöngyi		123,5
Leskó Dániel	Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Endrész Gyöngyi		131
Lippai András István	Szent László Katolikus Gimnázium, Technikum, Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola, Kollégium és Óvoda, Kisvárd	Balázsné Szabó Livia		90,5

Máté Eszter Katalin	Szent László Katolikus Gimnázium, Technikum, Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola, Kollégium és Óvoda, Kisvárd	Balázsne Szabó Livia	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	91
Méhes Katalin	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Dr. Petz Andrea	<i>(1.B/2 kategória)</i>	124,5
Miklós Csongor Kolos	Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium	Versits Livia		88
Molnár Frida Barbara	Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium	Versits Livia		126,5
Nedeczky Karolina	Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium	Dr. Miklós Endréné		128,5
Nyíri Kata Luca	Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium	Labancz István, Reiterne Makra Zsuzsanna		124
Papp András	Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola	Göbl László		142
Petykó Gergő	Szent László Katolikus Gimnázium, Technikum, Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola, Kollégium és Óvoda, Kisvárd	Balázsne Szabó Livia		99
Siklós Dorina	Verseghegy Ferenc Gimnázium, Szolnok	Kiss Béla		110,5
Skotnyár Éva	Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium	Dr. Miklós Endréné		149,5
Stingli Péter	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium	Csúri Péter		129,5
Szabó Kata	Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium	Tóth Eszter		67
Terney Adrián István	Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Endrész Gyöngyi		85,5
Tóth Panna	Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Fenyősné Kircsi Amália		122,5
Tölgyesi Levente	Verseghegy Ferenc Gimnázium, Szolnok	Kiss Béla		95,5

II.A kategória

[illegible]

Ernyey Júlia	Boldog Brenner János Általános Iskola, Gimnázium és Kollégium, Szombathely	Ernyey Tiborné	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	86,5
Ferenczi Ákos	Tiszavasvári Váci Mihály Gimnázium	Bényei András	<i>(II.A kategória)</i>	104
Fodor Kata	Gyulai Erkel Ferenc Gimnázium és Kollégium	Nagné Kotroczó Andrea Piroska		129
Hédl Barnabás	Lovassy László Gimnázium, Veszprém	Szintay Gertrúd, dr. Ertli Tímea		67
Hegyi Patrícia	Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr	Kalydiné Dubraviczki Tímea		124
Holyba Gergő	Verseggy Ferenc Gimnázium, Szolnok	Balázs Szusanna		79
Hosszú Noel Zsolt	Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium	Egyedné Krizmanics Ildikó		84
Kiss Mihály	Boldog Brenner János Általános Iskola, Gimnázium és Kollégium, Szombathely	Ernyey Tiborné		126,5
Lévai Dominik	Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata	Magyar Csabáné		56
Lovas Márton	Békásmegyeri Veres Péter Gimnázium, Budapest	Vadlarné Győri Nicolette		119
Machlik Borbála	Pécsi Janus Pannonius Gimnázium	Hegyiné Király Krisztina		130,5
Mácsár Hunor	Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakgimnázium, Alapfokú Művészeti Iskola és Kollégium, Gödöllő	Takó Géza József		108
Márton Igor	Gymnázium Zoltána Kodály Galanta – Kodály Zoltán Gimnázium, Galánta	Takács Zsuzsa		49
Mészáros Richárd	Apor Vilmos Római Katolikus Óvoda, Általános Iskola, Alapfokú Művészeti Iskola, Gimnázium és Kollégium, Győr	Kullerné Ender Nicolette		123,5
Monostori Anna	Miskolci Herman Ottó Gimnázium	Juhász Attila; Molnár Krisztina		77

Murányi Lili	Egri Dobó István Gimnázium	Dr. Prokainé Hajnal Zsuzsanna	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	57,5
Murányi Réka	Egri Dobó István Gimnázium	Dr. Prokainé Hajnal Zsuzsanna	<i>(II.A kategória)</i>	59,5
Nagy Enikő	Tatai Református Gimnázium	Pozsgayné Tóth Ildikó		76
Nagy Eszter	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium	Rakota Edina		111
Petz Máté	VII. Kerületi Madách Imre Gimnázium, Budapest	Viktor Dániel		115,5
Polák Mátyás	Selye János Gimnázium, Komárom	Fiala Andrea		71
Sallai Péter	Dunakeszi Radnóti Miklós Gimnázium	Horváth Henrietta		107
Simon Anna Zsuzsanna	Magyar-Angol Tannyelvű Gimnázium és Kollégium, Balatonalmádi	Dr. Tófalvi Renáta		34
Stein Felix	Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, Kollégium, Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Iskola	Nagy István		81
Szabari Milán	Jászapáti Gróf Széchenyi István Katolikus Technikum és Szakképző Iskola	Szabóné Nagy Enikő		58
Tóth Lili	Budapesti Eötvös József Gimnázium	Ferenczyné M.Márta		124,5
Viczián Dániel	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium	Szivós Ádám		127
Vukics Zoé	Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa	Dénes Sándorné		114

Lehotai Dávid	Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest	Elekné Bez Beatrix	<i>A táblázat ezen részében a megyei fordulón elért összpontszámok szerepelnek, a versenyzők neve szerint ABC-rendben.</i>	124,5
Mester Csanád	Vetési Albert Gimnázium, Veszprém	Likerné Pucsek Rozália	<i>(II.B kategória)</i>	44
Nagy Veronika	Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr	Árki Csilla		131
Nagy Zsolt Ferenc	Egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium és Kollégium	Göncziné Utassy Jolán		133,5
Ottó Fruzsina	Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium	Dr. Miklós Endréné		64
Pancza Zsófia	Kecskeméti Katona József Gimnázium	Tóth Zsolt		91,5
Péter Bence	Szent Imre Katolikus Gimnázium, Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola, Kollégium, Óvoda és AMI, Nyíregyháza	Szegediné Bécsi Szilvia		67
Polgár Sándor Bendegúz	Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc	Nyéki Attila		74
Puskás Péter	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs	Dr. Petz Andrea		122,5
Rácz Hajnalka	ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest	Sebő Péter		133
Sobko Diana	ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Szombathely	Szabó Bence Farkas		84
Szabó Kira Viktória	Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Hotziné Pócsi Anikó		109
Szoboszlai Péter	Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium	Machnikné Széplaki Tünde		63
Szőke Panna	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium	Csúri Péter		111
Tilesch Márton	Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium	Dr. Miklós Endréné		94
Tóth Molli	Kecskeméti Református Gimnázium	Vargáné Hajdú Mária		86
Veréb Gergely	Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Hotziné Pócsi Anikó		121,5

Lente Gábor és Ősz Katalin

Az LIII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny egyik feladattípusának megoldásához

2020 szeptemberétől lépett életbe az új Nemzeti Alaptanterv, amelyben a kémiára szánt óraszám sajnálatosan – de a súlyos szaktanárhiányt látva korántsem érthetetlenül – lecsökkent. Az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny régóta követett alapelve, hogy az ott szereplő feladatok megoldásához nem szükséges annál több kémiai ismeret, mint amennyit a szokásos középiskolai tanmenetek előírnak. Az óraszámcsökkenéssel együtt természetesen csökkent a tananyag mennyisége is, illetve versenyszervezési szempontból további, már a 2020/21-es tanévben a kilencedik osztályosok között is jól érzékelhető nehézséget jelent az, hogy a korábbi kategória-besorolási rendszer is idejét múlttá vált: az egyes középiskolákban ténylegesen kémiára fordított óraszám a korábbinál sokkal változatosabbá vált.

Természetesen ezeket a változásokat a versenyen kitűzött feladatokban sem lehetett figyelmen kívül hagyni. A versenykiírásban szereplő témaköröket a versenybizottság már 2020 őszén hozzáigazította a megújult Nemzeti Alaptantervhez. Ebből következően a korábbinál szűkebb kémiai ismeretek feltételezésével kell(ene) olyan feladatokat írni, amelyek egyrészt alkalmasak arra, hogy a legtehetségesebbeket kiválasszák a versenyzők közül, de ugyanakkor nem nehezek annyira, hogy sok diák kedvét elvegyék a versenyen való megmérettetéstől. A középiskolai kémiai tanulmányi versenyeken szereplő feladatok jelentős része olyan, viszonylag korlátozott számú sémák egyikét követi, amelyet egy tapasztalt felkészítő tanár a szöveg elolvasásával egy időben felismer.

2020-ban jelent meg a jelen cikk egyik szerzőjének *Ezeregynél is több molekula meséi* (<https://mersz.hu/lente-ezeregynel-is-tobb-molekula-mesei>) című műve. A könyv arra tesz tudatos kísérletet, hogy a kémia összetett jelrendszerének (így például kémiai képleteknek) a használata nélkül, kizárólag nyelvi eszközökkel ismertesse meg az olvasóval a kémiatudomány alapösszefüggéseit, illetve a vegyészek

gondolkodásmódját. A különböző anyagok elnevezéséről szóló fejezet egyik bekezdése a következőképpen próbálja meg érzékeltetni azt, hogy miért is célszerű dolog szerkezeti képleteket használni:

„Már többször szó esett az nevű anyagról. Kémiai képletet továbbra sem írok le, de azt azért megosztom az olvasóval, hogy ez a név a szakemberek számára sok információt tartalmaz. Van benne egy négy szénatomot és egy oxigénatomot tartalmazó ötszög. Ebben az oxigénatom melletti szénatomhoz egyetlen oxigén kapcsolódik, és semmi más; az oxigénnel nem szomszédos szénatomok mindegyikéhez egy oxigénatom kapcsolódik, ahhoz pedig még egy hidrogénatom úgy, hogy a hidrogének a szénhez már nem kapcsolódnak. A gyűrűben lévő utolsó, ismét oxigén melletti szénatomhoz egy hidrogénatom és egy két szénatomból álló, kis lánc kapcsolódik; a kis lánc mindegyik szénatomjához egy oxigénatom, majd ehhez egy hidrogénatom is kötődik. A kis lánc gyűrű melletti szénatomjához egy, a gyűrűtől távolabbihoz két további hidrogén kötődik. Emellett a név még azt is megmondja, hogy a kis láncban lévő, a gyűrűhöz közvetlenül kapcsolódó szénatom, illetve a gyűrűben lévő, közvetlenül a kis lánchoz is kapcsolódó szénatom körül milyen térbeli elrendeződésben kapcsolódik az a négy atom, amely kötődik hozzá. (Ezt már nincs kedvem ennél pontosabban kifejezni.)”

