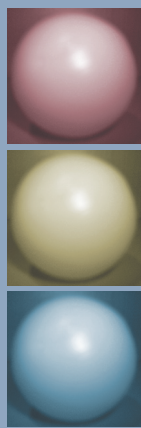


A TARTALOMBÓL:

- Oláh György emléke és öröksége
- Bioszervetlen kémiai kutatások a Szegedi Tudományegyetemen
- Tanulni, tanulni, tanulni...
- Premistry



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXIII. ÉVFOLYAM • 2018. ÁPRILIS • ÁRA: 850 FT



RITKAFÖLDFÉMEK OLDÓSZERES EXTRAKCIÓJA

Forrás: SRC



Nemzeti Kulturális Alap

A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült

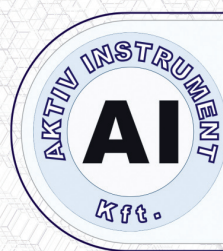
varioMAX cube

teljesítményben győztes

CN / CNS

automata elem analizátor

akár
5 g
bemérés



AKTIV INSTRUMENT Kft.

ANALITIKAI BERENDEZÉSEK, AUTOMATA ANALIZÁTOROK
1145 Budapest Pétervárad u. 14.
Tel.: (1)-789-2778, Fax: (1)-785-8489
Mail: kozpont@aktivinstrument.hu
web: www.aktivinstrument.hu



akár
500 mg
N absz.

gyors automata elemzés
előkészítés **NÉLKÜL!**



akár
5 perc
alatt 1 mérés



He helyett olcsóbb

Argon
gázzal

TOC mérés is



elementar





A Magyar Kémikusok Egyesületének
– a MTE SZ tagjának –
tudományos ismeretterjesztő
folyóirata és hivatalos lapja

Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
[SZEKERES GÁBOR] örökös főszerkesztő,
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR,
PAP JÓZSEF SÁNDOR, RITZ FERENC,
ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Szerkesztőbizottság:

SZÉPVÖLGYI JÁNOS,
a szerkesztőbizottság elnöke,
ANTUS SÁNDOR, BIACS PÉTER,
BUZÁS ILONA, HANCSÓK JENŐ,
JANÁKY CSABA, KALÁSZ HUBA,
KEGLEVICH GYÖRGY, KOVÁCS ATTILA,
LIPTAY GYÖRGY, MIZSEY PÉTER,
MÜLLER TIBOR, NEMES ANDRÁS,
ifj. SZÁNTAY CSABA, SZABÓ ILONA,
TÖMPE PÉTER, ZÉKÁNY ANDRÁS

Kapják az Egyesület tagjai és a megrendelők
A szerkesztésért felel: KISS TAMÁS

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883
Fax: 36-1-201-8056
Email: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA
Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.
Nyomás: Pauker Nyomda
Felelős vezető: VÉRTES GÁBOR
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank
10700024-24764207-51100005 sz.
számlájára „MKL” megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 10 200 Ft
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti
a Batthyany Kultur-Press Kft.,
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.
1251 Budapest, Postafiók 30.
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,
e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális számaink tartalma,
az összefoglalók és egyesületi híreink,
illetve archivált számaink honlapunkon
(www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541

HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2018.04

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



Március 5-én a szerkesztőség és a szerkesztőbizottság is a lap 2017. évi teljesítményével foglalkozott. Keglevich György és Tömpe Péter SZB-tag értékelt a lap 2017. évi számait. Összességében jó véleménnyel voltak munkánkról, és ezen a színvonalon folytatandónak ítélték. Részleteiben is minősítették a megjelent cikkeket; kíváncsiak leszünk, hogy az ő véleményük mennyiben egyezik Olvasóink hamarosan sorra kerülő interjéjének szavazásának eredményével, amikor lehetőségük lesz az év legjobb cikkének kiválasztására.

Kaptunk kritikai megjegyzést is: foglalkozunk többet a közoktatás kérdéseivel. (Mégfogadjuk a jelzést, és igyekezünk a lapban állandó rovatot/fórumot szervezni e valóban aggasztó jelenségekkel terhelt területnek. Elég csak a márciusi számunk címlapjára és a beköszöntőjében írottakra utalnunk. A szervezés már elindult.)

Egyes cikkeink túl hosszúnak találtattak. Igaz a kritika, de nem könnyű a szerzők érdekeségével vitatkozni, különösen az egyébként olvasmányos cikkek esetén.

Tematikus számaink dicséretet kaptak. 2018-ban is lesz tematikus számunk. Az élelmiszer-kémia és élelmiszer-analítika témakörben Simonné Dr. Sarkadi Livia vendégszerkesztésében tervezzük ilyen számot. Emellett cikksorozatban emlékezünk meg Oláh György halálának egyéves évfordulójáról Keglevich György szerkesztésében (a sorozat ebben a számban indul). Folytatódik a hazai kutatóműhelyek, kutatóhelyek, iskolák bemutatását célzó sorozatunk is.

Lapunk kiadása – és a tagdíj fejében ingyenes eljuttatása tagjainknak – pénzbe kerül. Nem vagyunk nyereségesek. Az Egyesület bevételeinek egy részéből a Magyar Kémikusok Lapjának kiadását finanszírozza.

Olvasák szeretettel áprilisi számunkat, melynek tartalmát alább láthatják.

2018. április

Kiss Tamás

Kiss Tamás
felelős szerkesztő

TARTALOM

OLÁH GYÖRGY EMLÉKE ÉS ÖRÖKSÉGE

Molnár Árpád: Egy kiváltságos lehetőség:

Oláh György munkatársa voltam

110

HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTAKOZÁSA

Kiss Tamás, Gajda Tamás, Enyedy Éva Anna, Gyurcsik Béla, Jakusch Tamás, Jancsó Attila: Bioszervetlen kémiai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetében

114

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDPMÁNY

Braun Tibor: Kritikus helyzetben a világ ritkaföldfém-ellátása. Mítosz vagy valóság?

120

OKTATÁS

Csupor Dezső: Tanulni, tanulni, tanulni...

127

Szakmány Csaba, Rákóczi Melinda: „Premistry” természet-tudományos népszerűsítő sorozat. Első rész

128

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Kutasi Csaba: 180 éve született Ernest Gaston Solvay, az ipari szódagyártás kifejlesztője

132

KÖNYVISMERTETÉS

Keglevich György: „Politikailag még sokat kell vele foglalkozni” (Szalai Barnabás Tamás: A Fasori Gimnáziumtól a Műegyetemig. Liptay György életútja)

135

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata

136

EGYESÜLETI ÉLET

138

A HÓNAP HÍREI

141



Címlap:
Ritkaföldfémek
oldószeres extrakciója
(Forrás:
Saskatchewan
Research Council)



Oláh György emléke és öröksége

Oláh György Nobel-díjas kémikus, a Műegyetem egykori Szerves Kémia Tanszékének oktatója 2017. március 8-án elhunyt. Néhány héttel korábban még olvasta a Structural Chemistry készülő számát, amelyet Hargittai István akadémikus szervezett 90. születésnapjára. Halála után a Periodica Polytechnicában és a Magyar Kémiai Folyóiratban jelent meg egy-egy Oláh György emlékének adózó célszám. A kiváló tudósról a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kara és Szerves Kémia és Technológia Tanszéke által közösen szervezett ankéton emlékeztünk meg 2017. november 17-én. A most induló, várhatóan hétrészes sorozat elsősorban az itt elhangzott előadásokon alapul. Az írások nagy része közös emlékek felidézése lesz fényképekkel illusztrálva, de szakmai cikkek is szerepelnek majd. A sorozat 2018-ban le is zárul.

Keglevich György
a sorozat szerkesztője

Oláh György a Műegyetemen
1995-ben (Hargittai István felvétele)

Molnár Árpád

■ SZTE Szerves Kémiai Tanszék

Egy kiváltságos lehetőség: Oláh György munkatársa voltam

1992 nyarán kerültem kapcsolatba Oláh György professzorral, amikor egyéves tanulmányútra érkeztem Los Angelesbe, a Dél-kaliforniai Egyetemre (USC), a Loker Szénhidrogén-kutató Intézetbe (**1. kép**). Érdemes utalni arra, hogy az egyetem elődje egy régi, 1880-ban – eredetileg vallási oktatási céllal – alapított intézmény. Az USC azonban ma már az egyik legnagyobb, mintegy 50 ezer hallgatóval rendelkező és körülbelül 4 és fél ezer oktatót alkalmazó magánegyetem. Gyönyörű kampusza – néhány régi szép épülettel – egész évben zöld és virágos.

Aki a USC Loker Intézetébe kerül, egyszerre két családhoz tartozik. Egyrészt a Loker család tagja, másrészt „trójai” lesz. Az utóbbi elnevezés onnan származik, hogy a 19. század végén az

egyetem (amerikai) futballcsapata sorozatban vereséget szenvedett, és szereplésüket az egyik helyi újságban a trójaiakéhoz hasonlították. Az elnevezés megmaradt, s a kampusz közepén ma már büszkén áll trójai Tomi (Tommy Trojan) szobra (**2. kép**).

Oláh professzor feladatként azt a lehetőséget ajánlotta, hogy fogjunk hozzá egy, a szénhidrogének kémiáját összefoglaló monográfia megírásába. Valójában ennek már voltak előzményei, mert rendelkezésemre állt egy 80-as években készült, rövid, körülbelül 300 oldalas, a téma bizonyos területeit összefoglaló kézirat, Louis Schmerling, a szénhidrogén-kémia egyik úttörőjének tollából. Ennek tanulmányozása alapján hamarosan kiderült azonban, hogy új, a témát más szempontból rendszerező, átfo-

1. kép. A Loker Intézet 1979-ben



2. kép. Tommy Trojan





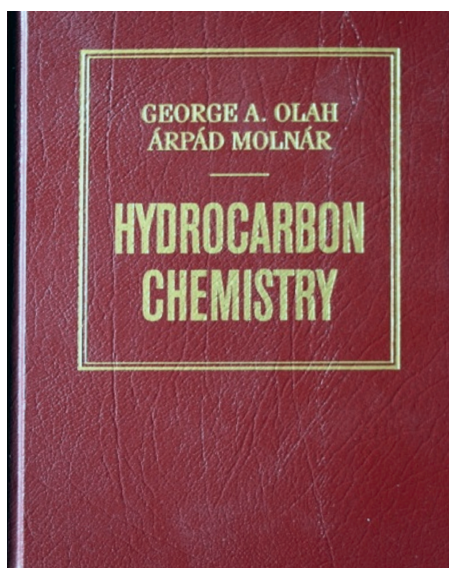
gőbb koncepció kidolgozására van szükség, és ezért az eredeti kéziratból nem sokat tudunk felhasználni.

Időm nagy részét az egyetem rendkívül gazdag szakmai anyaggal rendelkező műszaki könyvtárában töltöttem, ahol gyakorlatilag minden, a témához kapcsolódó irodalom (könyvek, monográfiák, folyóiratok) rendelkezésemre állt. Mai szemmel visszatekintve magam számára is nehezen érthető, hogyan tudtunk ak-



3. kép. Oláh György és Katherin B. Loker (férjével együtt a Loker Intézet létrejöttének anyagi támogatója) a Nobel-éremmel és a Nobel-oklevéllel

kor megbirkózni ezzel a feladattal. Abban az időben ugyanis még nem léteztek a ma természetesnek számító, interneten elérhető adatbázisok, továbbá az intézetben mindössze két, szövegszerkesztésre alkalmas számítógép állt a 25–30 egyetemi hallgató,



4. kép.
A Hydrocarbon Chemistry monográfia első kiadásának bőrkötéses példánya

doktoráns és posztdoktori munkatárs rendelkezésére. Az intézetben nemzetközi csapat dolgozott. A gépeken legegyszerűbben a kora reggeli órákban dolgozhattam és vihettem gépre az előző napon összegyűjtött információkat. A könyv kézírata végül két-évi munka után, 1994 nyarára készült el, és a következő évben meg is jelent (G. A. Olah, Á. Molnár, *Hydrocarbon Chemistry*, Wiley,



5. kép. A Loker Intézet 1996-ban épült új szárnya

1995). Ez közvetlenül a Nobel-díj után történt (3. kép), ezért a kiadó ebből az alkalomból a szerzőknek egy-egy bőrkötéses példányt ajándékozott (4. kép). Egy másik, a Nobel-díjhoz kapcsolódó kedves emlékem az alkalomra készült és a „Loker-család” minden tagjának eljuttatott póló. Nem érdektelen megjegyezni, hogy Oláh professzor az egyetem első Nobel-díjasa. Később J. J. Heckman és D. L. McFadden (közgazdaság, 2000) részesült az elismerésben, illetve a legutóbbi kitüntetett Arieh Warshel (megosztott kémiai, 2013).

A Loker Intézetben 1992 és 1994 között eltöltött két év alatt szoros, szinte napi munkakapcsolat alakult ki Oláh professzorral, amely lehetővé tette, hogy alaposan megismerjem gondolkodásmódját, érdeklődési területeit, mindennapjait, szigorú következetességét munkájában. Számára a kémia sohasem volt munka, inkább szenvedély és hobbi. Különleges élményt jelentettek a heti rendszerességgel tartott csoportmegbeszélések. Ezeket két-három munkatárs számolt be eredményeiről és a felmerült nehézségekről is. Rövidesen azonban Oláh professzor vette át a szót, adott néhány jó tanácsot, és felvázolt további lehetőségeket. Ezeknek az ötleteknek egy részét ugyan nem is volt érdemes kipróbálni, másokról pedig a laborasztalnál kiderült, hogy nem működtek, de mindig akadt közöttük néhány olyan, ami jelentősen segítette a továbblépést vagy éppen egyéb utak kipróbálásához vezetett. Ezek a szemináriumok akkor az Intézet kis könyvtárszobájában folytak, később pedig – az új épületszárny (5. kép) felépülése után – a „Judy and George A. Olah” könyvtárban (6. kép).