Az eredeti szövegben a helyén egy nagyon gyakori vegyület kémikusok számára is meglehetősen idegenül hangzó szabályos neve szerepel. A vegyület neve és képlete a jelen cikk végén megtalálható. Arra bátorítjuk az olvasót, hogy mielőtt odalapozna, próbálja meg a leírás alapján a szerkezeti képletet felírni.

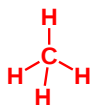
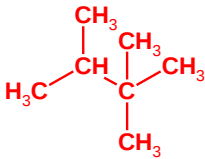
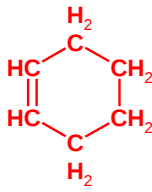
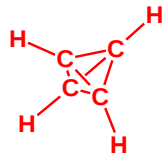
Az Irinyi-verseny II. kategóriájában tizedik osztályosok indulnak, ők ebben az évben szerves kémiát tanulnak. Lényegében az idézett könyvbekezdés adta az ötletet, hogy versenyfeladatot is lehetne úgy készíteni, hogy a szövegben felsoroljuk egy molekula néhány szerkezeti jellemzőjét, amely már elégséges az azonosításhoz. A versenykiírás témakörei között a II. kategória első fordulójáig csak a szénhidrogének szerepelnek, így a feladat (a megoldással együtt) a következő lett:

Első forduló, II. kategória

E2. feladat

14 pont

A megadott információk alapján azonosítsd, melyik szénhidrogénről van szó! Add meg a szerkezeti- és az összegképletét!

	<i>A szénhidrogén szerkezeti- és összegképlete:</i>	
a) Benne a hidrogénatomok száma háromszorosa a szénatomok számának.	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	C_2H_6
b) Az összes benne lévő kötés energiája azonos.		CH_4
c) A legkisebb sűrűségű, két szénatomot tartalmazó szénhidrogén.	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	C_2H_2
d) A leghosszabb szénlánc négy szénatomot tartalmaz, és van benne tercier és kvaterner szénatom is.		C_7H_{16}
e) Egyetlen gyűrű van benne, az hat szénatomot tartalmaz, nincsen benne primer szénatom, a hidrogének száma a szénatomok számának kétszeresénél kettővel kevesebb.		C_6H_{10}
f) Hat atomot tartalmaz, mindegyik egy egyenesen van.	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	C_4H_2
g) A legkisebb olyan telített szénhidrogén, amelyben az összes szénatom tercier.		C_4H_4

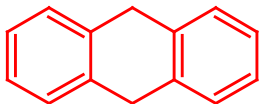
Talán nem túlzás azt állítani, hogy a feladat látszólagos egyszerűsége ellenére elég változatos logikai okfejtéseket kell használni ahhoz, hogy eljussunk a végeredményre. Az a) részben például azt kell észrevenni, hogy a CH_3 tapasztalati képletnek csak egyetlen egy stabil szerves molekula felel meg. A b) részben az a fő felismerés, hogy ha egy szénhidrogénben csak egyetlen típusú kötés van, akkor annak szénhidrogén kötésnek kell lennie. A c) rész megoldásához a gázok molekulatömege és sűrűsége közötti összefüggés ismerete alapján kell azt a molekulát megkeresni, amelyben két szénatom mellett a lehető legkevesebb hidrogén van. Ezen feladatoknak fontos részfelismerése az is, hogy a logikailag megállapítható molekulaképlethez csak egyetlen szerkezeti képlet tartozhat, mert az atomok kapcsolódási sorrendjére vonatkozó információt egyik meghatározás sem ad.

Más a helyzet a maradék négy példában: itt a szöveges definíció már a szerkezetre utaló információt is tartalmaz. A d) rész leginkább a rendűség fogalmának pontos értelmezésén alapul, míg az e) részben is szükség van erre annak megállapításához, hogy a gyűrűhöz nem kapcsolódhat oldallánc, vagyis a gyűrűnek kell hattagúnak lennie. Az f) résznél a szokásos kötőszögek, illetve molekulageometriák ismerete alapvető fontosságú, míg a g) résznél az jelent plusz nehézséget, hogy itt a megoldást már semmiképpen nem lehet a szerkezeti képleteknél amúgy nagyon is szokásos módon, síkban kiterítve elképzelni (még a szénvázát sem!)

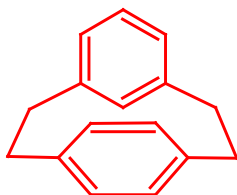
Ahogy említettük, az Irinyi-verseny feladatainak írásánál arra kell törekedni, hogy egyrészt eléggé nehezek legyenek ahhoz, hogy csak az indulók nem túl nagy hányada érjen el maximálisához közeli eredményt, másrészt viszont olyan résztvevő lehetőleg egy se legyen, akinek csak kudarcélményt jelent a verseny. A most bemutatott feladattípus igen jól alkalmazkodik ehhez a követelményhez, mert lehetővé teszi a fokozatosan nehezedő meghatározások írását. Természetesen ilyenkor a legkönnyebb kérdéssel kell kezdeni a feladatot, már csak azért is, hogy a megoldók ne adják fel a feladat szövegének olvasását az első mondatok után. Az is nagyon fontos, hogy egy-egy példa nehézségét ne kizárólag a szerző ítélje meg. Ezért a feladatsorok, illetve az egyes feladatok is többlépcsős finomításon mennek át, mielőtt elnyerik végleges formájukat. Az itt elvégzett változtatások az apróbb, megfogalmazásbeli pontosítástól egészen a feladat teljes kihagyásáig terjedhetnek. Az előbb

bemutatott, első fordulós feladatból például az érlelési folyamat eredményeképp a következő két kérdést teljesen elhagytuk:

- h) A vegyületben minden szénatom gyűrűben van, tartalmaz két teljes benzolgyűrűt, amelyek egy *orto*-helyzetű metilénecsoport-páron keresztül kapcsolódnak.



- i) A vegyületben minden szénatom gyűrűben van, tartalmaz két teljes benzolgyűrűt, amelyek két, az egyik gyűrűn *para*-, a másikon *meta*-helyzetű, két metilénecsoportból álló láncon keresztül kapcsolódnak.



Rutinos tanárkollégáink mindkét esetben az *orto*, *meta*, *para* szerkezeti nevezéktan használatáról gondolták azt, hogy meghaladja a versenyen indulók túlnyomó többségének előismereteit, illetve az i) pontban nagyon is szükséges (habár a „kivasalva” felrajzolt szerkezeti képletből egyáltalán nem nyilvánvaló) térbeli gondolkodás nehézségei miatt nem tartották alkalmasnak a feladatrészt az első fordulóba.

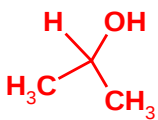
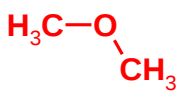
A második forduló témakörei a versenykiírás szerint a halogén- és oxigéntartalmú szerves anyagokkal bővülnek, az utóbbiak közül elsősorban az alkoholokra és ketonokra koncentrálva. A vegyület-leírásos feladat alkalmasnak bizonyult arra is, hogy az Irinyi-versenybizottság zsargonjában „futó feladat”-ként emlegetett sorozat legyen belőle, vagyis azonos alapgondolatra építve egy nehezebb, bővített forma a következő fordulóba is bekerült:

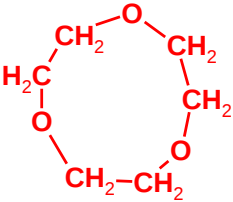
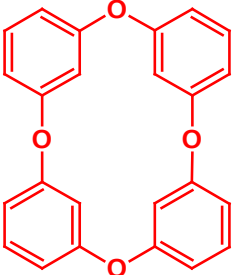
Második forduló, II. kategória

E4. feladat

19 pont

Az alábbi szerves vegyületek csak szén, hidrogént és oxigént tartalmaznak. A megadott információk alapján azonosítsd, melyik vegyületről van szó! Add meg a szerkezeti- és az összegképletét!

	A csak oxigént, szenet és hidrogént tartalmazó szerves vegyület szerkezeti- és összegképlete:	
a) Alkohol, amelyben egyetlen oxigén van és nincs szén-szén kötés.	$\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$	CH_4O
b) A legkisebb szénatomszámú, nyílt láncú, telített, szekunder alkohol.		$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$
c) A legkisebb moláris tömegű, csak szén-hidrogén és szén-oxigén egyszeres kötésekkel tartalmazó molekula.		$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
d) A legkisebb molekula, ahol a hidrogének száma megegyezik a szénatomok és oxigénatomok számának összegével.	$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$	CH_2O
e) A legkisebb molekula, ahol a hidrogénatomok száma kétszer annyi, mint a szénatomok és oxigénatomok számának összege.	$\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$	CH_4O
f) Hidrogént nem tartalmazó lineáris molekula, amelyben öt atom van.	$\text{O}=\text{C}=\text{C}=\text{C}=\text{O}$	C_3O_2

g) Huszonegy atomból álló molekula, amiben a hidrogén-atomok száma a szénatomok számának kétszerese, ami az oxigénatomok számának a kétszerese. Minden szénatomja egyenértékű, minden oxigénje egyenértékű, valamint minden hidrogénje egyenértékű. (Ez a vegyület egyébként a korona-éterek csoportjába tartozik.)	 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$
h) Négy darab, 1,3-helyzetű éterkötéseken át kapcsolódó benzolgyűrűből álló molekula. Atomjai számának az összege 44.	 $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{O}_4$

A halogének lehetséges jelenléte nem igazán növelte az elkészíthető feladatok változatosságát, hiszen szerkezeti szempontból egy halogén semmivel nem tud többet, mint egy hidrogén. Az oxigénnel azonban más a helyzet: ez minőségi változást jelentett. Ezért a második fordulóban nem kettő, hanem öt meghatározásnál volt a megoldás egyik célravezető útja az, hogy a leírt szöveg alapján meghatározzuk a molekulaképletet, majd megkeressük hozzá az egyetlen lehetséges szerkezeti képletet. A feladatszerző egy pici mókát is megengedett magának: a metanolt két különböző módon is definiálta.

Az f) részről könnyen felismerhető, hogy az első fordulós feladat f) részével rokon: itt is az egymáshoz lineáris láncban kapcsolódó (tehát egyetlen *sp* hibridizációjúnak nevezett) szénlánc megfelelő lezárását kellett megtalálni.

A g) rész azonban már komoly újdonság az előző fordulóhoz képest: itt a megadott szöveg alapján a $C_6H_{12}O_3$ molekulaképletig viszonylag könnyű eljutni, de ehhez számolatlanul lehet szerkezeti képleteket alkotni; az Amerikai Kémiai Társaság SciFinder adatbázisa például e sorok írásának idején 1717 darab különböző, már a valóságban is előállított izomert tartott nyilván.

Ezt az alkalmat megragadva szeretnénk leírni a szerves anyagoknál a molekulaképlet és a szerkezeti képlet közötti összefüggés keresésének egy olyan módszerét, amelyet a legtöbb, ilyen problémákban járatos kémikus használ (akár tudatosan, akár ösztönösen):

1. A kiindulási pont mindig a telített, gyűrűt nem tartalmazó szénhidrogén C_nH_{2n+2} összegképlete.
2. Oxigénatom hozzáadása nem változtat a telített vegyületben lévő hidrogének számán.
3. Egy nitrogénatom hozzáadása eggyel növel a telített vegyületben lévő hidrogének számát.
4. Egy halogénatom hozzáadása eggyel csökkenti a telített vegyületben jelen lévő hidrogének számát.
5. A telítetlen vegyületekben a hidrogének száma ennél csak kevesebb lehet: a vegyületben lévő gyűrűk és többszörös kötések összes száma éppen a telített összetételhez képest hiányzó hidrogénatomok számának a fele.
6. Kén- és foszforatomot tartalmazó molekulákra sajnos közvetlenül nem, és haladóbb formában is csak eléggé összetett módon alkalmazhatók ezek a szabályok; ezek részletezésétől eltekintünk.

Az 5. szabály alkalmazásánál még érdemes arra emlékezni, hogy egy hármas kötés ilyen szempontból két kettős kötéssel ekvivalens. Megemlítjük még, hogy a szabályt akár pusztán a gyűrűk számával is ki lehet(ne) mondani, hiszen egy kettős kötést geometriai szempontból minden további nélkül el lehet képzelni két szénatomos gyűrűként, egy hármas kötést pedig két azonos szénatom részvételével megalkotott gyűrűpárként.

Egyszerű példaként képzeljük el a CHN összegképletet. Egy szén és egy nitrogénatomhoz a teljesen telített vegyület képlete CH_5N lenne, így a CHN-nek (sokkal hagyományosabb, de igazából a szerves kémiai konvencióknak kevésbé megfelelő sorrendben felírva HCN) vagy két kettőskötést kell tartalmaznia, vagy egy hármast, vagy egy kettőskötés és egy gyűrűt, vagy két gyűrűt. Ugyanígy a $\text{C}_{30}\text{Cl}_3\text{I}_2\text{H}_{57}\text{O}_7\text{N}_2$ molekulaképletből is kis számolás után belátható, hogy vagy egyetlen kettőskötés tartalmaz (de ez nemcsak szén-szén kettős kötés, hanem szén-oxigén, szén-nitrogén, vagy kicsit rémképzetszerűen akár még nitrogén-oxigén is lehet), vagy egyetlen gyűrűt.

Ha számolásnál a többszörös kötések és gyűrű teljes számára nem jön ki egész szám (mivel kettővel osztunk, ekkor egy páratlan egész szám fele az eredmény), akkor a szerves kémiában hagyományos vegyértékszemléletben nincs ilyen képletű molekula, mert az elektronok összes száma ilyenkor páratlan lenne, azaz feltétlenül van köztük legalább egy párosítatlan. Ilyen például a C_6H_5 esete, amelyről a legtöbb olvasó is valószínűleg azonnal meglátja, hogy egy gyök képlete. Néhány kivételes esetben a szerves kémia hosszan eltartható gyököket is ismer, de ezeket stabil gyököknek szokták nevezni, és nem páratlan molekuláknak.

Mindezek ismeretében visszatérve a $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$ molekulaképletű g) feladatrésze: itt a szabályok alkalmazásával azt kapjuk, hogy a szerkezeti képletben vagy egy kettős kötés, vagy egy gyűrű van. A további információ az, hogy a molekula minden szénatomja egyenértékű, minden oxigénje egyenértékű, és minden hidrogénje is egyenértékű. Ez kizárja a kettőskötés lehetőségét, hiszen ekkor a kettőskötéssel összekapcsolt két atom biztosan nem lehetne a többivel egyenértékű, olyan atomfajta pedig nincs a molekulában, amelyből csak kettő darab volna. Azt is lehet látni, hogy ha az összes hidrogén egyenértékű, akkor mindegyiknek azonos típusú atomhoz kell kapcsolódnia, ez pedig csak a szénatom lehet, hiszen oxigénatomból ehhez nincs elég. Így a szénatomok egyenértékűségét is „bevetve” felismerhetjük, hogy a vegyületben hat darab metilénsoportnak kell lennie, és mivel sem hidrogén-oxigén kötés, sem legfeljebb egy hidrogénhez kapcsolódó szénatom nincsen, ezért mindhárom oxigén éteres formában van. Ha eddig eljut valaki, akkor lényegében megoldotta a feladatot, mert hat metilénsoportból és három oxigénből

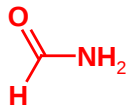
csak egyféleképpen lehet molekulát alkotni úgy, hogy az oxigének egyenértékűek legyenek.

A feladat h) része lényegesen könnyebb, mint az öt megelőzők; itt a képlet felírásához elég „receptszerűen” követni a leírásban megjelölhető szerkesztési utasítást.

Az itt felsorolt meghatározások közös sajátossága volt, hogy minden esetben egyetlen szerkezeti képlet felelt meg a leírásnak. Természetesen nehezíthető egy ilyen típusú feladat úgy, ha egynél több (de persze azért kevés) megoldás van. Ezzel azonban a feladatszerzőknek is óvatosan kell bánniuk: nagyon természetes emberi hozzáállás az, hogy ha talál valaki egy megoldást, akkor továbbiak keresésével nem tölti az időt. Így ebben az esetben a feladat szövegétől elvárható minimum az, hogy a több lehetséges megoldás lehetőségére felhívja a figyelmet, de az sem túlzás, ha minden egyes meghatározáshoz megadja a keresett megoldások számát. Arra is itt szeretnénk felhívni a figyelmet, hogy ha megoldásként a molekula nevét is meg kell adni, akkor az jelentős mértékben csökkentheti a feladat változatosságát: már az itt felsorolt, az Irinyi-versenyen feladott példák között is van olyan, amelynek szabályos nevének megszerkesztésére ezen cikk írói sem vállalkoznának.

A 2020/21-es tanévben sajnos elmaradt az Irinyi-verseny harmadik fordulója, az országos döntő. Az élet viszont úgy hozta, hogy erre a feladatok előkészítése nagyrészt megtörtént. A versenykiírás szerint ekkor már a II. kategória témakörei közé tartoznak az összetett funkciós csoportot tartalmazó oxigén-, valamint nitrogéntartalmú szerves vegyületek (karbonsavak, észterek, aminok, amidok, aminosavak, heteroaromások) is. Ennek figyelembevételével elkészült a „futó feladat” harmadik fordulás változata is, de ez a diákok kezébe már nem jutott el. Ezek mindegyikét nem szeretnénk itt bemutatni, hiszen nagyon-nagyon reméljük, hogy 2022-ben már lesz döntő és esetleg az ötletek ott hasznosabbak lehetnek, mint amilyenek az idén voltak. Ezért ezekből csak két olyat mutatunk be, amelynek az alap gondolata már az előző két fordulóban is világosan felismerhető, és amelyeknél a molekulaképlet megfejtése magától értetődő, a szerkezet azonban nem:

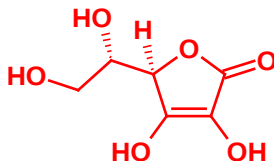
- 1-1-1 szén, oxigén- és nitrogénatomot és 3 hidrogénatomot tartalmazó, síkalkatú molekula.



- Két szén- és két nitrogénatomból álló, lineáris molekula.