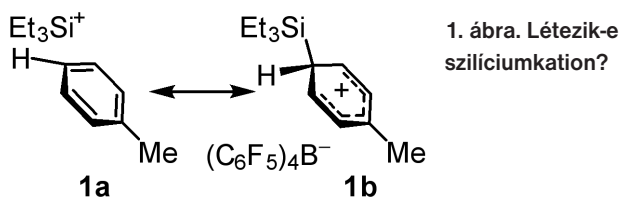


6. kép.
A „Judy and George A. Olah” könyvtár



Első kinttartózkodásom alkalmából a szemináriumokon felmerült témák közül kettő különösen érdekes és máig is emlékeztető. Az egyik a fullerénekhez kapcsolódik. Közismert, hogy a fullerének – a szén új módosulatának – felfedezése (és a Curl, Kroto és Smalley számára ezért adott 1996. évi kémiai Nobel-díj) a fullerénkémia vizsgálatának exponenciális növekedését eredményezte. Ebbe a munkába a Loker Intézet is bekapcsolódott: készítettek egy fulleréngyártásra alkalmas készüléket, és így már a kezdeti időszakban megfelelő mennyiségű alapanyag állt rendelkezésükre. Az ezzel kapcsolatos, valóban újdonságot jelentő kutatások mindannyiunk számára különlegesen érdekesek voltak. [1]

A másik a háromértékű szilíciumkationnal (R_3Si^+ , szilicéniumion/szilíliumion) kapcsolatos. Az 1980-as években több közleményben is leírtak ilyen kationokat, azonban ezek mindegyikéről bizonyították, hogy valójában mégsem a várt szerkezetűek – egészen pontosan a szilícium nem volt eléggé kationos jellegű, és így nem tekinthették „szabad, hosszú életű” szilíciumkationnak. Ez volt a helyzet Lambert és munkatársainak a *Science* folyóiratban 1993-ban közölt eredményével is. [2] A közleményükben leírt szerkezetéről a szemináriumokon hosszas diszkusszió folyt, és végül egy, a szerkezetet cáfoló publikáció jelent meg, ugyancsak a *Science*-ben, amelyben rámutattak arra, hogy az adatok az **1b** szerkezet jelentős hozzájárulását támasztják alá (**1. ábra**). [3]



Érdekes rámutatni arra is, hogy a témában Reed ért el sikereket a rendkívül alacsony nukleofilítású karboránanionok felhasználásával. [4]

Későbbi, Loker intézetbeli látogatásaimra – például a 2006–2007-ben eltöltött egy évre, amikor két korábbi monográfia, a Nobel-díjat eredményező szupersavas és karbokation-kémia, illetve a hiperszén-kémia eredményeit összefoglaló könyvek újabb kiadásán dolgoztunk – mindig úgy érkeztem, mintha hazamennék. A munkatársak nyilvánvalóan változtak, azonban az a baráti, családias légkör, ami mindig is jellemző volt, folyamatosan tovább élt. Ennek a légkörnek a kialakításában jelentős szerepe volt feleségének, Jucinak is. Ahogy önéletrajzi könyvében (Oláh

7. kép. A 2012-ben tartott Loker Szimpózium résztvevőinek egy csoportja



György, *Életem és a mágikus kémia*, Better Kiadó, Budapest, 2016) fogalmazta: »... Juci csoportunk aktív, kulcsfontosságú tagja volt, és hallgatóim magánjellegű problémáikkal inkább a „kedvesebb, gyengédebb Oláhnak” szokták kiönteni a szívüket.«

És valóban családias volt az ötévente megrendezett Loker Szimpózium is. Itt találkozhattunk régi ismerősökkel, illetve Oláh professzor egykori munkatársaival, a karbokation-kémia korai korszakának „nagy öregjeivel”, közöttük Martin Saunders, Jean Sommer, Paul Schleyer és Kenneth Laali professzorral, illetve az első kinttartózkodásom során megismert fiatal, azóta komoly karriert befutott kutatókkal, valamint a Loker Intézet munkatársaival (Karl Christie, Thio Hogen-Esch, Nicos Petasis, Robert Bau, Larry Dalton, Roy Periana). A **7. kép** a 2012-ben tartott

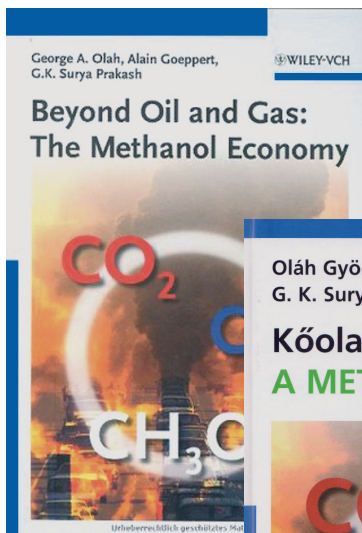


8. kép. C. L. M. Nikias és Oláh professzor

szimpózium résztvevőit mutatja, köztük – a kép jobb alsó sarkában – Szántay Csaba professzorral, a **8. képen** pedig Oláh professzor C. L. M. Nikiasszal, az egyetem rektorával együtt látható, aki az egyetem „aranykincsének” nevezte. Marx Nikiasról érdemesnek tartom megemlíteni, hogy az egyetem rektoraként 2007 óta közel 6 milliárd dollár adományt gyűjtött, elsősorban az egyetem öregdiákjaitól (a közismertek közül: Steven Spielberg, George Lucas és Robert Zemeckis filmrendezők, Neil Armstrong és Jim Lovell űrhajósok, John Wayne színész, Art Buchwald humorista-újságíró, Frank O. Gehry építész, Zulfikar Ali Bhutto pakisztáni politikus). Ennek körülbelül egyharmadát ösztöndíjakra fordítják, illetve jelentős részét építkezésekre költötték.

Időmet természetesen nem csak a kémiával töltöttem, hiszen az egyetem szemeszterről szemeszterre gazdag kulturális programajánlatot nyújtott. Szívesen emlékszem a Bovard épület gyönyörű auditoriumában tartott hangversenyekre, ahol például Midori hegedű- és Daniel Pollack zongorajátékát (mindketten az egyetem zeneművészeti karának oktatói), vagy az Emerson-kvartettet és a Harlem Gospel Singers együttest hallgathattam. Mindig kellemes kikapcsolódást jelentettek az Oláh házaspár Beverly Hillsen lévő házában rendezett karácsonyi vacsorák, vagy egy amerikai munkatársunk házávatója, ahol – mindenki nagy csodálkozására – Oláh professzor pólóban és farmerban jelent meg; őt mindig csak öltönyben, ingben, nyakkendővel láttuk!

Érdeklődése rendkívül széles körű volt, és nem korlátozódott csak a kémiára. Igen sokat olvasott, hiszen, ahogy írta, ez látóköre és ismeretei kiszélesítést tette lehetővé. Közismert, hogy egyetemi éve alatt filozófiai, történelmi és jogi előadásokat is látogatott, sőt két évet sikeresen elvégzett az orvosegyetemen is.



9. kép. A „Metanolgazdaság” könyv angol (2006) és magyar kiadása (2007)



10. kép. Surya Prakash a díj átadásán

megért (magyarul is megjelent) könyvben (9. kép). Utolsó jelentős elismeréséért a munkájáért kapta 2014-ben. Az Izrael állam-kormány által adományozott – az alternatív motorhajtóanyagok fejlesztése területén jelentős eredményeket elért kutatók részére alapított „The Eric and Sheila Samson Israel Prime Minister’s Prize for innovation of alternative fuels for transportation” – 1 millió dolláros díjat közösen nyerte el G. K. Surya Prakashsal. Ezt így kommentálta: „Ez számomra azért jelent különleges örömet, mert elsősorban a Nobel-díjam után végzett munkámat méltányolja.” Betegsége miatt a díjat személyesen nem vehette át (10. kép).

Az MTA Kémiai Osztálya által szervezett, múlt év májusi emlékülésen tartott előadásom végén feltettem a kérdést: ki is volt Oláh György? Onnan idézem az erre adott válaszom: „Egy kiemelkedő, minden iránt érdeklődő tudós, hatalmas, a kémiai gondolkodást alapvetően megváltoztató tudományos teljesítménnyel, segítőkész kolléga, sokunk ismerőse, néhányunk megértő, segítőkész, igaz barátja – nagy ember, nagy szívvel.” És hogy ne tűnjek elfogultnak, idézem Surya Prakash – első doktorandusza és utódjaként a Loker Intézet jelenlegi igazgatója – véleményét: „Oláh a kémia kiemelkedő óriása; látnoki módon tudott megközelíteni és intuitív módon megoldani komoly kihívást jelentő problémákat. Rendkívül sokat olvasott, ismerte a történelmet, járatos volt a filozófiában, szerette a zenét és a művészeteket. Nem túlzunk, ha igazi reneszánsz embernek tartjuk.”

Az érdeklődő olvasók az alábbi honlapon olvashatják az egyetem Oláh György halála alkalmából kiadott megemlékezését, illetve további információkat találnak a Loker Intézettel kapcsolatosan. A második linken munkásságának egy friss összefoglalása olvasható.

<https://news.usc.edu/117451/in-memoriam-nobel-laureate-george-olah-89/>,
<http://www.ias.ac.in/article/fulltext/reso/022/12/1111-1153>

IRODALOM

- [1] a) G. A. Olah, I. Bucsí, C. Lambert, R. Aniszfeld, N. J. Trivedi, D. K. Sensharma, G. K. Surya Prakash, *J. Amer. Chem. Soc.* (1991) 113, 9385–9387; 9387–9388. b) G. A. Olah, I. Bucsí, R. Aniszfeld, G. K. Surya Prakash, *Carbon* (1992) 30, 1203–1211. c) G. A. Olah, I. Bucsí, D. S. Ha, R. Aniszfeld, C. S. Lee, G. K. Surya Prakash, *Fullerene Sci. Technol.* (1997) 5, 389–405.
- [2] J. B. Lambert, S. Zhang, C. L. Stern, J. C. Huffman, *Science* (1993) 260, 1917–1918.
- [3] G. A. Olah, G. Rasul, X. Li, H.A. Buchholz, G. Sandford, G. K. S. Prakash, *Science* (1994) 263, 983–984.
- [4] a) C. A. Reed, Z. Xie, R. Bau, A. Benesi, *Science* (1993) 262, 402–404. b) C. A. Reed, *Acc. Chem. Res.* (1998) 31, 325–332. c) C. A. Reed, *Acc. Chem. Res.* (2010) 42, 121–128.

A fentiek illusztrálására egy mozzanatot idéznék fel az egyik Loker Szimpóziumból. Ezt a szimpóziomot öt évente szervezték, kapcsolódva az alapítás évfordulójához és Oláh professzor születésnapjához. 2012-ben az eseményt záró vacsorán az egyetem egyik rektorhelyettese köszöntötte őt. Elmondta, hogy nem sokkal azelőtt találkoztak egy hosszabb beszélgetésen, és hasznosnak tartotta, ha felkészül és röviden tájékozódik munkáságáról, tevékenységéről, eredményeiről, tekintettel arra, hogy nem szakmabeli (politikatudománnyal foglalkozott). Meglepetésére azonban Oláh professzor készült fel belőle olyannyira, hogy csak ő kérdezett és a kémia szóba sem került.

Rendkívüli memóriával rendelkezett. 2015–2016-ban több alkalommal is eltöltöttem egy-egy hónapot az intézetben. Ekkor a már fentebb említett, a szénhidrogének kémiáját összefoglaló monográfia újabb, harmadik kiadásán dolgoztunk (a kétkötetesre bővült munka végül ez év elején jelent meg). A heti csoportmegbeszéléseken elhangzott megjegyzéseiből láttam, hogy közel 90 évesen – miközben egészségi állapota folyamatosan romlott, testileg legyengült – szellemileg továbbra is friss volt, és elképesztő memóriája még mindig úgy működött, mint korábban: pontosan, nagyon részletesen emlékezett mindenre, amit 40–50 évvel korábbi kutatásai során megfigyelt és publikált.

Végezetül külön szeretném idézni azt a megállapítását, amelyet a Nobel-díj elnyerése utáni időszakban többször hangoztattott: „... megtanulok a Nobel-díjjal élni, és nem pihenni a babérokon.” Sokan talán kevéssé ismerik ekkori munkásságát és eredményeit, amelyek közül csak egyet emelek ki – a metanolgazdaság-elképzelést. Ezt a munkát az egyre fogyó fosszilis tüzelőanyagok és a felhasználásukkal együtt járó jelentős és ugyancsak egyre növekvő szén-dioxid-kibocsátás miatt érzett aggodalma inspirálta. Röviden, a szén-dioxid kimeríthetetlen forrása lehet a metanolnak és az átalakításával gyártható termékeknek, és a metanolgazdaság a hidrogéngazdaság komoly alternatívája lehet. Ezeket az elképzeléseket részletesen tárgyalták egy több kiadást

Kiss Tamás – Gajda Tamás – Enyedy Éva Anna – Gyurcsik Béla
– Jakusch Tamás – Jancsó Attila

■ SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Bioszervetlen Kémiai Kutatócsoport

Bioszervetlen kémiai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetében

A bioszervetlen kémiai kutatócsoport rövid története

A bioszervetlen kémiai kutatások a Szegedi Tudományegyetemen 1983-ban, tehát valamivel több mint 30 évvel ezelőtt [1] indultak meg, amikor a néhai Burger Kálmán akadémikus Szegedre kerülve átvette a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék vezetését, valamint megalakította az MTA Biokoordinációs Kémiai Kutatócsoportját. A csoport fő profilja kezdetben különböző bioligandumok, döntően peptidek, szénhidrátok és származékaik létfontosságú fémionokkal való kölcsönhatásának tanulmányozása, a komplexképződési folyamatok termodinamikájának és a fémkomplexek szerkezetének leírása volt. E kutatásokba a kezdetektől bekapcsolódott Labádi Imre, Nagy László, Nemesné Vetéssy Zsuzsa és Véber Margit, valamint hosszabb-rövidebb időre számos fiatal kutató (a jelenleg is a csoportban dolgozókon kívül Buzás Norbert, Jakab Ida Noémi, Jankovics Hajnalka, Lakatos Andrea, Schrantz Krisztina, Sija Éva, Sipos Pál). A 80-as évek leglátványosabb eredménye: a Richter Gedeon Rt.-vel közös kutatásokban kifejlesztettük a sebgyógyító hatású Zn(II)-hialuronát komplexet, ami hazánkban Curiosin/Curiosa néven a mai napig is forgalomban van, sőt több országban is gyártják. A gyógyhatású fémkomplexek vizsgálata azóta is fontos részét képezi a csoport kutatásainak. A 90-es évek elejére tehető a rákellenes ón(IV)organikus vegyületek vizsgálatának beindulása. A csoportban felnövekvő fiatalabb generáció is újabb kutatási irányokat indított el, például a hisztidintartalmú peptidek fémionokkal való kölcsönhatásának tanulmányozását. 1996-ban

a Debrecenből érkező Kiss Tamás vette át a tanszék, majd 1999-től az MTA-kutatócsoport irányítását. Kiss Tamás Szegeden folytatta a vanádium- és alumíniumionok koordinációs kémiájának tanulmányozását. A csoport kutatási palettája a 90-es évek második felétől kezdődően számos új területtel bővült, és egyre inkább eltolódott a természetes makromolekulákkal való kölcsönhatások vizsgálatának irányába. Megindultak a fehérjék fémkötő saját-ságaival, valamint a metalloenzimek funkcionális modellezésével kapcsolatos kutatások. Mindezek már túlmutattak a szorosan vett biokoordinációs kémián, így a kutatócsoport neve is Bioszervetlen Kémiai Kutatócsoportra változott.

A bioszervetlen kémiai kutatások a tanszéken és az akadémiai kutatócsoportban szoros együttműködésben folytak. Ez a közös munka az évek során 2 MTA doktori, 6 kandidátusi és 25 egyetemi doktori/PhD-disszertációt eredményezett. Az elmúlt bő 30 évben a szegedi bioszervetlen kémiai kutatások hazai és nemzetközi ismertséget és elismertséget vívtak ki. Olyan fiatal generáció nőtt fel Szegeden, amely személyesen is elvitte hírünket a világ sok országába, és öregbíti azt ma is, hisz sokan most is dolgoznak. Reméljük, egyszer hazatérnek.

Nemzetközi ismertségünket és elismertségünket jelzi az is, hogy „történetünk” alatt több nemzetközi konferenciát rendeztünk, melyek közül kiemelnénk a 2011-es 4th European Conference on Chemistry for Life Sciencest (szervezők: Perczel András, ELTE és Kiss Tamás, SZTE) és a 2016-os 13th European Biological Inorganic Chemistry Conference-t (szervezők: Sívágó Imre, DE és Kiss Tamás, SZTE). Mindkét konferen-

cia 5 földrész 40–50 országának kb. 400 résztvevőjével nagy sikerrel mutatta be a tudományterület aktuális, friss eredményeit, a résztvevők teljes melegegedésére. Mindkét konferencia szervezőmunkájában az MKE volt segítségünkre.

Egy ilyen áttekintés során szomorú költelességünk megemlékezni Burger Kálmának 2000-ben, valamint Nagy Lászlónak 2010-ben bekövetkezett haláláról.

Mutatkozzanak be a csoport ma dolgozó aktív tagjai, a szenior kollegák mellett a posztdoktor munkatársak és a PhD-hallgatók is, hiszen az ő munkájuk legalább annyira meghatározó eredményeinkben, mint a tapasztaltabb munkatársaké: a képen balról jobbra, felső (két) sor: Szunyogh Dániel, Jakusch Tamás, Gyurcsik Béla, Szekeres Levente, Kiss Tamás, Gajda Tamás, Matyuska Ferenc, Szorcik Attila, Jancsó Attila; alsó sor: Balogh Ria Katalin, Czene Anikó, Dömötör Orsolya, Dancs Ágnes, Meszterházy Edit, Enyedy Éva Anna.

A Bioszervetlen Kémiai Kutatócsoport tagjai 2017-ben





A jelenleg is folyó bioszervetlen kémiai kutatások rövid bemutatásakor részben támaszkodunk közelmúltbeli, 30 éves munkánkról szóló beszámolóinkra [1].

Gyógyhatású vegyületek

Egy készítmény hatásosságának értékelésénél figyelembe kell venni, hogy az annak preparálása során alkalmazott kísérleti körülmények rendszerint különböznek attól, ami az élő szervezetben uralkodik, ahol a vegyület a biológiai hatását kifejti. Az oldószer minősége, illetve a biológiai nedvek, a sejtek, a szövetek folyadéka, azok pH-ja jelentősen különbözhet. Továbbá egyéb biomolekulák lehetnek jelen a biológiai rendszerekben, melyeknek nagy lehet az affinitása az adott fémionhoz, és így ezekben a molekulákban az eredeti fémionhordozó ligandumok részben vagy teljesen helyettesíthetők i) a szájon át adott gyógyszerek esetén a gyomor-bél szakaszban való felszívódásuk során; ii) a véráramban való szállításuk során a szérumkomponensekkel való kölcsönhatás eredményeként, illetve iii) a sejtekben az endogén biomolekulákkal való kölcsönhatás révén. Ennek megfelelően az eredeti hordozó ligandumok részben vagy teljesen „elveszhetnek”, és teljesen más formában lehet a biológiailag aktív részecske, mint amilyen formában a fémion beadásra került. A készítmény szervezetben való lehetséges átalakulásainak nyomon követése alapvető fontosságú lehet a készítmény hatásmechanizmusának felderítésében. Ezek a kutatások a rákellenes fémkomplexekre, az antidiabetikus fémvegyületekre és a neurodegeneratív betegségekben felhasználható fémionokra alapozott terápiás szerekre összpontosítanak.

Rákellenes fémkomplexek biospeciációja

A tumoros megbetegedések esetén használt farmakonok alkalmazhatóságát gyakran korlátozza a toxicitásuk és a fellépő rezisztencia, így az újabb alacsonyabb kockázatú és szelektív terápiás szerek fejlesztésére még mindig erős az igény. Az antitumor fémkomplexek közül a ciszplatina klinikai alkalmazásának sikere erősen ösztönözi az újabb típusú fémkomplexek előállítását és tesztelését. A nem platinaalapú fémkomplexek közül a legígéretesebbek a klinikai kipróbálás alatt álló Ru(III)- és Ga(III)komplexek; de számos Ru(II)-, V(IV/V)-, Fe(II/III)- és Cu(II)komplex is hatékonyak bizonyult [2]. Munkánk során új fejlesztésű fémkomplexek biotranszferrin-folyamatait és biospeciációját vizsgáljuk szoros együttműködésben Bernhard K. Keppler professzor (Bécsi Egyetem) kutatócsoportjával. Ezeknek a folyamatoknak a megismerése alapvetően fontos, hogy megjósoljuk a gyógyszerjelölt fémkomplex farmakokinetikai viselkedését, és nagyban hozzájárul a hatásmechanizmus megértéséhez, a sikeres gyógyszerfejlesztéshez. Az *in vitro* vizsgálati adatok birtokában pedig (matematikailag és kémiailag) modellezni tudjuk a biológiailag releváns koncentrációviszonyok és bioligandumok jelenlétében a fémkomplexek viselkedését.

Jelentős eredményeket értünk el a klinikai fázis II vizsgálatokba került rákellenes tioszemikarbazon gyógyszer-molekula, a Triapine és származékainak Cu(II)-, Zn(II)-, Fe(II/III)-, Ga(III)- és V(IV/V)ionokkal képzett komplexei esetén. A fémkomplexek összetételének, stabilitásának jellemzése mellett összefüggéseket találtunk oldategyensúlyi eredmények és a biológiai aktivitás között. Például egyértelmű korreláció áll fenn a Fe(II)-tioszemikarbazon biszkomplexek fiziológiás pH-ra számolt látszólagos állandói és a mért citotoxicitási adatok között [3–5].

Emellett a klinikai fázis I vizsgálatokon sikeresen túljutott Ga(III)-oxinátó, -malto-látó-komplexek oldatspeciációját és vér-szérum-transzportfehérjékkel való kölcsönhatását is részletesen jellemeztük [5]. Nagy területet ölelnek fel a fémorganikus Ru(II/III)komplexek oldategyensúlyi vizsgálatai is. Részletesen tanulmányoztuk két klinikai fázisban lévő Ru(III)komplex kölcsönhatását humán szérumalbuminnal, és megállapítottuk, hogy ennek a fehérjének kitüntetett szerepe van a komplexek szérumbeli eloszlásában [7]. A félszendvics fémorganikus ródium- és ruténiumkom-

plexek oldatspeciációs vizsgálatai rámutattak arra, hogy az (O,O), (O,N), (O,S) donoratomok koordinációja egyre nagyobb stabilitást és növekvő biológiai aktivitást okoz [8, 9].

Antidiabetikus fémkomplexek

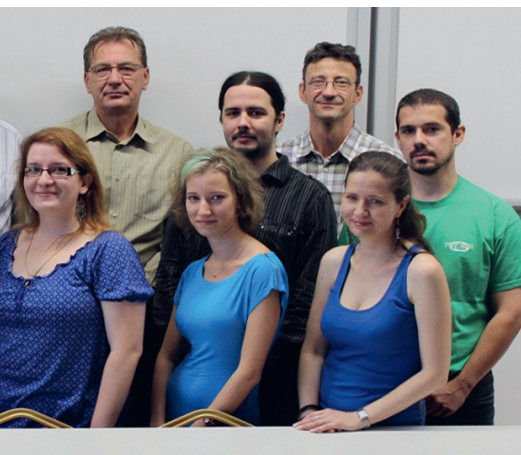
A cukorbetegségnek, korunk egyik krónikus civilizációs betegségének kezelésében szükségessé válhat inzulin adagolása, mely ma csak injekció formájában lehetséges. Számos fémion adagolása az inzulinéhoz jelentős mértékben hasonló hatást vált ki, de közülük csak a VO(IV/V) és a Zn(II) az, amely terápiás célra szóba jöhet. Mivel ezek az ionok, az inzulinnal szemben, szájon át is a szervezetbe juttathatók, alkalmazásukkal szükségtelenné válhatna az injekció használata. A szervetlen vanádi-umsók azonban csak korlátozott inzulintutató hatással bírnak, melyen komplexképzőkkel sikerül javítani. Legmegfelelőbbnek az oxovanádium(IV)ion kétfogú ligandummal alkotott semleges biszkomplexei bizonyultak. Csoportunk e komplexek jellemzésével, a stabilitási állandók és a részecskeeloszlások meghatározásán keresztül kapcsolódott be az 1990-es évek második felétől az antidiabetikus komplexek kutatásába: a vérszérumbeli részecskeeloszlás meghatározására törekedve.

Számos VO(IV) inzulintutató komplex részecskeeloszlását határoztuk meg, valamint vizsgáltuk kis molekulatömegű szérumalkotókkal történő vegyes ligandumú komplex képződését is.

A vérszérumban azonban fehérjék is képesek fémionokat megkötni, például a transferrin a Fe(III), a humán szérumalbumin a réz(II)ion szállításáért felelős. Az apotranszferrin (apoTf) két közel egyforma egysége kvantitatíve köt egy-egy vanádium(IV)iont, ezért a stabilitási állandók meghatározása ligandumkiszorítási módszerrel történt [10]. A humán szérumalbumin több nagyságrenddel gyengébben köti a VO(IV)iont [11].

A stabilitási állandók ismeretében modellszámításokat végezve igazoltuk, hogy a VO(IV), a terápiának megfelelő koncentrációtartományban (< 10 μM), kizárólag az apoTf-hez köt, az eredeti ligandumok teljes mértékben kiszorulnak a fémion koordinációs szférájából. ApoTf-t nem tartalmazó egyéb részecskék csak akkor fontosak, ha az oxovanádium(IV) koncentrációja meghaladja a fehérjét (37 μM) [12]. Ez egyéb alkalmazásokban, például a rákterápiában fordulhat elő.

Mindezek alapján állítjuk, hogy az antidiabetikus oxovanádium(IV)komplexek li-





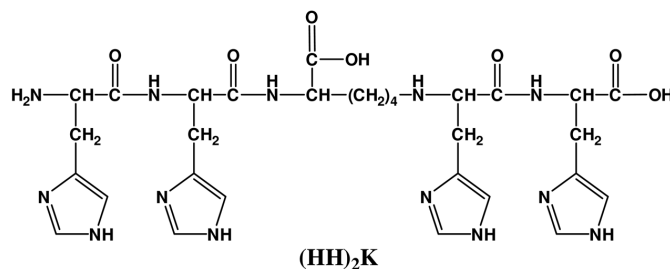
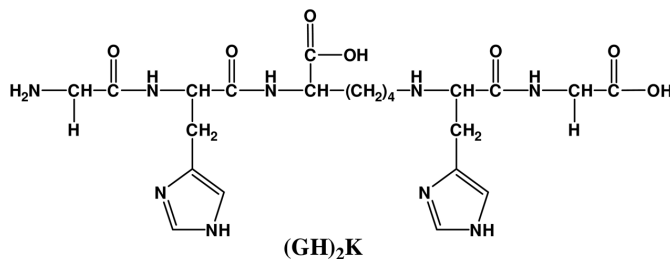
gandumainak nincs köze az effektushoz, a fémion az aktív metabolit, és csak olyan új ligandumok tervezése célszerű, amelyek a vanádium felszívódásának mértékét kívánják növelni. Sajnálatos módon az egyetlen, klinikumban tesztelt vanádiumkomplex a bisz-etilmaltolát-oxovanádium(IV) nem jutott túl a klinikai tesztek második fázisán [13].

Megemlítendőnek tartjuk, hogy 2004-ben Szegeden került megrendezésre a 4th International Vanadium Symposium 25 ország száznál több résztvevőjével, akik itt vitatták meg a vanádium biokémiájában és kémiájában elért legfrissebb eredményeket.

Kelátterápia alkalmazása az Alzheimer-kór gyógyításában

Az Alzheimer-kór a leggyakoribb formája a demenciának, melyet emlékezteties és a kognitív képességek csökkenése jellemez. A betegség egyik fő szövettani kritériuma az agyban a sejten kívüli térben lerakódó fibrilláris peptidokból képződő plakkok megjelenése. A plakkok 40 vagy 42 db aminosavból álló töredékből, β -amiloidból állnak (A β). A kór bizonyos fémionok (leginkább Cu, Zn és Fe, esetleg Al) diszhomeosztázisával is erősen összefügg, feltételezik, hogy ezek az ionok – elsősorban a Zn(II) – indukálhatják a β -amiloidok oligomerizációját, majd aggregációját. A β -amiloid által megkötött vegyértékváltó fémionok – elsősorban a Cu(II) – képesek katalizálni az oxigén és az aszkorbinsav reakcióját, melynek során reaktív oxigéntartalmú részecskék („ROS, reactive oxygen species”) hidrogén-peroxid, illetve gyökök (szuperoxid-gyökönion: O₂⁻, hidroxilgyök: OH) keletkeznek, ami oxidatív stresszhez vezet. [14] Feltételezésünk szerint egy új típusú kelátterápiás módszerrel a fémionok homeosztázisa helyreállítható, illetve az oxidatív stressz szintje csökkenthető.

A kelátterápia alkalmazása ebben az esetben sokkal inkább a fémionok koncentrációjának szabályozása, a plakkokban elérhetetlen fémionok újrahasznosításának megteremtése, a fémionok katalitikus módon történő szállítása, a normális fémionháztartás visszaállítása a cél, semmint a fémionok végleges eltávolítása a szervezetből [14]. Ennek megfelelően nincs szükség a kelátterápiában gyakori, kiemelkedően nagy stabilitású komplexet képző ligandumokra. A Zn(II) esetében például a széleskörűen bevált kelátor, a hatfogú, membránon átjutó N,N,N',N'-tetrakis(2-piridilmetil)etiléndiammin (TPEN) helyett ennek négyfogú változatával, az N¹,N²-bisz-



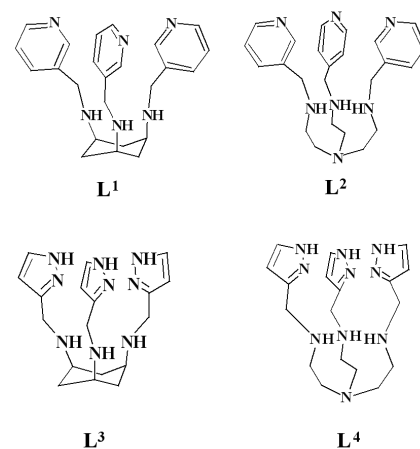
(piridin-2-il-metil)etán-1,2-diammin (EN-DIP) ligandummal kísérleteztünk. Az EN-DIP ekvimoláris körülmények között is képes már a Cu(II)ionok által indukált folyamatban aggregálódott A β -ot újra oldatba vinni. Zn(II) esetében mindehhez már nagyobb ligandumfeleslegre volt szükség. A ligandum kétfogú változata már Cu(II)ionok esetében sem hatásos [15,16].

Hasonló vizsgálatokat végeztünk hisztidinben gazdag oligopeptidekkel is, ahol GlyHis, illetve HisHis egységeket kapcsolunk peptidkötéssel egy-egy lizin mindkét aminocsoportjához. Az így kapott (GH)₂K, illetve (HH)₂K pentapeptidek képesek két Cu(II)ion kvantitatív megkötésére fiziológiai pH-n, miközben réziononként egy-egy amidnitrogén deprotonálódik. Zn(II)ionokkal csak a (HH)₂K ligandum képez hasonló komplexeket, de képződése közel sem kvantitatív fiziológiai pH-n. Mindezeknek megfelelően a Cu(II)ionok esetében a fémionon kívül a aggregációt a „pentapeptidek” képesek voltak részben, vagy közel teljesen visszazorítani, míg erre Zn(II)ionok esetében még tízszeres ligandumfelesleg mellett sem került sor [16,17].

Polidentát tripodális ligandumok biomimetikus fémkomplexei

Az utóbbi években számos, többszörösen funkcionális tripodális ligandum (2. ábra) átmenetifém-komplexeivel is foglalkoztunk [18–23]. A tripodális vegyületek preorganizált szerkezete jelentősen növelheti a komplex stabilitását. A tripodális platformok megfelelő funkcionálálása ugyanakkor olyan moduláris rendszer kialakítását teszi lehetővé, amelyben viszonylag könnyen változtatható a ligandum donorcsoportjainak száma/minősége, így annak

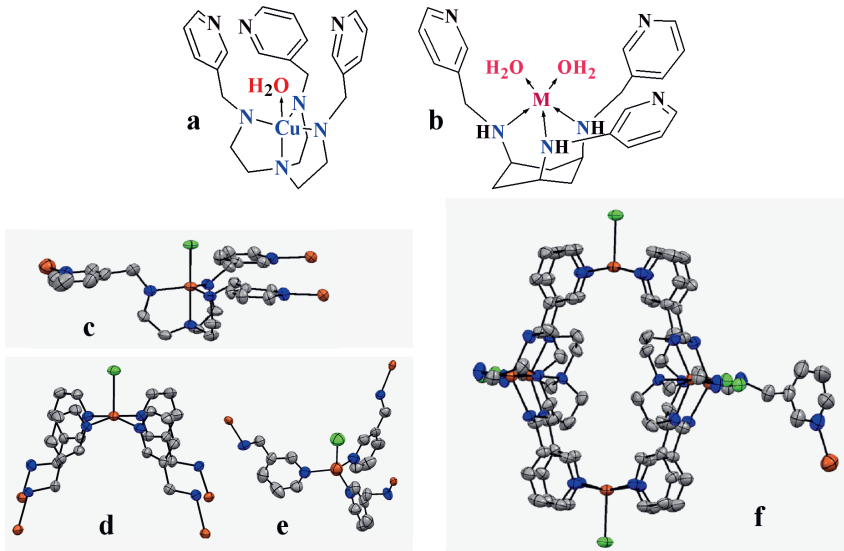
1. ábra. Kelátterápiás célú, hisztidinben gazdag oligopeptidek



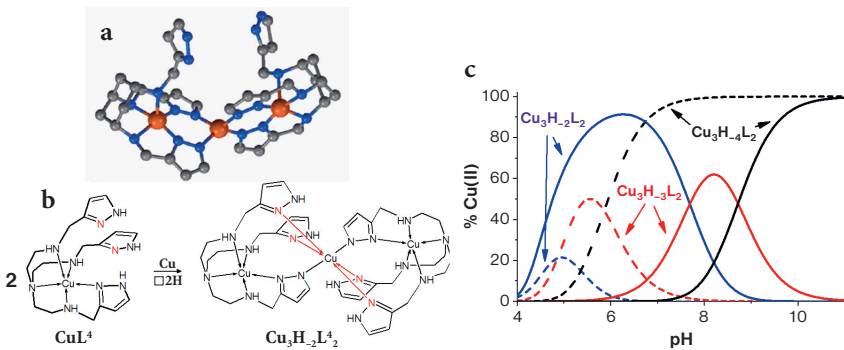
2. ábra. Néhány vizsgált tripodális ligandum sematikus szerkezete

fémionaffinitása vagy a kialakuló komplex szerkezete. Emellett további funkciók kiépítése, például újabb fémion(ok) megkötése is lehetővé válik, ami a többmagvú aktív centrumokhoz hasonlóan a fémionok kooperációjára vagy szupramolekuláris rendszerek kialakítására ad lehetőséget. A következőkben két-két ligandum komplexeinek összehasonlításával példázuk az ilyen moduláris rendszerekkel elérhető különböző sajátosságokat.