Végezetül pedig a cikk elején, a negyedik bekezdésben körülírt szerkezeti képletet mutatjuk be jutalmul azon olvasóknak, akiknek türelme mindeddig kitartott:



A helyén az eredeti könyvben a szabályos név szerepel, vagyis (*R*)-3,4-dihidroxi-5-[(*S*)-1,2-dihidroxietyl]furán-2(*5H*)-on, de az emberek többsége ezt az anyagot inkább aszkorbinsav vagy C-vitamin néven ismeri.

Az Irinyi-verseny első és második fordulójának feladatsorai, illetve részletes javítási útmutatója az alább URL-ekről tölthetők le:

Első forduló: <https://www.irinyiverseny.mke.org.hu/53-irinyi-janos-okkv/2021-i-fordulo.html>

Második forduló: <https://www.irinyiverseny.mke.org.hu/53-irinyi-janos-okkv/2021-ii-fordulo.html>

Magyarfalvi Gábor

Beszámoló az 54. Mengyelejev Diákolimpiáról

Két korábbi, hasonló beszámoló is úgy végződött itt a KÖKÉL-ben, hogy a tervek szerint a következő évben Budapesten rendezik a Mengyelejev Diákolimpiát. Az elmúlt 15 hónapban csak abban lehettünk biztosak, hogy a megmérettetés nem fog elmaradni. Sajnos a személyes, laboratóriumi fordulót is tartalmazó versenyekre nem került sor 2020-ban és 2021-ben sem, ahogy elmaradtak az OKTV és az Irinyi-verseny döntői is.

Mindazonáltal ezek a tanulmányi versenyek lezajlottak, még ha csonkán is, és a felkészítő tanfolyamok sem enyésztek el Magyarországon. Az időközben olyannyira elterjedt távoktatási módszerek segítségével a 2020 tavaszi első karantén során sikerült felkészíteni az ország legjobb kémiás diákjaiból egy hét fős csapatot a 2021-es Mengyelejev-versenyre. A 2020-as év tapasztalatai alapján pedig a nemzetközi versenyek szervezőbizottságai is nyugodtabban terveztek távolléti olimpiát, hisz már a világjárvány őszi, második hullámában sejthető volt, hogy 2021-ben nem áll helyre gyorsan a nemzetközi utazás.

Így aztán az orosz kultúrkörhöz kötődő tekintélyes versenyre a szokásos április végi időpontban (20-26) került a sor, bár a nyitón és a zárón felül nem sok más eseményre volt mód videokonferenciás eszközökkel, mint a két elméleti versenyforduló. Az egyetlen ilyen program Oganessian akadémikus előadása volt, aki a jelenlegi legnehezebb transzurán elem névadója.

Lévén, hogy a magyarországi harmadik hullám csúcsához közel voltunk, a diákok otthonukból létesítettek kapcsolatot. A szervezők a dolgozatírást két videokamerás, és számítógépes eszközökkel is figyelték, de persze az sem árt ilyenkor, hogy a verseny kérdései nehezek, mégpedig nem olyan módon, hogy könnyen lehetne segítséget kapni megoldásukra internetes forrásokból, vagy nem célzottan felkészült specialistáktól.

A versenyfeladatok lefordítását nem engedélyezte a zsűri, mert nem bíznak a fordító tanároknak, ezért a magyar diákok angolul kapták meg a feladatokat mind a két ötórás fordulóban. A feladatok közt nem voltak az idén különösen emlékezetesek – a második fordulóban a válogatás

persze mindig kihívást jelent, hisz ilyenkor 5 terület 3-3 feladatából csak 1-1 feladat megoldását számítják be a végső pontszámba.

A Mengyelejev Diákolimpia egyedi abból a szempontból, hogy a zsűri javítását ellenőrizni, megvitatni csak maguk a versenyzőket engedik, a kísérő tanárokat nem. A végső eredmények:

Ezüstérmet kapott **Benkő Dávid** (Fővárosi Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Albert Attila).

Bronzérmet szerzett **Babcsányi István** (Fővárosi Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Albert Attila) és **Saracco Lucio** (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, tanárai: Sebő Péter, Sebőné Bagdi Ágnes, Villányi Attila).

Simon Vivien (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, tanára: Sebő Péter) extrém kevéssel (egészen pontosan két tizedponttal) maradt le a bronzéremről. **Sajósi Benedek** (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, tanárai: Sebő Péter, Sebőné Bagdi Ágnes, Villányi Attila), és **Farkas Izabella** (Fővárosi Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Albert Attila) is alig kevesebb pontot szerzett. A csapat hetedik tagja nem vett részt a versenyen.

A magyar csapat válogatóját és előkészítőjét az ELTE Kémiai Intézete végezte a nemzeti tanulmányi versenyek legjobbjai közül válogatva az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával. A versenyen való részvételt a Szerencsejáték Rt. támogatása és a Magyar Kémikusok Egyesületének megbízható segítsége tette lehetővé.

Magyarország felkérése egy Mengyelejev Diákolimpiát megrendezésére továbbra is áll. Ha lesznek hazai támogatóink a bőkezű orosz főtámogató mellett, és a nemzetközi utazás is szabad lesz, akkor ez előfordulhat, hogy 2022. áprilisában, Budapesten történik. Ez esetben biztosan több résztvevőre számíthatunk, mint az idei 145 diák 28 országból.



SZERENCSEJÁTÉK ZRT.

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékleteként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4002 Debrecen, Pf. 400. E-mail: tothzoltandr@gmail.com.

Bárány Zsolt Béla, Füzesi István, Nagyné Hodula Andrea

A receptszerű kísérletektől a kísérlettervezésig

A Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja keretei között megalakult MTA-ELTE Kutatásalapú Kémia tanulás Kutatócsoport munkájában az évek során öt egyetemi oktató, 41 kémia tanár és öt kémia tanár-jelölt hallgató vett részt. (A gyakorló kémia tanárok közül heten nem tanítottak olyan diákokat, akiket bevontunk a pedagógiai kísérletbe. Ők csak véleményezték az elkészített feladatlapjainkat, részben az azok kipróbálása során szerzett tapasztalataik alapján. A többi kémia tanár tagunk körében pedig évről évre volt egy kis természetes fluktuáció, az élethelyzetek, illetve a munkahelyek változása miatt. Így tanévenként kb. 24-25 tanár tanította a mintában részt vevő diákokat, túlnyomó részük a projekt teljes időtartama alatt.) A projekt a 2016/2017. tanévben 920 tanuló bevonásával indult. A négyévesre tervezett kutatás 2016 őszén kezdődött, az akkor 7. évfolyamos tanulókkal, akik négy éven keresztül tanultak ugyanabban az oktatási intézményben kémiát.

A kutatás a következő kérdésekre kereste a választ:

1. Milyen reálisan megvalósítható célok tűzhetők ki a kutatásalapú tanulás alkalmazása kapcsán?

2. Milyen eredménnyel jár hosszabb távon a receptszerű tanulókísérleteket, illetve a kísérletterveztető gyakorlati feladatokat is tartalmazó kutatásalapú módszerek alkalmazása?

3. Van-e pozitív hatása a tanulók tárgyi tudásának és kísérlettervező képességének fejlődésére, ha a diákok nem csak hagyományos, receptszerű tanulókísérleteket végeznek, de emellé a természettudományos gondolkodást és a kísérlettervezést segítő elméleti feladatokat is kapnak?

4. Segíti-e a tanulókat egy számukra ismeretlen kísérlet megtervezésében az, ha előtte más kísérleteket is meg kellett tervezniük, mielőtt végrehajtották volna azokat?

5. Hogyan változik a kutatás során a tanulók kémia tantárggyal szemben mutatott attitűdje, és kimutatható-e valamilyen korreláció azzal, hogy terveztek-e csoportmunkában egyszerű kísérleteket, vizsgálatokat?

A projektbe bevont osztályokat a kutatásvezetők véletlenszerűen osztották három csoportba. Minden csoportnak mindegyik tanév során hat darab kísérleti feladatlapot kellett 3-5 fős tanulócsoportokban megoldania a következő beosztás szerint:

- az 1. csoportba tartozók receptszerűen leírt tanulókísérleteket végeztek el, a hozzájuk kapcsolódó számításokkal (kontrollcsoport);
- a 2. csoport feladatlapjai szintén receptszerűen leírt kísérleteket tartalmaztak, a kutatás 1. évében elméleti feladatként adott szempont alapján egy vagy két, a témához kapcsolódó kísérletet is meg kellett tervezniük. A 2. évtől kezdve az elméleti kísérlettervezés helyett utólagos magyarázatot kaptak arról, hogy miért kellett úgy tervezni a kísérleteket, ahogy az a feladatlapon szerepel;
- a 3. csoportba tartozók néhány kísérletet – az előző két csoporttal azonos módon – receptszerű leírás alapján végeztek el, a többi kísérletet saját maguk tervezték meg és hajtották végre. A 2. tanévtől ezek a tanulók segítő kérdéseket és magyarázatokat kaptak kísérlettervezéshez, így ezekre támaszkodva tervezhették meg, majd hajthatták végre a kísérleteket.

Az első év szeptemberében minden, a projektbe bevont tanuló teljesítménymérő és attitűdvizsgáló tesztet töltött ki. (Ez volt az ún. 0. teszt.) Ezután minden tanév végén a 0. tesztel azonos szerkezetű, a ténybeli tudást és a kísérlettervező képességet is mérő, valamint a

kémia és a kísérletek iránti attitűddel kapcsolatos (illetve egy alkalommal a tanulók motivációjára vonatkozó) kérdéseket is tartalmazó tesztet kellett kitölteniük. (Ezeket a tanév projektben kapott sorszámának megfelelően számoztuk. Tehát a projekt 1. tanévének végén írták a tanulók az 1. tesztet, a 2. tanév végén a 2. tesztet stb.) Az értékelésnél csak azoknak a tanulóknak az eredményét vettük figyelembe, akik addig az összes tesztet kitöltötték. Az előtesztet 883 tanuló töltötte ki, a harmadik év végére az összes tesztet kitöltő tanulók száma 724 volt. A negyedik tanévben a Covid-19 járvány miatt a feladatlapok egy részének kipróbálása, így az utótesztek megíratása is a 2020/2021. tanévre maradt. A cikk írásakor reménykedünk abban, hogy annak a három kémiatanár kollégánknak is, akiket az online oktatásra való áttérés megakadályozott az utóteszt kitöltetésében sikerül megszerveznie a projekt lezárását. Így az utolsó utóteszt kitöltőinek pontos számáról e pillanatban még nem tudunk beszámolni.