Az L¹ és L² ligandumok piridin- és amino-nitrogénjei nem képesek ugyanazon fémionhoz kötődni. A trigonális bipiramisos szerkezetű CuL¹ komplexben a tren alegység négy nitrogénje koordinálja a fémiont (3.a ábra), a piridingyűrűk szterikus hatása miatt az ötödik koordinációs pozíció nagyobb ligandumok számára nehezen hozzáférhető, így a komplexek nem rendelkeznek számottevő enzimutánzó hatással. Az analóg CuL² komplex azonban jóval nyitottabb koordinációs szférával rendelkezik (3.b ábra), a pH 7 felett képződő CuL⁵(OH) komplex hatékonyan képes elő-



3. ábra. A CuL^1 (a) és CuL^2 (b) komplexek sematikus szerkezete, a 3D polimerben kialakuló három különböző réz(II)centrum (c, d, e), valamint a $Cu_6(L^2)_4$ alegység oldalnézete



4. ábra. A $Cu_3H_4L^3_2$ komplex kristályszerkezete (a), a $Cu_3H_2L^4_2$ komplex sematikus szerkezete (b), valamint L^3 (folytonos vonal) és L^3 (szaggatott vonal) ligandumok hárommagvú komplexeinek eltérő speciációja (c)

segíteni a foszforsav-diészterek hidrolízisét [18,19]. Bár oldatfázisban mindkét ligandum csak egymagvú komplexeket képez, a réz(II)- L^1 2/1 rendszerben már $pH = 4$ körül képződő csapadék érdekes 3D polimer (MOF metal-organic framework) szerkezettel bír, amiben három alapvetően eltérő koordinációs környezetben lévő réz(II)centrum található (3.c–e ábra). A

tbp és sp geometriájú fémionok alakítják ki a hatmagvú $Cu_6(L^2)_4$ alegységeket (3.f ábra), melyeket tetraédres retek (3.e ábra) kötnek össze [18].

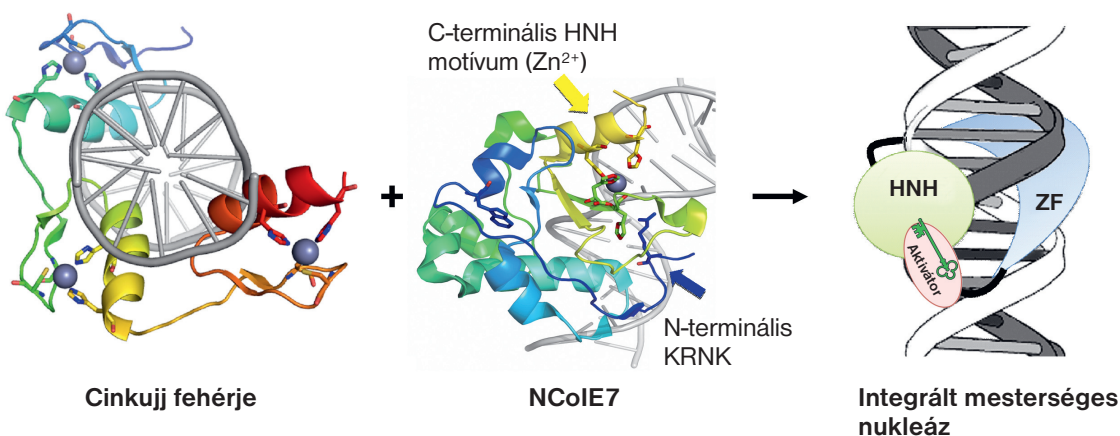
Hasonlóan érdekesek az L^3 és L^4 ligandumok hárommagvú réz(II)komplexei [20, 21]. A két ligandum $Cu_3H_4L_2$ komplexei hasonló szerkezetűek, két ML egységet pirazolát-hidakon keresztül egy tetraédres

réz(II) köt össze (4.a ábra). Azonban a köztes deprotonáltsági állapotú $Cu_3H_2L_2$ részecskékben a középső rézhez eltérő számú pirazolgyűrű koordinálódik. A $Cu_3H_2L_2$ komplexben kötődő négy pirazolgyűrű (4.b ábra) okozta extrastabilitás, a következő deprotonálódási lépésben kialakuló $Cu_3H_3L_2$ részecskék jelentősen eltérő speciációját eredményezi (4.c ábra). Eredményeink szerint ez utóbbi, háromszorosan deprotonált komplexek kiemelkedő catechol-oxidáz utánzó sajátossággal rendelkeznek [20,21]. Ilyen módon, a tripodális platform cseréjével széles határok között változtatható komplexeink katalitikus hatásának pH-optimuma.

Mesterséges metallonukleázok specifikus DNS hasításhoz

A metalloproteinek és modellvegyületeik párhuzamos kutatása kiegészíti egymást. Kutatócsoportunkban 2007 ősze óta foglalkozunk olyan fehérjékkel, melyeket saját laboratóriumunkban állítunk elő. Az azóta eltelt időszakban számos fiatal kutatónkak nyílt alkalmuk az ehhez szükséges molekuláris biológiai alapeszközök el-sajátítására Szegeden, illetve együttműködő partnereink (Kyosuke Nagata, Tsukuba Egyetem, Japán; Hans Erik és Mølager Christensen, Dán Műszaki Egyetem, Dánia) laboratóriumaiban.

A vizsgált fehérjék közül kiemelkedő figyelmet szentelünk a colicin E7 bakterialis toxin nukleáz doménjének (NCoIE7 – 5. ábra). Ez a fehérje ugyanis a C-terminális részén található Zn(II)ionot tartalmazó aktív központja révén katalizálja a DNS foszodiészter-kötéseinek hirdolitikus hasítását, de e folyamat lejátsszódásához elengedhetetlen a fehérje N-terminális végének jelenléte [24]. Az itt található arginin (R447) és a cink együttesen kötik meg és aktiválják a hasítandó csoportot. A cinkhez a szubsztrátmolekulán kívül három hisztidin-imidazol-nitrogénje koordinálódik, ha-



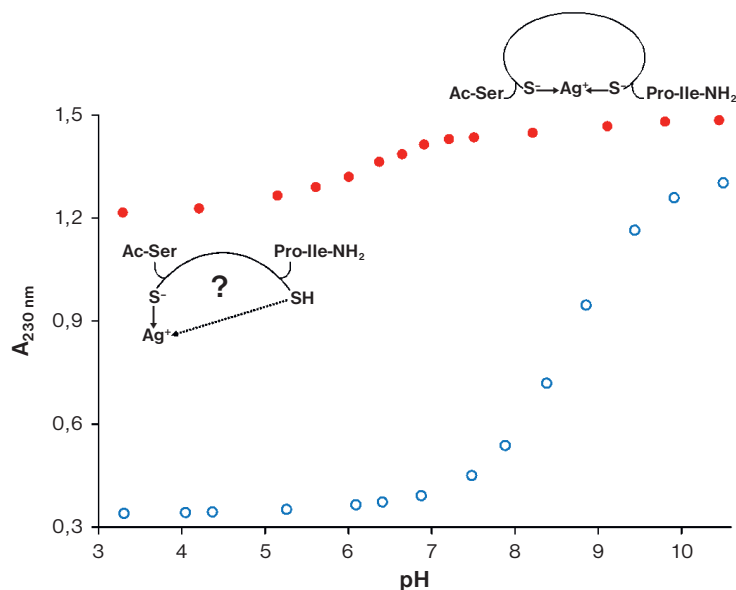
5. ábra. Az NCoIE7-alapú mesterséges nukleázok kialakításnak sematikus ábrája. Az integrált nukleázban az NCoIE7 cinktartalmú C-terminális katalitikus központja és az N-terminális aktivátorszekvencia a DNS-kötés során kerül közel egymáshoz



sonlóan a csoportunkban tanulmányozott oligopeptidekhez [25,26,27], melyek közül a KHPHPHQ Zn(II)komplexe elősegítette a DNS-molekula hidrolízisét. Az NCoLE7 aktív központját alkotó, ún. HNH motívum (nevét a megőrzött His és Asn aminosavakról kapta) $\beta\beta\alpha$ szerkezetben köti a fémiont. Önmagában ez a ~ 40 aminosavból álló szekvencia azonban nem biztosít elég nagy stabilitást a megfelelő szerkezet létrejöttéhez [27]. Az N-terminális hurok számos kölcsönhatást (hidrogénkötés, apoláris kölcsönhatások) alakít ki az aktív központtal, így stabilizálva annak szerkezetét [28]. Az N-terminális végen található argininnek a fentiekben túl további szerepét is valószínűsíthetjük. Számos, pontmutációt tartalmazó fehérje katalitikus aktivitását, szerkezetét, Zn^{2+} -ion, valamint DNS-kötő képességét cirkuláris és lineáris dikroizmus, fluoreszcencia- és NMR-spektroszkópia, tömegspektrometria, izotermais kalorimetriás titrálás, elektroforézis, illetve röntgendiffrakció segítségével tanulmányoztuk.

Az eredmények alapján úgy gondoljuk, hogy a láncvégi pozitív töltésű aminosavak a DNS-molekula hidrolitikus reakciót elősegítő torzulásának előidézésében, illetve a távozó csoport protonálásában is szerepet játszanak. Azaz az NCoLE7 N-terminális része intramolekuláris allosztérikus szabályozást biztosít az enzim működéséhez. Bár maga az NCoLE7 nem specifikusan hat a DNS-molekulát, a fentiek ismeretében egy specifikusan és szabályozott módon működő mesterséges nukleáz alakítható ki belőle, ami munkánk egyik fő célja. A meglévő szerkezeti információk alapján molekulatervezéssel foglalkozó külföldi együttműködő partnereinkkel (Chris Oostenbrink, BOKU, Ausztria; Petr Bour és Lubomir Rulisek, Cseh Tudományos Akadémia, Csehország) együtt jelenleg olyan molekulák összeállításán dolgozunk, melyekben a nem specifikus DNS-kötő részt specifikus DNS-kötő fehérjékkel helyettesítjük. Ilyen, tetszőleges DNS-bázisszekvencia felismerése biztosítható a cinkuj-, illetve TALE fehérjékkel. Az előbbieket funkciójának optimalizálásával csoportunk is foglalkozik [29].

Biztonságos mesterséges nukleázokkal nemcsak az *in vitro* molekuláris biológiai kutatások segíthetők elő, hanem sejteken belül gének alakíthatók át: javíthatók, változtathatók, vagy kiüthetők, az adott célnak megfelelően. A génterápiában történő jövőbeni alkalmazás sem zárható ki, ami olyan betegségek gyógyításához vezethet, melyek ma gyógyíthatatlanok: vagy halá-



6. ábra. Az egyik vizsgált CueR modellpeptid oldatában 230 nm hullámhosszon a pH függvényében mért abszorbanciaváltozás fémion jelen- (●) és távollétében (○), illetve a $pK_s \sim 6,5$ értékkel jellemezhető deprotonálódási folyamattal egymásba alakuló részecskék feltételezett szerkezete [27]

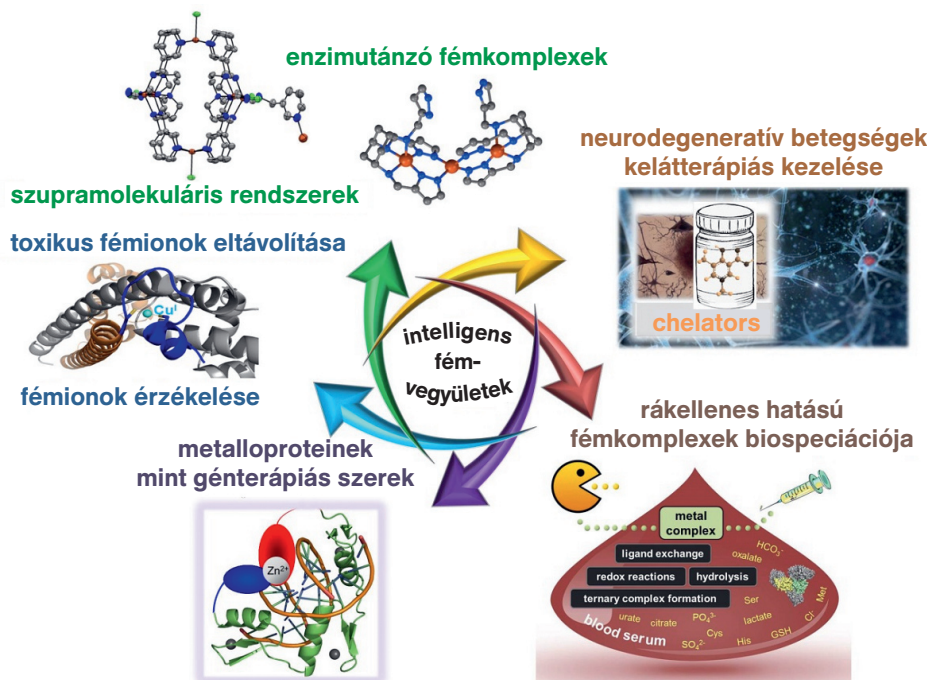
los kimenetelűek, vagy egy életen át tartó terápiát igényelnek [30].

Toxikus fémionok megkötése

A bakteriális fémion-homeosztázisban fontos szerepet játszó fémszabályzó fehérjék jelentős része a MerR családba tartozik, és a sejtek fémion-efflux, illetve detoxifikáló rendszereit transzkripció szinten aktiválják [31]. A molekulák közös jellemzője egy rövid, Cys- X_n -Cys ($n = 6-10$) fémkötő hurok a fehérje C-terminális szakaszán [32]. A MerR családba tartozó CueR (Cu-efflux regulátor) fehérjék szelektív transzkripció aktivitást mutatnak a II. csoport egyértékű fémionjainak (Cu(I), Ag(I), Au(I)) hatására, azaz az adott fémion sejten belüli koncentrációjának csökkentésében szerepet játszó fehérjék termelését indítják be. Ugyanakkor ilyen válasz kétértékű fémionok, például Hg(II) és Zn(II) esetében nem mérhető [32]. A fehérjék fémkötő szakaszának két ciszteinjé lineáris koordinációs környezetben kényszeríti az egyértékű fémionokat, a szelektív fémionfelismerésben azonban feltehetőleg más tényezők is szerepet játszanak [32]. Csoportunk egyik, néhány éve elindított kutatási iránya a MerR, s ezen belül a CueR fehérjék fémionszelektív működését meghatározó tényezők feltárását/megértését célozza. Az eredményeket olyan potenciális analitikai vagy környezatkémiai alkalmazások kifejlesztéséhez is igyekszünk hasznosítani, melyek toxikus fémionok hatékony megkötésén alapulnak. A kutatás során olyan rövid láncú oligopeptideket állítottunk elő, melyek szek-

venciái megegyeznek egyes CueR fehérjék fémkötő doménjével, vagy annak egy-két aminosavban módosított variánsai. Az előállított peptidok fémkötő sajátosságainak vizsgálata főként arra összpontosult, hogy a ligandumok két ciszteinjé mellett jelen lévő egyéb potenciális donorcsoportok (Asp/His), illetve a natív szekvenciák Pro egységeinek cseréje (P/S vagy P/H) milyen hatást gyakorolnak a Hg(II)-, Cd(II)-, Zn(II)-, illetve Ag(I)komplexeik szerkezetére és stabilitására [33-37]. A modellvizsgálatok legfigyelemreméltóbb eredménye, hogy a tanulmányozott Ag(I)-peptid rendszerekben egy $pK_s \sim 6,5$ értékkel jellemezhető fémion-indukált tiolcsoport-deprotonálódás játszódik le (6. ábra), ami jelentős eltérés a kétértékű fémionok viselkedéséhez képest, melyek pH ~ 6 -nál, vagy már savasabb körülmények között mindkét cisztein deprotonálódott tiolcsoportjához kötődnek [37]. A spektroszkópiai vizsgálatok eredményei alapján az sem zárható ki, hogy pH ~ 6 körül az Ag(I)ionokhoz mindkét cisztein tiolcsoportja kötődik, azonban ezek egyike tiolát, míg a másik tiol formában (6. ábra). Kvantumkémiai számítások alátámasztották, hogy ez akár az Ag(I)- vagy Cu(I)ionokat kötő CueR fehérjében is lehetséges [37]. Csoportunk molekuláris biológiai úton előállította az *E. coli* CueR fehérjét is [38].

Jelenleg a fehérjeszabályozott DNS komplex rendszerben a CueR Ag(I)- és Hg(II)ionokkal való kölcsönhatását jellemző különbségeket próbáljuk feltárni oldatspektroszkópiai módszerek, röntgenkristallo-



7. ábra. Az intelligens fémkomplexek szerepe az általunk vizsgált területek biológiai kémijának felderítésében

gráfiai mérések elvégzésére alkalmas egykristályok előállítása (Hg(II)ionokkal), valamint kvantumkémiai modellszámítások révén. A vizsgálatok reményeink szerint választ adhatnak arra, hogy milyen módon eredményezi a két fémion koordinációs módja/erőssége közötti potenciális különbség, illetve a fémion-koordináció révén a fehérje másodlagos/harmadlagos szerkezetében végbemenő szerkezeti változás a molekula fémion-szelektív működését.

Kilátások

Az MTA által támogatott kutatócsoport mandátuma 2017. június 30-cal lejárt, ezután tevékenységünket töretlen munkabírással tanszéki kutatócsoportként folytatjuk.

A szerkezeti változás ellenére a jövőt reményteljessé teszi, hogy sikerült a szegedi biológiai és gyógyszerkutatásokban eredményes csoportokat közös együttműködésre megnyerni fémtartalmú vegyületek gyógyszerként való alkalmazását célzó kutatások érdekében. Sikerral pályáztunk, és „Intelligens fémvegyületek” című GINOP-pályázatunk nyert, így a 2017–2020 években kicsit fellélegezhetünk az anyagiakat illetően, a kooperáció révén kialakíthatunk egy olyan együttműködési kapcsolatrendszert a társtudományokkal idehaza, a közelben, amely révén a kölcsönös és rendszeres visszacsatolásokon alapuló együttműködés termékenyítően hat a csoportok munkájára és feltétlenül meghozza ered-

ményét. A munka alapvetően a fenti témákban folyik, kiegészítve a mélyebb biológiai vizsgálatokkal, melyek eddig csak külföldi partnereink révén folytak, és gazdagodik újabb területekkel is, mint a fémionháztartás zavarainak és befolyásolásának mélyebb megismerése vagy az irányított gyógyszertranszport kihasználása a fent vázolt problémák megoldásában. A 7. ábra sematikusan mutatja, hogy mit értünk az intelligens vegyületek alkalmazásán az általunk vizsgálni kívánt különböző területek biológijának, kémijának, teljesebben biológiai kémijának megismerésében.

Itt tartunk ma, és remélhetőleg a szege-di biológiai kémiai kutatások 5 év múlva tovább öregbítik a térség hírnevét itthon és külföldön egyaránt.

IRODALOM

- [1] Gajda T., Enyedy É.A., Gyurcsik B., Jakusch T., Jancsó A., Magy. Kém. L. (2013) 12, 365.
- [2] J. C. Dabrowiak, *Metals in Medicine*, (2009) John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, United Kingdom; A. Sigel, H. Sigel, *Metal complexes in tumor diagnosis and as anticancer agents*, Marcel Dekker, 2004.
- [3] É. A. Enyedy, N. V. Nagy, É. Zsigó, C. R. Kowol, V. B. Arion, B. K. Keppler, T. Kiss, Eur. J. Inorg. Chem. (2010) 11, 1717.
- [4] É. A. Enyedy, M. F. Primik, C. R. Kowol, V. B. Arion, T. Kiss, B. K. Keppler, Dalton Trans. (2011) 40, 5895.
- [5] F. Bacher, O. Dömötör, A. Chugunova, N. V. Nagy, L. Filipović, S. Radulović, É. A. Enyedy, V. B. Arion Dalton Trans. (2015) 44, 9071.
- [6] É. A. Enyedy, O. Dömötör, K. Bali, A. Hetényi, T. Tucicardi, B. K. Keppler, J. Biol. Inorg. Chem. (2015) 20, 77.
- [7] O. Dömötör, C. G. Hartinger, A. K. Bytzek, T. Kiss, B. K. Keppler, É. A. Enyedy, J. Biol. Inorg. Chem. (2013) 18, 9.

- [8] É. A. Enyedy, É. Sija, T. Jakusch, C. G. Hartinger, W. Kandioller, B. K. Keppler, T. Kiss, J. Inorg. Biochem. (2013) 127, 161.
- [9] O. Dömötör, V. F. S. Pape, N. V. May, G. Szakács, E. A. Enyedy, Dalton Trans. (2017) 46, 4382.
- [10] Jakusch T., Hollender D., Enyedy É.A., Gonzáles CS, Montes-Bayón M, Sanz-Medel A, Costa Pessoa J, Tomaz I, Kiss T., Dalton Trans. (2009), 38, 2428.
- [11] Correia I., Jakusch T., Cobbinna E., Mehtab S., Tomaz I., Nagy N. V., Rockenbauer A., Costa Pessoa J., Kiss T., Dalton Trans. (2012) 41, 6477.
- [12] Jakusch T., Costa Pessoa J., Kiss T., Coord. Chem. Rev. (2011) 255, 2218.
- [13] Katherine H. Thompson, Licher J., LeBel C., Scaife M. C., McNeill J. H., Orvig C., J. Inorg. Biochem. (2009), 103, 554.
- [14] K. P. Kepp, Chem. Rev. (2012) 112, 5193.
- [15] A. Lakatos, É. Zsigó, D. Hollender, N. V. Nagy, L. Fülöp, D. Simon, Z. Bozsó, T. Kiss, Dalton Trans. (2010) 39, 1302.
- [16] A. Lakatos, B. Gyurcsik, N. V. Nagy, E. Wéber, Z. Csendes, L. Fülöp, T. Kiss, Dalton Trans. (2012) 41, 1713.
- [17] T. Kiss, T. Jakusch, B. Gyurcsik, A. Lakatos, É. A. Enyedy, É. Sija, Coord. Chem. Rev. (2012) 256, 125.
- [18] F. Matyuska, A. Szorcsik, N. V. May, Á. Dancs, É. Kovács, A. Bényei, T. Gajda, Dalton Trans. 2017, 46, 8626.
- [19] Gajda T., Szorcsik A., Dancs Á., Matyuska E.: Polidentát tripodális ligandumok biomimetikus fémkomplexei Magyar Kémiai Folyóirat (2017),123, 94.
- [20] A. Szorcsik, F. Matyuska, A. Bényei, N.V. Nagy, R.K. Szilágyi, T. Gajda, Dalton Trans. (2016) 45, 14998.
- [21] F. Matyuska, N. V. May, A. Bényei, T. Gajda, New J. Chem. (2017) 41, 11647.
- [22] Á. Dancs, N. May, K. Selmezi, Zs. Darula, A. Szorcsik, F. Matyuska, T. Páli, T. Gajda, New J. Chem. (2017) 41, 808.
- [23] Á. Dancs, K. Selmezi, I. Bányai, Zs. Darula, T. Gajda, Inorg. Chim. Acta, 2017, in press (DOI: 10.1016/j.ica.2017.06.049)
- [24] A. Czene, E. Németh, I. Gy. Zóka, N. I. Jakab-Simon, T. Körtvélyesi, K. Nagata, H. E. M. Christensen, B. Gyurcsik, J. Biol. Inorg. Chem. (2013) 18, 309.
- [25] A. Kolozsi, A. Jancsó, N.V. Nagy, T. Gajda, J. Inorg. Biochem. (2009) 103, 940.
- [26] N. I. Jakab, A. Jancsó, T. Gajda, B. Gyurcsik, A. Rockenbauer, J. Inorg. Biochem. (2008) 102, 1438.
- [27] N. I. Jakab, O. Lórinz, A. Jancsó, T. Gajda, B. Gyurcsik, Dalton Trans. (2008) 6987.
- [28] B. Gyurcsik, A. Czene, H. Barát-Jankovics, N. I. Simon-Jakab, K. Slaska-Kiss, A. Kiss, Z. Kele, Protein Exp. Pur. (2013) 89, 210.
- [29] E. Németh, M. Kozísek, G. K. Schilli, B. Gyurcsik, J. Inorg. Biochem. (2015) 151, 143.
- [30] E. Németh, G.K. Schilli, G. Nagy, C. Hasenhihl, B. Gyurcsik, C. Oostenbrink, J. Comp-Aid. Mol. Des. (2014) 28, 841.
- [31] B. Gyurcsik, A. Czene, Future Med. Chem. (2011) 3, 1935.
- [32] Z. Ma, Faith E. Jacobsen, D. P. Giedroc, Chem. Rev. (2009) 109, 4644.
- [33] A. Changela, K. Chen, Y. Xue, J. Holschen, C. E. Outten, T. V. O'Halloran, A. Mondragon, Science (2003) 301, 1383.
- [34] A. Jancsó, D. Szunyogh, F. H. Larsen, P. W. Thulstrup, N. J. Christensen, B. Gyurcsik, L. Hemmingsen, Metallomics (2011) 3, 1331.
- [35] A. Jancsó, B. Gyurcsik, E. Mesterházy, R. Berkecz, J. Inorg. Biochem. (2013) 126, 96.
- [36] D. Szunyogh, B. Gyurcsik, F.H. Larsen, M. Stachura, P.W. Thulstrup, L. Hemmingsen, A. Jancsó, Dalton Trans. (2015) 44, 12576.
- [37] D. Szunyogh, H. Szokolai, P.W. Thulstrup, F.H. Larsen, B. Gyurcsik, N.J. Christensen, M. Stachura, L. Hemmingsen, A. Jancsó, Angew. Chem. Int. Ed. (2015) 54, 15756.
- [38] R. K. Balogh, B. Gyurcsik, E. Hunyadi-Gulyas, H. E. M. Christensen, A. Jancsó, Protein Expr Purif. (2016) 123 90.



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

■ MTA Könyvtár és Informatikai Központ | braun@mail.iif.hu

Kritikus helyzetben a világ ritkaföldfém-ellátása

Mítosz vagy valóság?

Előszó

Valószínűleg rövid magyarázatra szorul jelen dolgozat kezdőszava. Ugyanis más vonatkozásokban használt értelmezése miatt a „kritikus” szó itt félreérthető lehetne. Említhettük volna helyette a „kockázatos” vagy „veszélyes” kifejezéseket. A „kritikus” szót azért tartottuk meg, mert dolgozatunk tetemes méretű angol nyelvű szakirodalmában a „critical” kifejezés, azaz pontosabban a „critical rare earth elements”, „criticality of rare elements” nagyon gyakran fordul elő. Persze itt a kritikus helyzetet nemcsak a ritkaföldfémekre értjük, hanem azokra a nyersanyagokra (érccek, ásványok) is, amelyekből ezeket a fémeket kinyerik. Sőt, néha óhatatlanul a ritkaföldfémek kritikus helyzetét ki kell egészíteni más fémek kritikus helyzetével.

Meg kell jegyezzük, hogy a nyersanyagok kimerülésétől, csökkenő mennyiségeitől való félelmek nem mai eredetűek. Talán legfenyegetőbbben Meadows és munkatársai világszerte ismert, *Limits to Growth* című bestsellerében jelentkeztek komolyan már 1972-ben [1]. Ami a történelmi távlatot érinti, meg kell említsük még Jevons (1865) *The Coal Question: can Britain survive?* című monográfiáját [2], amiben többek között az akkor kifogyóban lévő brit széntartalékok csökkenő tendenciáját hangsúlyozták, lévén, hogy a kőszén a történelem folyamán döntő szerepet játszott Anglia iparosodásában. Dennis Meadows és társai arra utaltak említett könyvükben, hogy számos fém, például platina, arany vagy ólom nem tudta már a keresletet megnyugtatóan kielégíteni. Még azt is hozzátették, hogy az akkori ezüst-, cink- és uránellátás, a magas árak mellett, már a 20. században hiányossá válhatna. A *Limits to Growth* az említett előrejelzéseket adta a 70-es években nagy nemzetközi tekintélyre szert tett *Római Klubnak* [2]. Meadowsék, többek közt, azt közvetítették, hogy felhasználásnövekedés eredményeként az akkori alumíniumtartalékok már csak 31 évre lesznek elegendőek, azaz az alumíniumtartalékok már 2003-ra teljesen kimerülnek. Mint ismert, ezek az előrejelzések nem váltak be, főleg azért, mert nem megfelelő indikátorokon alapultak. Az alumíniumon kívül Meadows és munkatársai számos más nyersanyag kimerülését is meghatározták. Például az ólom esetében 26 évet, cinkre és ónra 23, illetve 17 évet, ezüstre és higanyra 16, illetve 13 évet és aranyra 11 évet jósltak. Ennek tükrében az említett nyersanyagok egyike sem állna már rendelkezésre manapság.

Nyilvánvaló, hogy, mint említettük, azok az indikátorok, amiket Meadowsék használtak, nem voltak megfelelőek valamely

nyersanyag kiapadásának jelzésére. Mint a későbbiekben említésre kerül, a nyersanyagok, különösképpen a ritkafémek és érc-tartalékaik kimerülésének becslésére időközben sokkal megbízhatóbb indikátorokat javasoltak [4]. A *Limits to Growth* adatainak és állításainak másik bírálata, amit maguk a Római Klub tagjai is ismertettek, az volt, hogy a műben nem emelték ki eléggé a tudomány és a technika fejlődését, amellyel a nyersanyag-gazdálkodást egyensúlyban tartható.

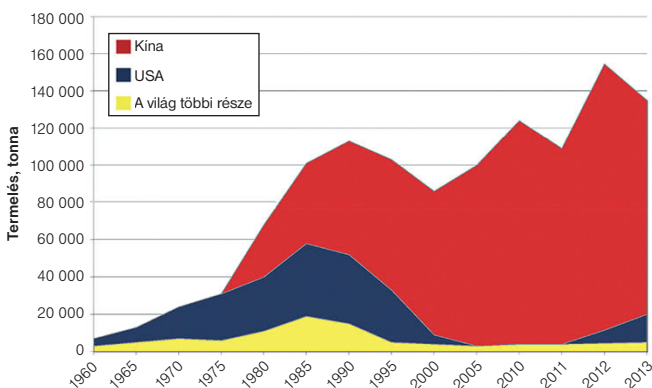
A fentieket meggyőzően bizonyítja, hogy Meadows és munkatársai művét és annak javaslatait jó ideje nem említik a Római Klub nyilatkozatai. Ezt erősíti meg *Simon* könyve is: „Natural resources are not finite in any meaningful economic sense ... but rather are expanding through human ingenuity” [5]. A címben említett *kritikus* „fogalom” legegyszerűbb definícióját *Alex King*, a US Department of Energy, Ames. Lab. igazgatója adta meg, aki szerint „critical refers to the stuff you need the most but can't get enough of” [6].

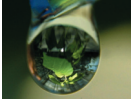
Jelen dolgozat részint körbejárja a ritkaföldfémeket és alkalmazásaikat, majd ismerteti ezen fémek utánpótlásának jelenlegi kritikus helyzetét, valamint elemzésre felvetett lehetőségeket. Természetesen nem törekedhetünk teljességre, de érdeklődő inyen-cek részére megemlítünk néhány kitűnő monográfiát [7–9].