Az adott tanév végén a gyakorló kémiatanárok véleményt mondhattak az egyes feladatlapokról. Az így létrejött kollektív tapasztalat alapján a feladatlapok a szükséges módosítások után felkerültek a kutatócsoport honlapjára, ahonnan szabadon letölthetők¹. A tanulók éves eredményeinek kiértékelése után levont következtetéseket, tapasztalatokat a kutatócsoport egyetemi oktató tagjai nem csak a projektben résztvevő kémiatanároknak, hanem a kémiatanárok számára szervezett továbbképzések² keretében más érdeklődő kollégáknak is bemutatták.

Az első évvégi eredmények nemcsak a projekt vezetőit, de a részt vevő pedagógusok többségét is meglepte: előzetesen a kontrollcsoporthoz képest a kísérlettervezést végrehajtó csoport erőteljesebb fejlődésére számítottunk, mind a tényyszerű tudás, mind a kísérlettervezési képességek tekintetében. Ez a hipotézisünk azonban nem igazolódott. Meglepetést okozott az is, hogy a receptszerű kísérletek elvégzését

¹ <http://ttomc.elte.hu/publications/90> (2021.04.12.)

² Szakmódszertani továbbképzés kémiatanároknak (nem akkreditált továbbképzés az ELTE Kémiai Intézete és az MKE Kémiatanári Szakosztálya szervezésében, 2018. december 8.), illetve Az aktív tanulás lehetőségeinek megteremtése kémiaórákon (az Oktatási Hivatal által akkreditált továbbképzés, ELTE Kémiai Intézet, 2019. július 2-4.)

jobban kedvelték a tanulók, mint amikor maguknak kellett kísérletet tervezniük³. Ez a tapasztalat eredményezte a 2. és 3. csoport feladatlapjainak koncepcionális módosítását.

A kutatási modell módosítása után (amelyre fentebb, a csoportok fejlesztését leíró bekezdésekben utaltunk), a második év végén mind a 2., mind a 3. csoport fejlődése statisztikailag szignifikáns mértékben nagyobb volt a kontrollcsoporténál. Ám ez a különbség a 3. kutatási év, a 9. évfolyam végére, szinte teljes mértékben eltűnt, mert addigra mindhárom csoport fejlődése hasonló volt⁴. Ennek egyik oka az lehet, hogy elég sok kísérlet elvégzése esetén a formális gondolkodásra már képes 15 éves diákok akkor is képesek megtervezni helyesen egy kísérletet, ha előtte csak receptek alapján végeztek kísérleteket (mint a kontrollcsoport tagjai). Feltételezhető azonban, hogy az eredményeket a tesztek kitöltési hajlandósága is erősen befolyásolta, amire viszont az igen elvont 9. osztályos kémia tananyag is hatással lehetett. Továbbá a tanárok szerint csökkenthette a tanulók motivációját az, ha már meghozták a döntést a továbbtanulásukról, és ahhoz nem szükséges kémiából érettségizniük. A negyedik év eredményeinek kiértékelése folyamatban van. Ennek oka, hogy a Covid-19 járvány miatt 2020 március közepétől a tanév befejezéséig a gimnáziumi tanulók a digitális térbe kényszerültek, így a feladatlapok kipróbálása a 2020/21. tanévben is folytatódott. (Mindössze négy kolléga nem tudta megszervezni a projekt folytatását a kémiát kötelező jelleggel már nem tanuló diákjaival.) Bár abban reménykedünk, hogy a projektet végül ennek a tanévnek a végén minden erre vállalkozó kémiatanár sikerrel le tudja zárni, az utolsó év eredményeit óvatosan kell majd kezelni, hiszen a vizsgálat befejezése rendhagyó körülmények között történik.

Az eredmények kiértékelése során a tanulók teljesítményét több szempont alapján vizsgáltuk. Így nemcsak a kísérletek elvégzése során alkalmazott módszereket vettük alapul, hanem más háttéradatokat is, úgy, mint az anya iskolai végzettsége (ami a tanuló szocioökonómiai

³ Szalay, L., Tóth, Z., Kiss, E., (2020), Introducing students to experimental design skills, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **21**, 331 – 356.

⁴ Szalay, L., Tóth, Z., Borbás, R., (2021), Teaching of experimental design skills: results from a longitudinal study, *Chem. Educ. Res. Pract.* (a bírálók által közlésre javasolva)

háttérének jellemzésére szolgált), vagy a tanuló iskolájának rangsorbeli helye a legjobbiskola.hu honlap alapján. Nagyon tanulságosak a kapott adatok abból a szempontból, hogy milyen sokféle tényező befolyásolja a tanulók teljesítményét a fejlesztésen kívül egy ilyen longitudinális vizsgálat során. Például statisztikailag szignifikáns hatással volt a diákok átlagos pontszámára a projekt kezdetén (a 0. teszten) az, hogy van-e az édesanyjuknak diplomája. Ez a hatás a tanév végére eltűnt, de az iskola „rangjának” hatása folyamatosan erősödött a tanévek során, és 8. osztályban már jóval meghaladta a fejlesztés hatását. A tanulók tantárgyi attitűdjének változásában sem sikerült áttörést elérni. Általános tanulságként levonható, hogy a tanulóktól kisebb önállóságot elváró, kevesebb szöveget tartalmazó és rövidebb idő alatt kivitelezhető feladatlapok kipróbálásával lenne érdemes folytatni ezt a pedagógiai kísérletet. Úgy gondoljuk, hogy ezekbe (a fejlesztés mellett motivációs céllal is) érdemes lenne beemelni a rendszerszintű szemlélet egyes elemeit. Az eredményekről készült diáorok megtekinthetők a kutatócsoport honlapján⁵.

A szikrától a tűzig – avagy hosszú és rögös út vezet az ötlettől a megvalósításig

A kutatócsoportunk gyakorló kémiatanár tagjai már a projekt első évétől kezdve biztatást kaptak arra, hogy tananyagfejlesztőként is próbálják ki magukat. A jelen cikk két szerzője a projekt 2. évétől szerzett személyes tapasztalatokat arról, hogy mekkora munka egy-egy feladatlapcsomag szakmailag korrekt, minden pongyolaságot, nagyvonalúságot nélkülöző elkészítése.

Bár a projekt elvben 2016 szeptemberében indult, a közös munka valójában már 2016 nyarán megkezdődött. Az első feladat az volt, hogy kiválasszuk azokat a témaköröket, amelyeket a projektben a négy tanév során érinteni szerettünk volna. Ehhez a projekt vezetői összeállítottak egy kb. 20 témakörből álló listát. A projektbe bekapcsolódó tanárok további javaslatokat tehetek, majd az összesített, immár bőven 30-nál is több témakört tartalmazó listából szavazás útján került kiválasztásra a 4×6 témakör. A szavazás nemcsak arról szólt, hogy mely témaköröket

⁵ Tóth Z., Szalay L., Kiss E.: A kísérlettervezés tanításának vizsgálata (Országos Neveléstudományi Konferencia (2020) (<https://bit.ly/2RADsKL>, 2021.04.14.)

választanánk, hanem arról is, hogy az adott témát melyik évfolyamon szeretnénk ilyen módon feldolgozni. Így került például a fémek vizsgálatával kapcsolatos kísérletsor a 8. évfolyamra, és nem a tizedikre. A témakörökhöz kapcsolódó feladatlapok összeállításában az első tanévben még főként a projekt egyetemi oktató tagjai vettek részt. A 6. feladatlap azonban már akkor is három kémia tanár kolléga közös munkájának az eredménye volt. A második tanévtől kezdődően pedig a fejlesztésbe már további középiskolai tanárok is bekapcsolódtak. A témakör kiválasztása után kezdődött az ötletek összegyűjtése. Természetesen nem volt elvárás a spanyolviás ismételt feltalálása. Azt viszont szem előtt kellett tartanunk, hogy olyan ötleteket vegyünk alapul, amelyekhez kapcsolódó kísérletek költséghatékonyak, vagyis kis vegyszer- és eszközigénnyel bírnak, így bármilyen felszereltségű iskolában, akár nagy létszámú tanulócsoporthoz esetén, laboráns nélkül is viszonylag könnyen előkészíthetők legyenek.

Az ötletmerítést követően következett a feladatlapok vázának megtervezése, valamint a kísérleti tevékenységek kipróbálása. Ez minden feladatlap esetében egy több héten át zajló folyamat volt, míg sikerült a kísérleteket optimalizálni (például a legmegfelelőbb oldatkonzentrációkat megtalálni). A tapasztalatokkal kiegészített feladatlapterv került először lektorálásra. A tervhez fűzött javaslatok figyelembevételével folytatódott a feladatlapok fejlesztése. Ennek során minden feladatlapba bekerült egy-egy érdekességeket tartalmazó, a figyelem felkeltésére szolgáló rövid bevezetés (pl. hogyan készít egy híres angol mesterszakács salátaöntetet⁶), majd 3-5 elvégzendő tanulókísérlet. A három különböző feladatlap (1. típus: receptszerű leírásokat tartalmazó; 2. típus: receptszerű leírásokat + a kísérlettervezés elméleti háttérét bemutató; 3. típus: kísérlettervezést igénylő feladatlap) ezután ismételten egy lektoráláson esett át.