Bevezetés

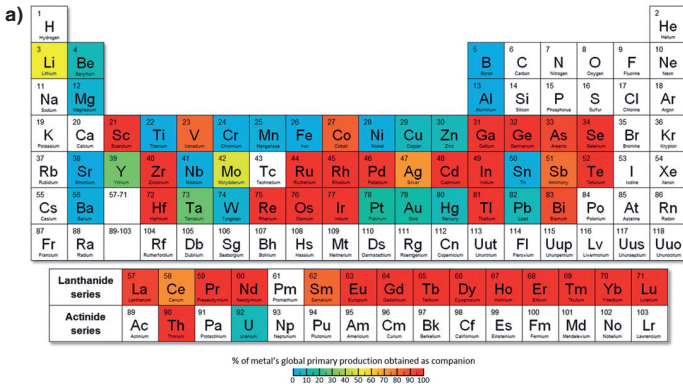
A műszaki fejlődés közelmúlt évtizedek alatt bekövetkezett növekedése részben azért is vált lehetségessé, mert az elemek periódusos rendszeréhez tartozó számos ritkaföldfém új funkciók és

1. ábra. A világ ritkaföldfém-termelése [10]

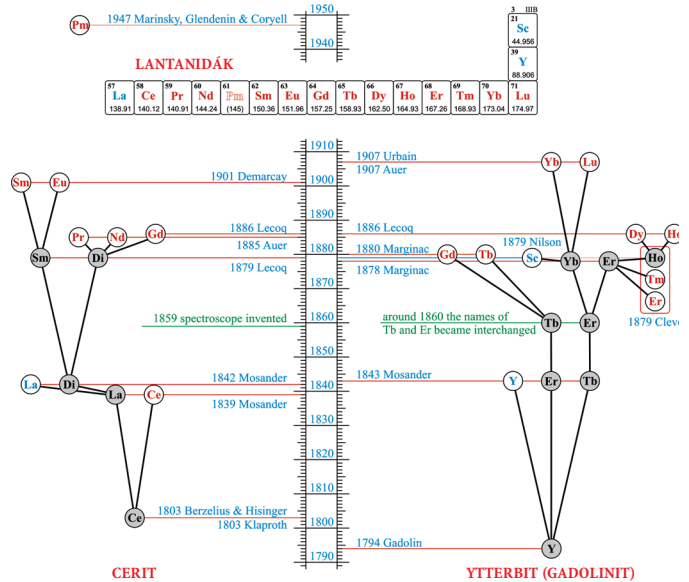




feladatok ellátására vált alkalmassá. Növekvő aggodalmak jelentkeztek viszont ezen fémek néhányának megnyugtatóan folyamatos utánpótlásáról. Ezeknek az aggodalmaknak fő alapja az, hogy aránylag nagy részük csak néhány geopolitikai régió ércfeldolgozásának (1. ábra) melléktermékeként állítható elő, ezáltal lehetlenné téve a szükségletek gyors és általános kielégítését.



2. ábra. a) A fémek együttjárásának periódusos rendszere; kék: alapelemek, piros: vendégelemek %-os előállítás [6]. b) A fémek együttjárása ércekből [39]



3. ábra. A ritkaföldfémek felfedezésének rövid kronológiája [11]

földfémek elnevezés megtévesztő, mivel azt sugallja, hogy ezek földes anyagok, ami nem egyértelmű. Hogy ennél maradjunk, a „föld” szó régebben oxidos anyagot, gyakorlatban fém-oxidot, azaz olyan vegyületet jelzett, aminek az egyik tagja oxigén volt. A fentieknél még zavaróbb a „ritka” melléknév használata, aminek Rainers [13] szerint leginkább etimológiai alapja van, mivel a „ritka” jelzést a 18. század végétől valamilyen furcsa, különleges, meglepő dolognak tekintették. A ritkaföldfémeket általában két csoportra osztják, a könnyű és a nehéz ritkaföldfémekre. Ebben a vonatkozásban nincs teljes egyetértés a különböző intézmények között, mint ahogy az a 4. ábrán látható. A ritkaföldfémek említett két csoportra való osztásában főleg kémiai tulajdonságaiknak van szerepük. A nehéz ritkaföldfémekhez hasonlítva az ércekből a könnyű földfémek nagyobb koncentrációban találhatók, mivel azok nagyobb ionrádiuszai elválasztva tartják őket más elemektől. Továbbá a páros atomszámú ritkaföldfémeknek általában nagyobb a gyakoriságuk, mint a páratlanoknak. Az elemek kémiai hasonlósága többszörös ritkaföldfém-elem jelenlétéhez vezet egy adott ásványmintában, és ezáltal szélesebb eloszlásban szerepelnek a földkéregben. Végül a nagyobb atomszámú elemeknek, általában néhány kivételtől eltekintve, magasabb az olvadáspontja. Például a cérium a legkönnyebb ritkaföldfém, olvadáspontja 798 °C, miközben a lutécium a legnehezebb ritkaföldfém, olvadáspontja az említettnek kétszerese, azaz 1663 °C.

4. ábra. Könnyű és nehéz ritkaföldfémek besorolása különböző intézmények által [14]

Ritkaföldfémek	Colloquial Industry Reference	British Geological Survey (BGS)	U.S. Geological Survey (USGS), NI 43-101, JORC
Scandium (Sc)			
Lanthanum (La)	KÖNNYŰ RITKAFÖLDFÉMEK	KÖNNYŰ RITKAFÖLDFÉMEK	KÖNNYŰ RITKAFÖLDFÉMEK
Cerium (Ce)			
Praseodymium (Pr)			
Neodymium (Nd)			
Promethium (Pm)			
Samarium (Sm)	NEHÉZ RITKAFÖLDFÉMEK	NEHÉZ RITKAFÖLDFÉMEK	NEHÉZ RITKAFÖLDFÉMEK
Europium (Eu)			
Gadolinium (Gd)			
Terbium (Tb)			
Dysprosium (Dy)			
Holmium (Ho)			
Erbium (Er)			
Thulium (Tm)			
Ytterbium (Yb)			
Lutetium (Lu)			
Yttrium (Y)			

A ritkaföldfémek és alkalmazásai

A ritkaföldfémekhez [12] a következő 17 elem tartozik: szkandium (Sc) (amit például a US Geological Service kizár a ritkaföldfémek közül), ittrium (Y) és 15 lantanoida (Ln). Ezek: lantán (La), cérium (Ce), prazeodímium (Pr), neodímium (Nd), prométium (Pm), samárium (Sm), európium (Eu), gadolínium (Gd), terbium (Tb), diszpróziium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), túlium (Tm), itterbium (Yb) és lutécium (Lu) (3. ábra). Maga a ritka-



Elem	Felső kéreg (µg/g)	Középső kéreg (µg/g)	Alsó kéreg (µg/g)	Teljes kéreg* (µg/g)	Földkéreg (ppm)	Föld (ppm/ppb)
Sc	14	19	31	21,9	20	10,1 ± 2 ppm
Y	21	20	16	19	31,5	2,4 ± 0,2 ppm
Cu	28	26	26	27	68	64,7 ± 5 ppm
La	31	24	8	20	35	415 ± 10 ppb
Ce	63	53	20	43	68	1088 ± 20 ppb
Pr	7,1	5,8	2,4	4,9	9,5	165 ± 5 ppb
Nd	27	25	11	20	40	814 ± 10 ppb
Sm	4,7	4,6	2,8	3,9	7,5	259 ± 3 ppb
Dy	3,9	3,8	3,1	3,6	6,2	424 ± 10 ppb
Tb	0,7	0,7	0,48	0,6	1,2	66,6 ± 5 ppb
Lu	0,31	0,4	0,25	0,3	0,81	42,5 ± 2 ppb
<hr/>						
Pt	0,5	0,85	2,7	1,5	0,004	1562 ± 40 ppb
Au	1,5	0,66	1,6	1,3	0,0041	102 ± 20 ppb

1. táblázat. A földkéreg ritkaföldfém-koncentrációja

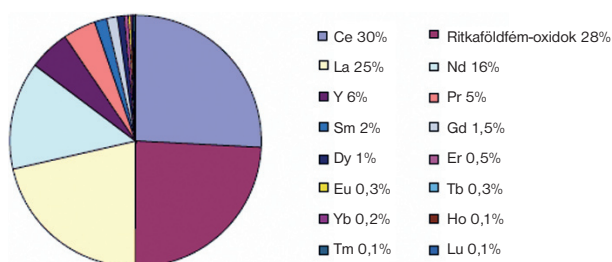
* A három réteg koncentrációjának rétegvastagság szerint súlyozott átlaga.

Jelenleg számos ritkaföldfém-koncentrációt tartalmazó táblázat áll rendelkezésre különböző adatokkal és földrajzi származással. Ennek megfelelően egymással egyező koncentrációlisták nem lelhetők fel. Egyes szerzők adatokat publikáltak a kontinentális kéreg összetételéről és különböző földrajzi területeiről [16]. Ezek a szerzők ismertették a földkéreg felső, középső és alsó rétegének ritkaföldfém-koncentrációit. Mint ahogy az **1. táblázatban** látható, egyesek a kevésbé gyakori lutécium és túlium ritkaföldfém koncentrációját a platina és arany mögé helyezték. Binder [17] viszont említetteket a platina elé listázta. *Allegre és társai* [15] ellenben az elsőként említett szerzők adatait igazolták.

Annak dacára, hogy a legtöbb ritkaföldfém nem ritka, szétszórva van jelen a földkéregben, például a vas-, foszfát- vagy réz-arany-üledékekkel összefonódva. Ugyancsak előfordulnak olyan alluviális üledékekben is, amelyeket a vulkanikus ércek hosszú lejárátú eróziója képzett. Ez magyarázza megjelenésüket brazil és indiai tengerpartok fekete homokjában. Mint az **1. táblázatban** láttuk, a szakirodalomban nézeteltérések vannak a földkéregben lévő ritkaföldfémek koncentrációjában.

Egyes ritkaföldfémek, például a prométium nem található meg a Földön, kivéve a nukleáris reaktorokat. A reaktorból származó prométiumot fel is használják szívritmus-szabályozók akkumulátoraiban és lumineszcens festékekben, órák mutatóin [18]. Mások, mint a túlium, olyan ritkák, hogy csak néhány kilogramm választható el belőlük 500 tonna ritkaföldfémekben gazdag ércből [19]. A prométiumot sokszor kizárják a ritkaföldfém-csoportból,

5. ábra. Ritkaföldfémek előállítására a világon 2010 és 2015 között [26]

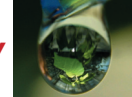


mivel, mint említettük, szintetikus radioaktív elem, ami az urán nukleáris hasadásakor képződik, és a Földön csak reaktorok kiégett nukleáris fűtőanyagában található. A ritkákhoz tartozik még a szkandium, ami annyira nehezen választható el a többi ritkaföldfém-től és az urántól, hogy évi globális forgalma nem haladja meg a néhány száz kilogrammot. Kivételes mágneses és vezetőképes tulajdonságaik révén a lágy és képlékeny ritkaföldfémek nélkülözhetetlenek egy egész sor fejlett technológiai alkalmazásban, amelyek alapvetőek a jelenkori globalizált műszaki életben (**5. ábra**).

A globális pénzügy, internet, távközlés, műholdas megfigyelés, olajszállítás, repülőgépek hajtóművei, televíziók és GPS nem működtethetők ritkaföldfémek nélkül. Feltétlenül szükséges komponensei az olyan zöld technológiáknak, mint szél-turbinák [20], napelemek és hibrid fűtőelemes akkumulátorok [21]. Jelen-tősek a nanotechnológiák fejlődésében és gyakori alkalmazást találnak az olyan elektronikus berendezésekben, mint az okos-telefonok (**6. ábra**), merevlemez és lapos képernyők [22]. Nem beszélhetünk „egyedi ritkaföldfém-piac”-ról, inkább többszörös piacok működnek a 17 elem és kombinációik esetében széles és eltérő hozzáférhetőségekkel és alkalmazásokkal. A ritkaföldfémek bizonyos nélkülözhetetlenséget tükröznek, mert látszólag nagyon kis mennyiségekben vagy bonyolult alkalmazásokban mindenütt jelen vannak. A leggyakoribban más elemekkel együtt használják

6. ábra. Okostelefonok ritkaföldfém-tartalma [27]

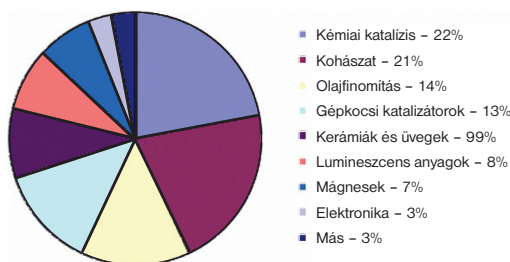




fel őket, például vas-, vagy nikkelötvözetekben, annak érdekében, hogy azokat jobba, erősebbé, gyorsabbá és könnyebbé tegye.

A tudományos közbeszédben a ritkaföldfémek hozzáadását más elemekhez „doppingolásnak” (dópolásnak) nevezik a sportteljesítmény növelésére használt szereket leíró szlengből kölcsönözve. A német iparban „fűszer” fémekként említik őket [23]. A United States Geological Services (USGS) „vitaminoknak” írja le őket, mert más elemekhez hozzáadva olyan tulajdonságokat hoznak létre, amelyek nem valósulhatnak meg nélkülük. Japánban a következő metaforával jellemzik őket: „Az olaj a vér, az acél a test, a ritkaföldfémek a modern gazdaság vitaminjai” [24]. Ezek a metaforák közvetítik azt az érzést, amelyet általában az aránylag kis (de nem mindig kis) mennyiségek hozzáadását igazolják bizonyos hatás elérésére. Mindezek ellenére a felhasználói elektronika anyagszükségletét csak kis százalékban adják a ritkaföldfémek. Néhány ritkaföldfém lelőhelyén, világeloszlásuk révén (1. ábra), lényegében rendkívül heves politikai, gazdasági indulatok váltanak ki ritkaságuk kapcsán. Ezek a szenvedélyek általában olyan helyekről indulnak ki, amelyeken a ritkaföldfémek aránylag bőségesek, mint Kína, Brazília és az Egyesült Államok.

A 20. század aranykorszaknak tűnt a ritkaföldfémek kutatására, lévén, hogy óriási volt az érdeklődés felhasználásukra, a politikai és gazdasági problémák ellenére. De 1980 előtt a ritkaföldfémek zömét még nem használták az elektronikában. A legtöbb alkalmazást eleinte a katalízisben, az üvegekben és kerámiákban, valamint a kohászatban valósították meg [25]. Csak a kései 80-as és korai 90-es években terjedt el alkalmazásuk a távközlésben és a felhasználói elektronikában (7. ábra) [26–28]. Ezeken a terüle-



7. ábra. Ritkaföldfémek ipari felhasználása [28]

teken például a neodímium ma már különösen fontos. Különleges mágneses tulajdonságai révén például lehetővé tette a számítógépek merevlemezeinek és hangszóróinak miniaturizálását. Nélküle ma nem használhatnánk személyi számítógépeket, okostelefonokat és fülbe illeszthető hangerősítőket, amelyekből világszerte több milliárd darabot használnak [29]. Semmilyen más anyag nem közelíti meg például a neodímiummal dópolt mágnesek erejét, és talán ennek említése demonstrálja a legjobban a ritkaföldfémek sokat ígérő alkalmazásait. Nagyon erős neodímiummágnesek szükségesek az eredményes megújuló energia-technológiákhoz, beleértve a hibrid fűtőelem-akkumulátorokat, víz- és szél-turbinákat, valamint napelemeket. Egy 2 MW-os szél-turbina körülbelül 360 kg neodímiumot és 60 kg diszpróziomot, míg egy 3 MW-os 1800 kg ritkaföldfémeket tartalmaz [30]. Hogy ezt a környezetvédelem szemszögéből ábrázoljuk: minden tonna előállított ritkaföldfém körülbelül 1 tonna radioaktív selejtet és 75 m³ savas szennyvizet, valamint 1200 m³ fluorsav-, kén-dioxid- és kénsavhulladékot és körülbelül 8,5 kg fluort hoz létre [31].

A neodímium- és neodímiumötvözetek alapvető fontosságúak a korszerű haditechnikában. A cirkálórákéták, okosbombák és drónok ezek mellett tartalmaznak prazeodímiumot, terbiumot,

szamáriumot és diszpróziomot. Ittriumot, európiumot és terbiumot használnak a célzáshoz és a detektáláshoz a radar-, szonár- és sugárzásdetekciós berendezésekben a hadviselésben. Ugyanezeknek a ritkaföldfémeknek az optikai tulajdonságait használják ki az orvosi képalkotó berendezésekben, például a röntgen- és NMR-készülékekben.

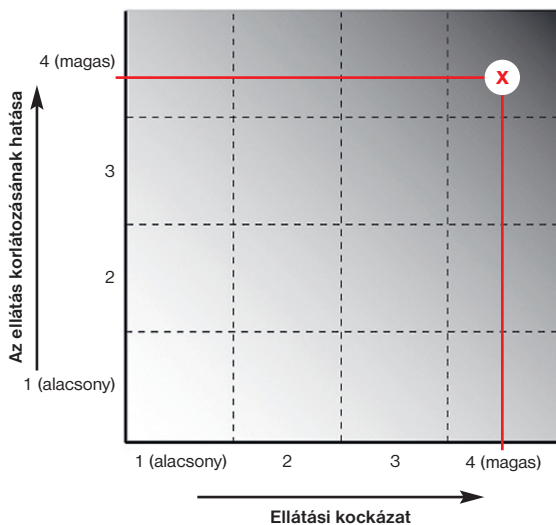
A ritkaföldfémek elválasztásának forradalmasítása Kínában, és annak politikai háttere

A ritkaföldfémek lelőhelyeinek és ipari gyártásának kérdése már a 19. század végétől összefonódott a politikával, az imperializmussal és militarizmussal. A politikai aspektusokat a hidegháború kritikus módon formálta. A nukleáris fegyverkezési verseny jelentősen függött a ritkaföldfémektől [32]. De pozitívumként említhetjük, hogy például a jelenlegi rákelleni harcban a ritkaföldfémek is részt vesznek [33]. Ugyanakkor az olajkutatás, -fűrés, -szállítás és -finomítás technológiai jelentősen építenek a ritkaföldfémek vezetőképeségei és mágneses tulajdonságaira [34]. A ritkaföldfémek, mint már említettük, szétszórtságuknál fogva csak a világ néhány országában bányászhatók és termelhetők eredményesen, amint az 1. ábra mutatja. Azok az országok, amelyekről szó van, bizonyos hatalmi monopóliumot is igyekeztek kialakítani a ritkaföldfémek előállítására és forgalmazására, és ez számos diplomáciai feszültséget és politikai manőverezést eredményezett. Mint említettük, a valóságban a nukleáris versengés a ritkaföldfémektől jelentősen függött elemi és elválasztási vonatkozásban is. Kína első nukleáris fegyvertesztelése után 1964-ben a központi kormány vezetői teljes átrendezést rendeltek el az ország ritkaföldfém-kutatásában és -fejlesztésében. Ebben hangsúlyosan meg kell említenünk egy kínai tudományos kutató, *Xu Guangxian* szerepét, aki, miután *Mao* elnök kulturális forradalma alatt alaposan meghurcolták, visszatért az egyetemi kutatáshoz, és 1974-ben kidolgozta a ritkaföldfémek egyszerűbb és olcsóbb elválasztásához a „kaszád ellenáramú folyadék-folyadék extrakció” elméletét és gyakorlatát. Ez az eljárás 99,99%-os tisztaságú ritkaföldfémek elválasztását tette lehetővé, és forradalmasította Kína és más országok ritkaföldfém-termelését a 70-es évek végén. *Guangxian* akadémikus lett Kínában, elméletét és módszerének lényegét, valamint műszaki megvalósításának részleteit jól tükrözik az általa és mások által közölt publikációk [35–39].

A fentiekben csak röviden tettünk említést politikai vonatkozásokról, és ezekben itt nem is kívánunk elmélyedni. Az a kérdés, ami e dolgozat címében szerepel, részben vagy teljes egészében említett politikai szövődmények eredménye, más szóval, a kritikus helyzet, amiről említést tettünk, egyenes következménye a Kínával és más országokkal kapcsolatos globális gazdaságnak és politikumnak [40].

A „kritikus ellátás” értékelése

Egy nyersanyag „kritikus helyzetét” akkor értékelhetjük [41–47], ha az ellátási hiány kockázata és annak hatása a gazdaságra nagyobb a legtöbb más nyersanyaghoz hasonlítva (Európai Bizottság, 2010). Ahhoz, hogy „kritikus helyzetbe” kerüljön, egy ércnek vagy ritkaföldfémnek egyaránt lényegesnek kell lennie, és tárgya kell legyen ellátási korlátozásoknak (National Research Council, 2007). A „kritikus helyzet” általában mátrixként mutatható be. A 8. ábrán ilyen alapmátrixot láthatunk, amin a két fő értékelési tényező szerepel. Az egyik tényező az ellátás korlátozásának a

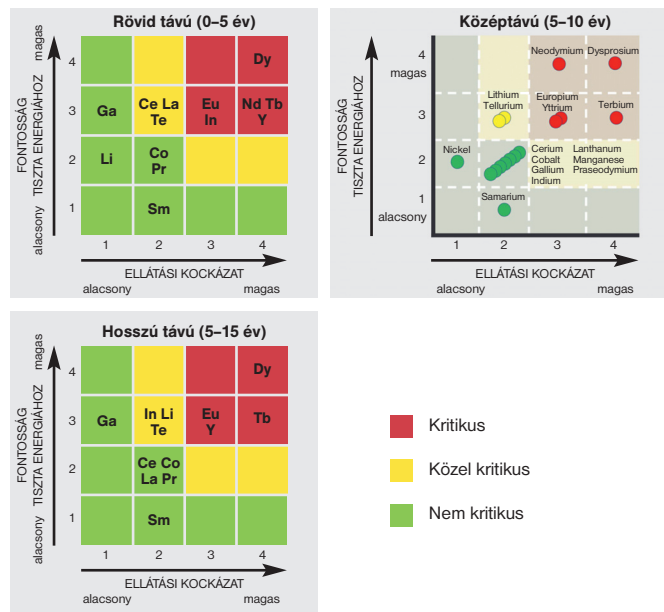


8. ábra. A „kritikus helyzet” ábrázolására használt mátrix mintája [42]

hatása, a másik a folyamatos ellátás biztosításának a kockázata. Mint az ábrán látható, a koordinátákon 1-től 4-ig (alacsony, illetve magas) értékek szerepelnek. A feltüntetett értékeket az azokon jelzettek szempontjából számos önkényes tényező tekintetbevételével határozták meg. Ezek között szerepelhetnek az értékelt fém vagy érc geológiai, műszaki, környezeti, társadalmi, politikai és gazdasági ismérvei. Az értékeléseknél feltétlenül tekintetbe kellett venni az időtényezőt is. Ennek megfelelően a 8–12.

2. táblázat. A 8–12. ábrákon szereplő ritkaföldfémek és más fémek kritikusságának összefoglalója

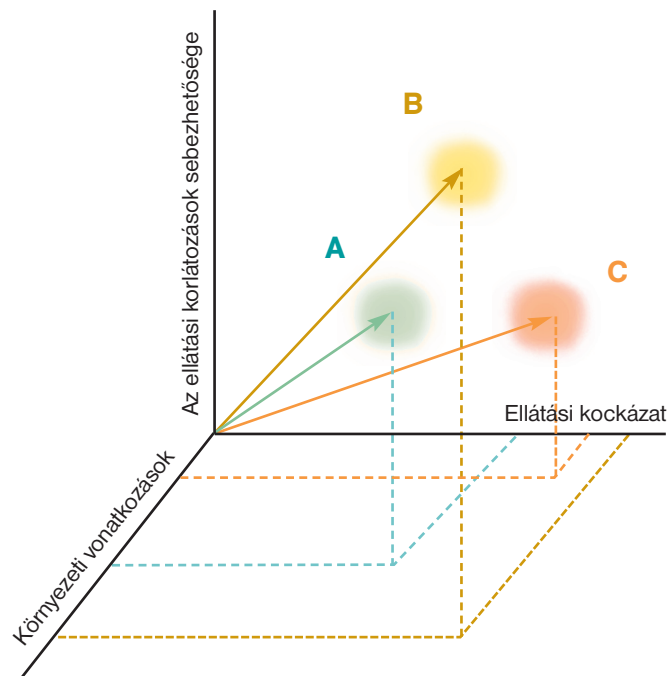
RÖVID TÁVON	KÖZEPES TÁVON
Kritikus	Kritikus
Diszpróziium	Diszpróziium
Európium	Európium
Neodímium	Neodímium
Terbium	Terbium
Ittrium	Ittrium
Kritikus közeli	Kritikus közeli
Cérium	Lítium
Indium	Tellúr
Lantán	
Tellúr	
Nem kritikus	Nem kritikus
Kobalt	Cérium
Gallium	Kobalt
Lítium	Gallium
Mangán	Indium
Nikkel	Lantán
Prazeodímium	Mangán
Szamárium	Nikkel
	Prazeodímium
	Szamárium

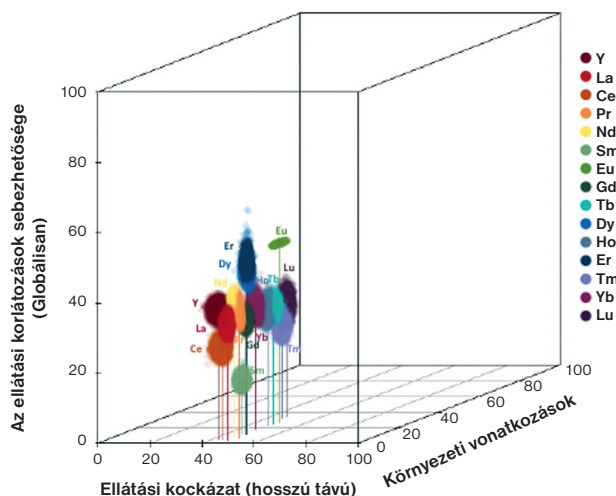
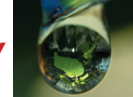


9. ábra. A ritkaföldfémek rövid, közép- és hosszú távra vonatkozó ellátási kockázatának mátrixdiagramjai [46] [47]

ábrákon szereplő diagramokon a ritkaföldfémek rövid, közepes, illetve hosszú távú kritikus helyzetét mutatják be. Természetesen a koordinátákon más tényezők is szerepelhetnek. Mint a 8–12. ábrákon és az azokon szereplő ritkaföldfémek és más elemek kritikusságát összefoglaló 2. táblázatban látható, a legritkább (rövid és közepes távon) elemek a diszpróziium, az európium, a neodímium, a terbium és az ittrium. A rövidtávú és a középtávú között a tiszta energia előállításának és ellátási kockázatai eltolódnak bizonyos fémek esetén. Például a neodímium fontossága a tiszta energia előállításában növekszik. Ugyanitt csökken az európium, a terbium és az ittrium fontossága. Mindezen változások ellenére a neodímium, az európium, a terbium és az ittrium ellátása kritikus marad közepes távon. A még behatóbb értékelések ér-

10. ábra. A ritkaföldfémek kritikusságának elemzését szolgáló diagram. A, B, C = ritkaföldfém elemek [48]



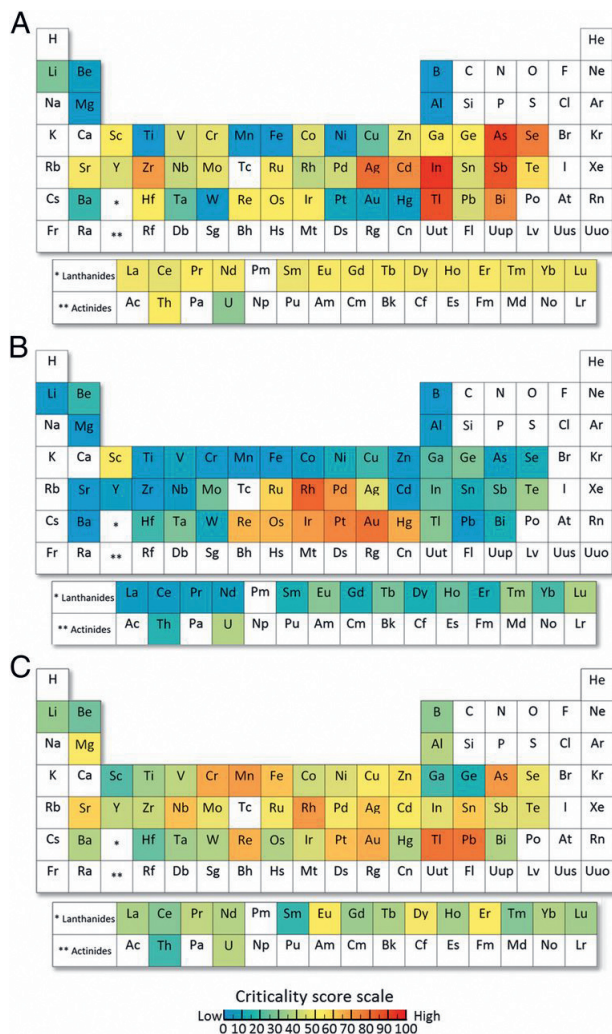


11. ábra. 15 ritkaföldfém kritikuságának elemzése 3D mátrix alapján [57]

dekében a közelmúltban a Yale Egyetem kutatói az említett mátrixok kétdimenziós értékelési lehetőségeit 3D-re bővítették (10. ábra) [48]. Mint az ábrán látható, az újabb koordinátán szereplő tényező az ellátási korlátozások sebezhetősége. A ritkaföldfémek

12. ábra. A ritkaföldfémek és más fémek kritikusága.

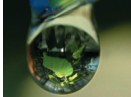
A: ellátási kockázat szerint, B: környezeti vonatkozások szerint, C: az ellátási korlátozások sebezhetősége szerint



Utószó

Itt kell megemlítenünk, bár valószínűleg az összes fentebb leírtaktól kitűnik, hogy a ritkaföldfémek szakirodalmi szokatlanul nagyméretű, és abból csak a dolgozat témájához legközelebbi részleteket emeltük ki és ismertettük. Mint előzőleg említettük, a ritkaföldfémek előállításának nehézsége, valamint gyakorlati alkalmazásai rendkívül rohamos fejlődése révén a ritkaföldfémek témája a más tudományos kutatási témáktól eltérően szokatlanul szoros összefüggésbe került a globális gazdasággal és politikummal [40]. A továbbiakban válaszolni igyekszünk az írás alcímében is felvetett kérdésre. Ennek érdekében felsorolunk néhány, a kérdésre vonatkozó tudományos dolgozatot. Kezdjük a *Mineral resources: Exhaustion is just a Myth* cíművel. Ebben a dolgozatban szó szerint kimondják: „Some scientists have declared that *mineral deposits containing important non renewable resources will be exhausted* in a few decades if consumption does not decrease. *Reaching the opposite conclusion*, the international team of researchers (from the Université de Genève) shows that even though mineral resources are finite, geological arguments indicate that they are sufficient for at least many centuries, even taking into account the increasing consumption required to meet the growing needs of society. [49]” (Bizonyos kutatók azt nyilatkozták, hogy a nem megújuló tartalékokat tartalmazó fontos ásványlerakatok *kimerülnek néhány évtized múlva*, amennyiben a fogyasztás nem csökken. *Az ellenkező következtetésre* jutó nemzetközi kutatói csoport (Genfi Egyetem) kimutatta, hogy annak ellenére, hogy az ásványi források végesek, geológiai érvek arra mutatnak, hogy azok elegendőek legalább néhány évszázadra, még a növekvő társadalmi szükségletek kielégítését tekintetbe véve is.) De ugyanolyan gondolatmenetben említhetjük a következő cikkeket: *Myths and facts about the Rare Earth* (Mítoszok és tények a ritkaföldfémekről) [50], *Critical Metals Myths, Markets and Geopolitics* (Kritikus fémek, mítoszok, piacok és geopolitika) [51], *Clean Energy and the Rare Earth: Why not to Worry* (Tiszta energia és ritkaföldfémek: miért ne aggódjunk) [52], *The scarcity illusion – rare earth elements* (A hiány illúziója – ritkaföldfémek) [53], *Correcting the Record: Myths and Facts about the Rare Earths Supply Chain* (A nyilvántartás javítása: mítoszok és tények a ritkaföldfémek ellátási láncolatáról) [54].