A fejlesztő tevékenység folytatása a teljes feladatlapcsomag összeállítása volt. Ennek első része egy módszertani bevezető rész. Ebben a következők szerepeltek: az érintett témakör, a felhasználásra ajánlott évfolyam, a felhasználás jellege (új ismeretet feldolgozó vagy gyakorló óra), a szükséges előismeretek, a célok, a tananyag (a Bloom-

⁶ „7. Jamie Olivér tökéletes salátaöntete” című feladatlap:
<https://bit.ly/3mF8l6O> (2021.04.12.)

féle taxonómia szintjei szerint jelölve), a szükséges eszközök és anyagok, az előkészítéshez kapcsolódó tanácsok, balesetvédelmi előírások, valamint a hulladékkezeléshez kapcsolódó ismeretek. Szintén ebben a részben jelentek meg az előkészített tálcákról készített fényképek.

A feladatlapcsomagok következő része a három tanulókísérleti feladatlap volt. A környezettudatosságot, valamint a fenntarthatóságot is szem előtt tartva, külön oda kellett arra figyelniük, hogy a kinyomtatásra váró feladatlapok lehetőleg egyik típus esetében se lépjenek túl a 2 db A4-es oldal terjedelmet. (Ez alól végül voltak kivételek, de csak néhány feladatlap esetében.) Mindezt úgy, hogy közben kellően informatívak és esztétikusak is legyenek. A feladatlapok első oldalán minden esetben megjelöltük az olyan korábbi feladatlapok elérhetőségét, amelyből az ötletek egy részét merítettük. Sajnos a terjedelmi és az időbeli korlát (a feladatlapok csak egy 45 perces tanórára tervezett tevékenységeket tartalmaztak, néhány esetben házi feladattal kiegészítve) olykor azt eredményezte, hogy jó ötleteket kellett végül kivenni a feladatlapból, vagy csoportbontást kellett betervezni.

A nem ritkán 25-30 oldal terjedelmű feladatlapcsomagok záró része a tanári változatot tartalmazza. Ebben a részben nemcsak a feladatlapok (lehetséges vagy példaként szolgáló) megoldásait tüntettük fel, de számos, a tanítási folyamat során a tanár munkáját segítő szakmódszertani ismeretet, ajánlást, illetve érdekességeket is, valamint a fejlesztés során történt kipróbálás fényképeit a kísérletek végeredményeiről. Mivel a feladatlapok ugyan szervesen kapcsolódtak a tananyaghoz, az ismereteket azonban más, gyakorlati szemszögből közelítettük meg, feltétlenül fontosnak éreztük, hogy olyan módszertani fogásokat is leírjunk ebben a részben, amely megkönnyíti a feladatlapok használatát.

A kész feladatcsomagok ezúttal már egy széleskörű, a szakmódszertan terén nagy jártassággal bíró öt szakember által végzett lektoráláson esetek át. Ennek keretében már nemcsak az összeállított anyagok szakmai részét, de a nyelvtani és esztétikai oldalát is vizsgálták. Ez a lektorálási szakasz olykor több hetet is igénybe vett, mert egyes módosítási javaslatok új lehetőségeket nyitottak, amelyekkel kapcsolatban konszenzusra kellett jutni. A teljes fejlesztés így sok esetben bő 1,5-2 hónapon át tartott feladatlap-csomagonként.

Joggal merül fel a kérdés: miért volt fontos a többkörös lektorálás? Erre nem is olyan könnyű válaszolni. Természetesen elég nehéz elfogadni azt, hogy más nem tartja tökéletesnek a nyári szünetben végzett, több héten át tartó munkánkat. Azt azonban el kell ismerni, hogy a sok megbeszélés, egyeztetés végül valóban szakmailag sokkal korrektebb, a tanórákon lényegesen könnyebben használható anyagokhoz vezetett. Így sem lett minden feladatlapcsomag tökéletes, de a többkörös lektorálás nélkül sokkal nagyobb lett volna a hibák száma.

Az így véglegesített csomagok docx és pdf formában kerültek megosztásra a projektben résztvevő tanárok között. Ők a 14-36 fős tanulócsoporthaikkal kipróbálták a számukra kijelölt feladatlap típust, majd a tapasztalatok alapján (nehezen követhető részek, egyszerűsítési lehetőségek stb.) következett a feladatlapcsomagok véglegesítése. A visszajelzések alapján véglegesített feladatlapokból álló gyűjtemény a kutatócsoport honlapjáról szerkeszthető formában letölthető⁷.

Miért éri meg bekapcsolódni egy ilyen projektbe?

Ahogy azt már bemutattuk, a középiskolai tanárok két szerepet tölthettek be a projektben. A tanárok többsége kizárólag a kipróbálásban vett részt, néhányan azonban a feladatlapcsomagok összeállítására is vállalkoztak.

„Amikor 2016 tavaszán jelentkeztem a Szalay Luca vezetésével alakuló kutatócsoportba, hogy gyakorló kémia tanárként részt vegyek a mások által fejlesztett kísérleti feladatlapok kipróbálásában, az a cél vezérelt, hogy valami mást, kicsit másképpen csináljak. Bár a kutatásalapú tanulás módszertana nem volt ismeretlen előttem, mégsem vált szerves részévé tanítási gyakorlatomnak. Úgy gondoltam, hogy készen kapott, módszertani ajánlásokkal és gyakorlati tanácsokkal ellátott feladatlapok kipróbálása számomra kiváló tapasztalatszerzés, tanítványaimnak pedig élmény lesz. Izgalmasnak tartottam, hogy részese lehetek egy tantárgypedagógiai kutatásnak, amelynek eredménye hatással lehet a kémiaoktatás jövőjére.”

Nagyné Hodula Andrea

⁷ Feladatlapok a kutatásalapú kémia tanításhoz: <https://bit.ly/3uVPHQD> (2021.04.12.)

„Annak idején azért csatlakoztam a projekthez, mert mindig is vonzott a tantermi kutatás lehetősége, illetve szívesen kipróbáltam volna a kutatásalapú oktatást tanórai keretek között. Tehetséggondozó szakköri foglalkozásokon már próbáltam ugyan a módszert, de tanórán nem mertem alkalmazni.

A várakozásaimhoz képest sokkal többet kaptam: nagyon sok mosolygós gyermeki tekintetet, új impulzust a tanórák színesítéséhez, és mindeközben nagyon sok kollégával ismerkedhettem meg. Nem állítom, hogy mindig könnyű volt, hiszen többször nehezítette a munkát a tanulók tömeges megbetegedése (pl. influenzajárvány idején), vagy az, hogy volt, amikor a pénteken az utolsó órában kellett a tanulókkal együtt dolgozni, de összességében megérte.

Ráadásul a feladatlapok fejlesztésében való részvétel által több területen magam is fejlődtem: kreativitás, elszántság, türelem és kitartás. Az elmúlt évek során egyre magabiztosabban változtattam a tanóráim felépítésében, egyre többször hoztam elő a kreativitást igénylő elméleti, számolási és gyakorlati feladatokat, és egyre gyakrabban fordul elő, hogy a tanulókra bízom a kísérletek megtervezését, vagy annak egy részét.

Hogy megéri-e csatlakozni? Biztos vagyok benne, hogy igen. Én ezért is jelentkeztem a következő projektben való részvételre.”

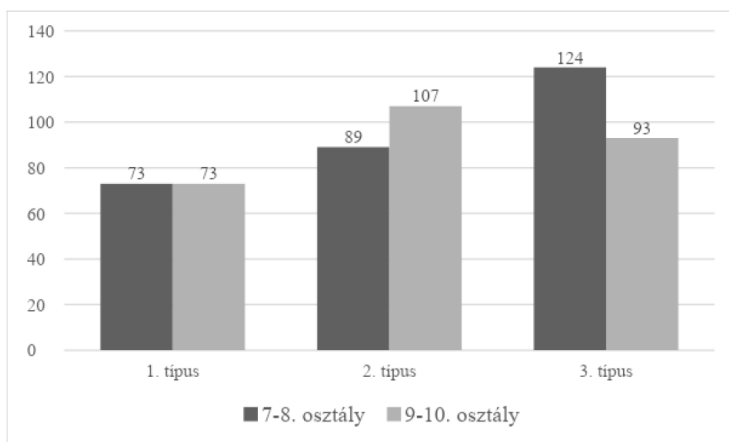
Bárány Zsolt Béla

De mi a résztvevő tanárok véleménye általánosságban?

2020 őszén a tanárok egy 19 kérdésből álló online kérdőív⁸ kitöltésével nyilváníthattak véleményt a projektről, és fogalmazhatták meg a javaslaikat. Az előzetes tervek szerint a disszeminációs tevékenység keretében a feladatlapok kipróbálásába és azok véleményezésébe a projekt résztvevői mellett olyan gyakorló kémiatanárok is bekapcsolódtak, akik eredetileg nem voltak tagjai a kutatócsoportnak. A kutatócsoportban már régebben tag tanár kollégák pedig biztatást kaptak arra, hogy más, a kutatásba eredetileg nem bevont osztályokkal,

⁸ A kérdőív innen érhető el: <https://bit.ly/3a1y0qs> (2021.04.12.)

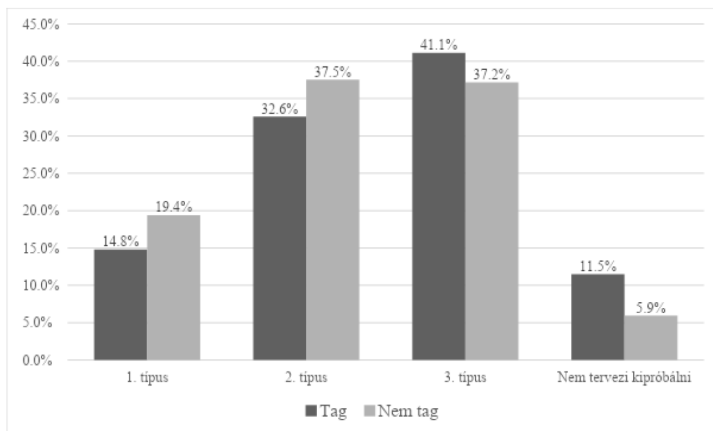
csoportokkal is próbáljanak ki a projektben fejlesztett feladatlapokat. A kipróbálásra vállalkozók között több, az ELTE-n végzett friss diplomás is volt, akik a kémia szakmódszertan óráin ismerkedtek meg a kutatásalapú kémiatanulással. A digitális oktatásra való átállás miatt a projekt végén a feladatlapok tömeges kipróbálására végül nem volt lehetőség, de a kutatócsoport tagjai és az erre vállalkozó kémiatanárok a kérdőív segítségével értékelhették a kutatás eredményeit. Ebben részt vettek olyan kollégák is, akik nem voltak ugyan tagjai a kutatócsoportnak, de gyakorló tanárként vagy a kémia szakmódszertani kurzusok hallgatójaként még a COVID-19 járvány előtt ténylegesen ki is próbáltak feladatlapokat. A kérdőívre adott válaszok többek között megmutatják, hogy milyen típusú feladatlapokat gondolnak leginkább használhatónak a kémiatanárok, illetve konkrétan mely feladatlapokat tudják jól beépíteni a mindennapi tanítási gyakorlatukba.



1. ábra. A 7-8. és 9-10. osztályos feladatlapok feladattípusainak kipróbálási száma

A 26 válaszadóból 14-en már az induláskor, 5-en később csatlakoztak a kutatócsoporthoz, 7-en pedig a kérdőív kitöltése előtt nem vettek részt annak a munkájában. A kérdőívet kitöltőknek ismerniük kellett mind a 24 feladatlap témáját, módszertani útmutatóját, valamint legalább a 3. típusú feladatlapok és megoldókulcsuk szövegét. A programban végig részt vevők átlagosan 23 feladatlapot és ezen belül 31 feladattípust, a később csatlakozók átlagosan 14 feladatlapot és 18 feladattípust, míg a kutatócsoportban nem tagok átlagosan 4 feladatlapot és 5 feladattípust

próbáltak ki. A projektben részt vevő tanárok a feladatlapok feladattípusait részben a kutatási modell miatt szükséges véletlenszerű sorsolás, részben saját elhatározás alapján próbálták ki. Ha volt választási lehetőségük, akkor az általános iskolás tanulók esetében a tanárok leggyakrabban a 3. típusú feladatlapokat alkalmazták, ezzel szemben a középiskolás diákok esetén a 2. típus volt a legnépszerűbb (1. ábra). A saját elhatározás alapján kipróbált feladatlapoknál a feladattípus választását a kísérletek elvégzésére rendelkezésre álló időkeret, a diákok előzetes ismeretszintje, valamint az adott típus motiváló hatása befolyásolta leginkább. A tanulókísérleteket a válaszadók közül 13-an 30 vagy afölötti létszámú osztályokban végeztették el, ezzel szemben 20 fős vagy annál kisebb létszámú csoportban történő kísérletezésre csak 9 pedagógusnak volt lehetősége.

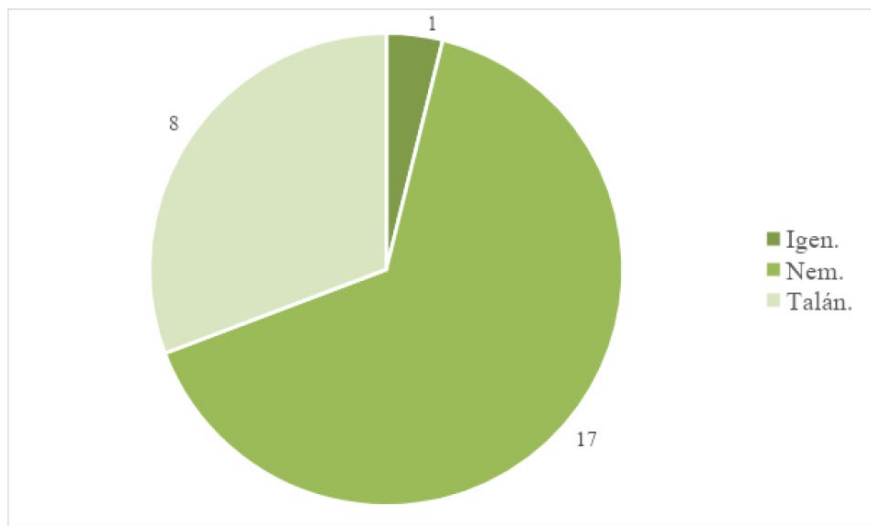


2. ábra. A kipróbálni tervezett feladatlapok választott feladattípusainak százalékos aránya kutatócsoport tagjai és nem tagjai esetén

A projektben készített feladatlapokat a jövőben a tanárok 85%-a szeretné használni. A feladatlapok közül a tanárok átlagosan 5 darab 1. típusút, 10 darab 2. típusút és 12 darab 3. típusút jelöltek meg kipróbálásra. A projekt résztvevői leginkább a 3. típusú feladatlapokat preferálják. Ezzel szemben a nem-tagok a kutatócsoport tagjaihoz képest több 1. és 2. típusú feladatlapot terveznek elvégezni. A kutatócsoport tagjai nagyobb arányban nyilatkoztak úgy, hogy nem terveznek bizonyos feladatlapokat kipróbálni (2. ábra). (Ezt az arányt nagyban árnyalja, hogy a 26-ból három kollégának sajnos a nyugdíjba

vonulása miatt valószínűleg nem lesz lehetősége normál tanórán a feladatlapokat alkalmazni.)

A feladatlapok jövőbeni alkalmazásával kapcsolatban a tanárok 2/3-a nyilatkozott úgy, hogy biztos változtatni fog azokon (3. ábra). A kutatócsoport tagjai és nem tagjai által módosítani tervezett feladatlapok száma szignifikánsan nem különbözött. Mindössze egy olyan 3. típusú feladatlap volt, melynek a korrekcióját senki sem tervezi. A legtöbben a „Fémek harca”⁹ című feladatlapot tervezik módosítani. Ennek a feladatlapnak az alkalmazásakor a tanulók csoportmunkában dolgoznak úgy, hogy a csoportok különböző kísérleteket végeznek. A kémia tanárok úgy módosítanák ezt a feladatlapot, hogy minden csoport ugyanazokat a kísérleteket végezze el. A többi feladatlap kapcsán számos ötlet felmerült, köztük az elméleti bevezetés rövidítése, bizonyos kísérletek egyszerűsítése vagy módosítása, egyes kísérletek kihagyása, valamint a feladatlap dupla tanórán történő feldolgozása.



3. ábra. Ha Ön akar használni egy vagy több kísérlettervező feladatlapot (3. típus), akkor mindegyiket változatlanul fogja alkalmazni?

⁹ „8. Fémek harca” című feladatlap: <https://bit.ly/3a4zxvZ> (2021.04.12.)

A tanárok véleményezték az elkészített kísérlettervező feladatlapokat is, amelyek közül öt volt olyan, amelyet legalább tízen gondoltak különösen jól használhatónak. A projekt tagjai és nem tagjai között nem volt statisztikailag igazolható különbség a legjobbnak ítélt feladatlapok számában. A legtöbben „Az indikátoroktól az országzászlóig”¹⁰ című feladatlapot emelték ki a benne szereplő elvégzendő kísérletek látványosságáért, egyszerű kivitelezhetőségéért, kísérleti tapasztalatainak egyértelműségéért, a kísérlettervezés alapos kidolgozottságáért és a tanulók tudásának hasznos ismeretekkel bővüléseért. A 2.¹¹, 3.¹², 13.¹³ és 23.¹⁴ feladatlapokat a fenti szempontok mellett többek között a kísérletek kevésbé időigényes előkészítéseért, a háztartásokban is megtalálható eszközök és anyagok használatáért, az elvégzendő kísérletek hétköznapi vonatkozásaiért, a kísérletekben megjelenő kémiai elemzésért, az adatok táblázatos összesítéseért és rendszerezéseért sorolták a legjobbak közé.

Úgy tűnik, alig befolyásolta a tanárokat a feladatlapok pozitív megítélésénél a tantárgyi koncentráció megjelenése, a környezetvédelmi ismeretek bővítése, az „egyszerre csak egy tényezőt változtatunk” elv alkalmazása, és a kísérletek végzése során az okoseszközök használata.

A kutatócsoport tagjai által nehezen alkalmazhatónak ítélt feladatlapok átlagos száma szignifikánsan nem különbözött a nem tagok által megjelölt feladatok számától. A már említett 8. és a 14.¹⁵ kísérlettervező feladatlapot ítélték a tanárok nagyobb számban nehezen alkalmazhatónak. A tanárok leggyakrabban a nehézségek között az elvégzendő kísérletek időigényességét említették, vagyis azt, hogy a

¹⁰ „17. Az indikátoroktól az országzászlóig” című feladatlap:

<https://bit.ly/3a5cBgd> (2021.04.12.)

¹¹ „2. Hogyan működik a sütőpor” című feladatlap: <https://bit.ly/2Qi456E> (2021.04.12.)

¹² „3. Oldás és kötés” című feladatlap: <https://bit.ly/3wQU418> (2021.04.12.)

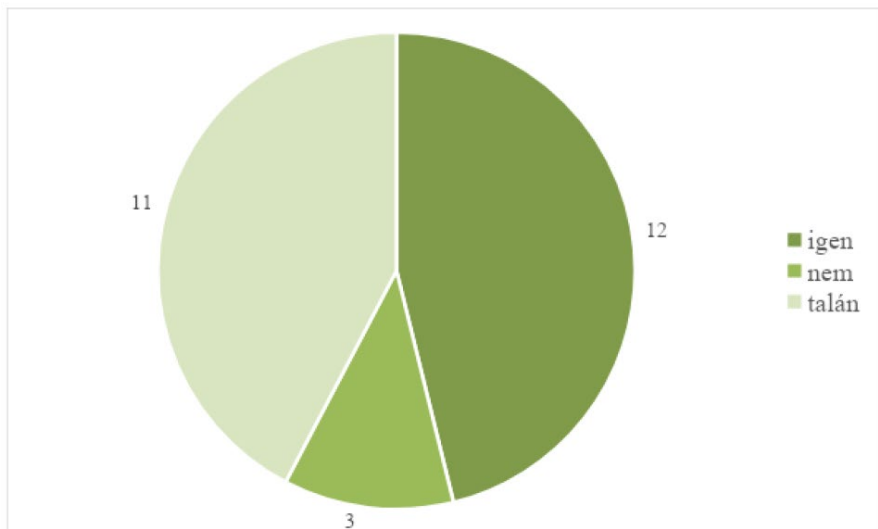
¹³ „13. Mire jó még a tűzijáték” című feladatlap: <https://bit.ly/3a4gGRU> (2021.04.12.)

¹⁴ „23. Mennyi a C-vitamin a narancslében?” című feladatlap: <https://bit.ly/3sj0CCd> (2021.04.12.)

¹⁵ „14. Csepp a tengerben” című feladatlap: <https://bit.ly/3dNEOZS> (2021.04.12.)

feldolgozásra kevés a 45 perces tanóra. További problémák forrásai a bonyolult és kémiai számításokat is tartalmazó kísérlettervezések, az adott évfolyam tudásszintjét meghaladó előzetes ismeretek elvárása, a nem minden esetben egyértelmű kísérleti tapasztalatok, illetve a differenciált csoportmunka alkalmazása.

A kémiatanárok közel fele egyértelműen úgy véli, hogy a kutatásalapú/kísérlettervező módszert lehetne úgy módosítani, hogy a jelenlegi magyar oktatási rendszerrel még inkább összeférhetővé váljon (4. ábra). Ennek lehetőségét a rövidebb és a tantervi követelményekhez igazodó feladatlapokban látták legtöbben. Nagymértékben segítené a tanárok munkáját, ha a kísérletezésre nagyobb tanórai, esetleg szakköri időkeret állna rendelkezésre, valamint a kísérletek előkészítésében és elpakolásában laboráns segítségét is igénybe tudnák venni. A 26 tanár közül 20-an szívesen részt vállalnának egy olyan új projektben, amelynek keretében rövidebb, jobban strukturált, a kémiai tananyag globális összefüggéseire is rámutató, kísérlettervező feladatokat kapnának a diákok. (Ez kedvező arány, ha figyelembe vesszük, hogy a 26 tanár közül sajnos hárman is nyugdíjba vonultak.)



4. ábra. Lehetne-e magát a kutatásalapú/kísérlettervező módszert úgy módosítani, hogy a jelenlegi magyar valósággal (kémia óraszámok, tanárok leterheltsége, asszisztencia gyakori hiánya, a szertárak átlagos felszereltsége) még inkább összeférhetővé váljon?

Csak bátran!

„A tanulásnál mindig az jelenti a legnagyobb akadályt, amiről az ember azt hiszi, hogy nem képes megtanulni.” – írja Ruth Werner¹⁶. A kutatásalapú oktatást is el kell sajátítanunk, de higgyük el, közel sem olyan nehéz ez, mint elsőre tűnik. Ehhez a tanulók fejlesztését minél hamarabb meg kell kezdeni, lehetőség szerint már a hetedik évfolyamon. Az első két-három foglalkozáson célszerű az 1. típusú („receptszerű”) feladatlapok közül választani. A tanulók eközben elsajátítják a kísérletek elvégzéséhez szükséges eszközök használatát, valamint az irányított gyakorlati tevékenységet. Erre alkalmas lehet a korábban már szóba került 2. („Hogyan működik a sütőpor?”) és a 3. feladatlap („Oldás és kötés”).

Ezt követően célszerű áttérni a 2. típusú feladatlapok kipróbálására, például a „Fekete, fehér, igen, nem...”¹⁷ feladatlapra. Ezáltal a tanulók elsajátíthatják a kísérlettervezés elméleti hátterét. Ezután már egyenes út vezet a kísérlettervezős feladatlapok kipróbálásához. Persze közel sem biztos, hogy a kísérlettervezés már elsőre is sikerülni fog. Benne van a pakliban, hogy az első pár feladatlap esetében a gyermekek még igénylik a tanári támogatást, de idővel egyre könnyebben fognak rájönni a megoldásra, egyre kreatívabbak és ügyesebbek lesznek. A munkánk gyümölcse pedig minden bizonnyal – ha lassan is, de – be fog érni, és gondolkodni képes, kreatív tanulókkal dolgozhatunk. S bár az anekdotikus jellegű értékelés nem veheti át a statisztikailag értékelhető adatokat produkáló mérések helyét, nem elhanyagolhatók azok a pozitív élmények, amelyeket jómagunk tapasztaltunk meg, illetve amelyekről a kutatócsoportban dolgozó más tanárok számoltak be. Ezek között a diákoktól alkalmanként kapott közvetlen kedvező visszajelzések mellett fontosnak ítéljük azt a tényt, hogy több iskolában az átlagosnál nagyobb volt a kutatásba bevont 10. osztályokban a kémia fakultációra jelentkezők aránya.

Biztosak vagyunk abban, hogy a kémia szakos kollégák a feladatlap-gyűjteménnyel olyan eszközt kapnak a kezükbe, amelyből bátran

¹⁶ Werner, Ruth: Egy különös lány (eredeti kiadás: 1958, fordította: Zsoldos Vera, Móra Könyviadó, Budapest, 1962, 166. oldal)

¹⁷ „6. Fekete, fehér, igen, nem...” című feladatlap: <https://bit.ly/3a62Sq5> (2021.04.12.)

válogatnak tanulócsoporthaik képességének, motiváltságának megfelelően, akár tanórákon, akár szakkörön.

E sorok írásakor már napvilágot látott a MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Program 2021. pályázata, amelyre a kutatócsoporthunk, a most záruló projekt tapasztalataira építve, új kutatási tervvel jelentkezik. A reménybeli projektben való közreműködésre e cikk három szerzőjével együtt már huszonöt gyakorló kémiatanár kolléga jelentkezett. Így bízunk abban, hogy a gyűjtemény idővel bővülni fog, vagyis lehetőségünk lesz folytatni a megkezdett munkát, amelybe beépíthetjük az elmúlt négy(-öt) év tapasztalatait.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta. Köszönjük az MTA vezetésének és tagjainak, különösen a Tantárgy-pedagógiai Kutatási Program szakmai vezetőjének, Patkós András akadémikusnak, hogy megteremtették számunkra a lehetőséget a kutatás elvégzésére.

A szám szerzői

Bárány Zsolt Béla középiskolai tanár, Debreceni Református Kollégium
Dóczy Gimnáziuma

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

Borzsák István Mihály kémiatanár-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

Csorba Benjámín MSc-hallgató, BME

Ficsór István Dávid kémiatanár-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

Füzesi István középiskolai tanár, ELTE Bolyai János Gyakorló Általános
Iskola és Gimnázium, Szombathely

Hegedüs Kristóf PhD-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

Dr. Horváth Judit tudományos munkatárs, Sheffieldi Egyetem

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

Dr. Lente Gábor egyetemi tanár, PTE TTK, Kémiai Intézet

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

Nagyné Hodula Andrea középiskolai tanár, Városmajori Gimnázium,
Budapest

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

Dr. Sipos Pál egyetemi tanár, SzTE Szervetlen és Analitikai Tanszék

Szobota András PhD-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

Tóth Albertné középiskolai tanár, Debreceni Vegyipari Technikum

Tóth Edina középiskolai tanár, Petrik Lajos Szakgimnázium, Budapest

Tóth Imre középiskolai tanár, Kecskeméti Református Gimnázium

Dr. Varga Szilárd tudományos munkatárs, Természettudományi
Kutatóközpont

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

Dr. Vörös Tamás igazságügyi szakértőjelölt, NSzKK

TARTALOM

EMLÉKEZÉS PÁLINKÓ ISTVÁNRA	133
Maleczkiné Szeness Márta 90 éves.....	135
GONDOLKODÓ	136
KERESD A KÉMIÁT!	179
KÉMIA IDEGEN NYELVEN	186
Horváth Judit: Kémia németül	186
Tóth Edina: Kémia angolul	205
VERSENYHÍRADÓ	216
Ősz Katalin – Várnagy Katalin: Az LIII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny döntője	216
Lente Gábor – Ősz Katalin: Az LIII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny egyik feladattípusának megoldásához	240
Magyarfalvi Gábor: Beszámoló az 54. Mengyelejev Diákolimpiáról .	251
MŰHELY	253
Bárány Zsolt Béla – Füzesi István – Nagyné Hodula Andrea: A receptszerű kísérletektől a kísérlettervezésig	253