Mint látjuk, a ritkaföldfémek kritikus helyzete egyesek szerint mítosz, mások szerint valóság, és mindkét meglátást jelentősen befolyásolja a mindenkori világpolitika, valamint a ritkaföldfém ellátásának kínai monopóliuma [55, 56].



Függelék

A ritkaföldfém-termelés jövője

A dolgozatban többször említett fontosságuk miatt a technológia fejlődése, valamint a ritkaföldfémek előállításának nehézsége és kritikus helyzete következtében a ritkaföldfémek előállítása könnyebb, olcsóbb megvalósítására számos helyen folynak intenzív tudományos kutatások. Ezen sokirányú erőfeszítései, a tervek és elképzelések közül itt csak kettőt említenénk. Az egyik a biobányászat és biokioldás (biomining, bioleaching) igénybevétele a ritkaföldfémek előállítására [58–60]. Biobányászatnak és biokioldásnak azt a folyamatot nevezik, amelyben fémek kioldását kívánják ásványi forrásaikból, ércekből a természetben előforduló mikroorganizmusokkal, vagy mikroorganizmusok igénybevételével elemek helyét változtatják meg úgy, hogy az érintett elemek vízzel, savakkal vagy oldószerekkel elválaszthatók, illetve kinyerhetőek legyenek. A másik kutatási terület, amihez szintén jelentős reményeket fűznek, az űr-, illetve a holdbányászat a ritkaföldfémek vonatkozásában. A földre került bizonyos aszteroidákból származó minták ugyanis azt mutatják, hogy azok ritkaföldfém-tartalma jelentős és esetleg feldolgozásra érdemes [61–63].



IRODALOM

[1] D. L. Meadows, D. H. Meadows, J. Randers, W. Behrens III., Limits to Growth, Univers. Books, NewYork, 1972.
 [2] W. S. Jevons, The Coal Question: can Britain survive?, MacMillan, London, 1865, reprint 1906.
 [3] https://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%B3mai_Klub
 [4] L. Mancini, C. De Camillis, D. Pennington, Security of supply and scarcity of raw materials, JRC Scientific and Policy Reports, 2013.
 [5] J. L. Simon, The Ultimate Resource, Princeton University Press, Princeton N.J., 1996.
 [6] N. T. Nassar, T. E. Graedel and E. M. Harper, By-product metals are technologically essential but have problematic supply, Science.
 [7] J. H. L. Voncken, The Rare Earth Elements. An Introduction. Springer Verlag, 2016.
 [8] V. Zepf, Rare Earth Elements, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2011.
 [9] D. A. Atwood (ed.), The Rare Earth Elements: Fundamentals and Applications, John Wiley and Sons, 2012.
 [10] J. M. Klinger, Rare Earths: Lessons for Latin America, Berkeley, Review of Latin American Studies, Fol. 2013, 39.
 [11] http://www.periodni.com/history_of_rare_earth_elements.html
 [12] N. G. Connelly and T. Damhus (with R.M.Harzhorn and H.T.Hutton eds.) Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC recommendations 2005, Cambridge. RSC Publication ISBN 0-85404-438-8.
 [13] C. S. Rainers, Was ist das Seltene an den Seltene Erden? Eine chemiedidaktische Reflexion Chemie in unserer Zeit (2001) 35, 110.
 [14] G. Z. Hatch, Going Green: The Growing Role of Permanent Magnets in Renewable Energy Production and Environmental Protection, Magnetics. Denver, Colorado, 2008.
 [15] C. Allegre, G. Manhès, E. Lewin, Chemical composition of the Earth and the volatility control on planetary genetics, Earth planet Sci.Lett. (2001) 185, 49.
 [16] R. L. Rudnick, S. Gao, Composition of the Continental Crust. In: H.D. Holland, K.K.Turekian (eds): Treatise on geochemistry, Pergamon (imprint), San Diego, Science and Technology Books.
 [17] H. H. Binder, Lexikon der chemischen Elemente. Das Periodensystem in Fakten, Zahlen und Daten, S.Hirzel, Stuttgart, 1999.
 [18] R. E. Krebs, The History and Use of Our Earth's Chemical Elements, A Reference Guide, 2nd Edition, Greenwood Press, Westport, C.T., 2006.
 [19] J. Emsley, Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements, Oxford University Press, 2001.
 [20] M. Humphries, Rare Earth Elements: The Global Supply Chain, Washington D. C., Congressional Research Service, 2012.
 [21] M. Armand, J. M. Tarascon, Building better batteries, Nature Geoscience (2008) 451, 652.
 [22] N. Krishnamurthy, C. K. Gupta, Extractive metallurgy of rare earth, SRC Press, Bocaraton, Florida, 2005.
 [23] V. Zepf, Rare Earth Elements, A New Approach to the Nexus of Supply, Demand and Use: Exemplified along the Use of Neodymium in Permanent Magnets, PhD Thesis, Physics, Human Geography and Geoinformatics, Augsburg University, 2013.
 [24] P. C. Dent, Rare earth elements and permanent magnets, Journal of Appl.Phys. (2012) 111, (07a721).
 [25] L. Niinistö, Industrial Applications of the Rare Earths, an Overview, Inorg. Chim. Acta (1987) 140, 339.
 [26] <http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/material-matters/the-rare-earth-crisis.html>

[27] <http://www.outsiderclub.com/report/how-to-invest-in-rare-earth-metals-and-profit/1446>
 [28] <http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/material-matters/the-rare-earth-crisis.html>
 [29] J. J. Croat, Current status and future outlook for bonded neodymium permanent magnets, J.Appl.Phys. (1997) 81, 49804.
 [30] D. Stover, The myth of renewable energy, Bull. Atomic Sci. (2011) 22., Nov.
 [31] C. Hurst, China's Rare Earth Elements Industry: What Can the West Learn?, Washington D.C., Institute for the Analysis of Global Security, 2010.
 [32] V. D. Kosynkin, S. D. Moiseyev, C. H. Peterson, B. V. Nikipelov, Rare Earth Industry of today in the Commonwealth independent States, J.Alois and Co. (1993) 192, 118.
 [33] H. E. Townley, Applications of the rare earth elements in cancer imaging and therapy, Current Nanoscience (2013) 9, 686.
 [34] S. T. Sie, Past, Present and Future Role of Microporous Catalysts in the Petroleum Industry, Studies in Surface Science and Catalysis (1994) 85, 587.
 [35] J. Deng, A life time of Rare Earth love: notes on the China Academy of Sciences, Academician Xu Guangxian Science Times
 [36] H. Jia, L.Di, Xu Guangxian: a chemical life, 2009, April, <https://www.chemistry-world.com/news/xu-guangxian-a-chemical-life/3004349.article>
 [37] Xin Ling, Xu Guangxian: Father of Chinese Rare Earth Chemistry, Bulletin of the Chinese Academy of Sciences (2009) 23, 98.
 [38] C. Yan, J. Jia, C.Liao, S.Wu, Xu Guangxian, Rare Earth Separation in China, Tsinghua Science and Technology (2006) 11, 241. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1007021406701833>
 [39] <http://advances.sciencemag.org/content/11/3/e1400180.full>
 [40] N. Mancheri, L. Sundaresan, S. Chandrashekar, Dominating the World. China and the Rare Earth Industry, National Institute of Advanced Studies, Bangalore, India, 2013, April.
 [41] Critical raw materials for the EU: Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, European Commission, DG Enterprise and Industry, 2013. November 8.
 [42] National Research Council, Minerals, Critical Minerals and the US Economy, CHAPTER 4, Applying the Matrix, edited by the National Academy Press, Washington D.C., USA, 2007. <https://www.nap.edu/read/12034/chapter/6#111>
 [43] <https://www.nap.edu/read/12034/chapter/6#111>
 [44] U.S. Department of Energy, Critical Materials Strategy, 2010. December, <https://energy.gov/sites/prod/files/edg/news/documents/criticalmaterialsstrategy.pdf>
 [45] T.Zimmermann, Cycles of Critical Metals. Dissipative losses and potential Optimizations, Dissertation, Universität Bremen, 2015, <https://elib.suub.uni-bremen.de/edocs/00104959-1.pdf>
 [46] <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/2011%20Critical%20Materials%20Strategy%20Report.pdf>
 [47] <http://www.namibiarearearth.com/market-demand.asp>
 [48] T. E. Graedel, L. Barr, C. Chandler, T.Chase, J. Choi, L. Christoffersen, E. Friedlander, C. Henly, T. Jun, N. T. Nassar, T. Schechner, S. Warren, N-yu Yang, C. Zhu, Methodology of Metal Criticality Determination, Environ.Sci.Technol. (2012) 46, 1063.
 [49] http://www.unige.ch/sciences/Actualites/2017/News-280417-1_en.html
 [50] <http://www.evwind.es/2011/05/04/myths-and-facts-about-the-rare-earth/11433>
 [51] B. Sylvestre, The Critical Metals Report (2011) 6. 7.
 [52] A. Lovins, Clean Energy and the Rare Earth: Why not to Worry, Bull. Atomic Sci. 2017. május 23.
 [53] <http://www.iom3.org/materials-world-magazine/News/2013/apr/09/scarcity-illusion-rare-earth-elements>
 [54] http://www.enhancedonlinenews.com/portal/site/eon/permalink/?ndmViewId=news_view&newsId=20110503007593&newsLang=en&permalinkExtra=
 [55] China's Monopoly On Rare Earths: Implications For U. S. Foreign And Security Policy Hearing before the Subcommittee on Asia and the Pacific of the Committee on Foreign Affairs House of Representatives, 2011. September 21, Serial No. 112–63, Printed for the Use of the Committee on Foreign Affairs, U.S. Government Printing Office, Washington, 20.11
 [56] D. A. Neill, E. Speed, The Strategic Implications of China's Dominance of the Global Rare Earth Elements (REE) Market, Defence R&D Canada, Centre for Operational Research and Analysis, National Defence, Canada
 [57] T. E. Graedel, E. M. Harper, N. T. Nassar, Ph. Nuss, B. K. Reck, Criticality of metals and metalloids, Pros. Nat. Acad.Sci. (2015) 112, 4257. <http://www.pnas.org/content/112/14/4257.full.pdf>
 [58] Braun Tibor, Biobányászat, biokioldás bemutatása. A mikroorganizmusok szerepe és alkalmazása fémek kioldására ércekből. Magyar Kémikusok Lapja, publikálás alatt
 [59] W-Q Zhuang, J. P. Fitts, C. M.Ajo-Franklin, S. Maes, L. Alvarez-Cohen, T. Hennebel, Recovery of critical metals using biometallurgy, Curr. Op. in Biotechnol. (2015) 33, 327.
 [60] D. M. Park, D. W. Reed, M. C. Yung, A. Eslamimanes, M. M. Lencka, A. Anderko, Y. Fujita, R. E. Riman, A. Navrotsky, Y. Jiao, Bioadsorption of Rare Earth Elements through Cell Surface Display of Lanthanide Binding Tags, Environ. Sci.Technol. (2016) 50, 2735.
 [61] https://www.rbth.com/science_and_tech/2014/10/26/moon_exploration_will_reduce_the_shortage_of_rare_earth_meta_40887.html
 [62] http://beta.industryweek.com/transportation/space-mining-answer-rare-earths-problem?utm_test=redirect&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.hu%2F
 [63] <https://phys.org/news/2013-02-space-rare-earths-scientists.html>



Tanulni, tanulni, tanulni...

De miből és mit? Szülőként természetesen laikusnak számítok, amikor általános iskolás gyermekeim könyveit nézegetem: nem rendelkezem azzal a tudással és tapasztalattal, amely alapján meg tudnám ítélni, mennyire jó (tartalmilag, módszertanilag) egy tankönyv. Egyetlen szűk terület van, amihez hozzá tudok szólni: a gyógynövényekkel kapcsolatos információk.

Az általános iskolai ötödikes természetismeret tananyagban található néhány növény, amely gyógyhatásokkal is bír. Komoly dilemma, hogy szükséges-e tizenegytizenkét éveseket gyógyhatásokkal terhelni – az azonban biztos, hogy tévinformációkat tankönyvekbe emelni komoly hiba.

Két tankönyvet néztem át ilyen szempontból: az Apáczai Kiadó (AK) és az Oktatókutató és Fejlesztő Intézet (OFI) tankönyveit. Előbbi már „kifutó széria”, helyét valószínűleg előbb-utóbb átveszi az OFI „új generációs” tankönyve. S ez, ha csak a magam jelentéktelen, de talán mégis fontos szempontját nézem, jó hír.

Szakértelem híján nem elemezném mélyebben a tankönyveket, de annyi már első kinyitásra nyilvánvaló, hogy az OFI tankönyve letisztultabb, kevésbé zsúfolt; az az ember benyomása, hogy kevesebb, fókuszáltabb információt tartalmaz. És ez jó, különösen, ha a könyvben található információ korrekt. A több nem mindig jobb: ezt állapítottam meg a növények gyógyhatásaival kapcsolatos információk átvizsgálásakor. Az AK könyvében ezeket olvashatjuk: „(Az alma) termésének héjában lévő rostanyagok serkentik a vérkeringést, tisztítják az erek falát, meggátolják azok elmeszesedését. A nyersen fogyasztott alma segíti az emésztést és a szervezetben keletkező mérgeanyagok kiürülését is.”

Ez így kicsit sokkoló. A vérkeringés fokozása, az érfaltisztítás légből kapott. A „székletszabályozó” hatás (pektin- és egyéb rosttartalma miatt enyhe hasmenésben hasmenésellenes hatású, ugyanakkor székrekedés esetén lazább székletet eredményez) létező, de idekeverni a méregtelenítést, hiba. Ha ezek a kifejezések már az általános iskolában tankönyvi szinten elfogadottak, ne csodálkozzunk, ha a felnőttek kritika nélkül bedőlnek a „méregtelenítő” csodagyógyszereknek.

„A szilva fontos az egészségmegőrzésben. Olyan anyagokat tartalmaz, amelyek kedvező hatással vannak a vérkeringésre

és az emésztőszervek működésére.” Nem tudom, honnan jön ez a vérkeringés-dolog. Mindenesetre nem helytálló.

„A szőlő az egészséges táplálkozás fontos gyümölcse. Magas cukortartalma az izomfáradtság ellen hat, hozzájárul a szervezet felfrissüléséhez. Tisztítja a vért, segíti a szív működést, vitamintartalma fokozza a szervezet ellenálló képességét a betegségekkel szemben. A szőlőben lévő rostanyagok serkentik a bélműködést és a káros anyagok kiválasztását.” Vértisztító – újabb kifejezés a méregtelenítés mellett, amelyet irtani kellene, nem pedig terjeszteni.

„A paprika termése igen gazdag C- és A-vitaminban. A C-vitamin csökkenti a fáradtságérzetet, megszünteti a fogynysorvadást, ellenállóvá teszi a szervezetet a betegségekkel szemben. Elősegíti a csontok és az izmok fejlődését. Az A-vitamin elsősorban a bőr és a látószerv egészségmegőrzése szempontjából fontos.” Kár, hogy az író a vitaminfunkciót keveri a gyógyhatással: a felsoroltak egy része akkor alakul ki, ha C-vitaminhiány van, de ha nincs ilyen hiány (s ez Magyarországon nem jellemző), ehetjük a C-vitamint nagykanállal, sajnos, nem csökken a fáradtságérzet, nem múlik a fogynysorvadás, nem nő az ellenálló képesség.

„(A sárgarépa) kedvezően hat az emésztésre és a káros bomlástermékek kiürülésére a szervezetből.” A rosttartalomról érdemes lenne kevésbé félreérthető módon értekezni.

„(A petrezselyem) sok C-vitamint tartalmaz.” Melyik része? Valóban fontos információ ez? Nincs olyan ember, aki a C-vitamint alapvetően a petrezselyemfogyasztással pótolná. Arról nem is beszélve, hogy *nagyon ritkán* esszük nyersen, a főzés hatására pedig nem sok C-vitamin marad benne.

„(A vöröshagymának) a fokhagymával együtt régóta ismert baktériumölő hatása, ezért légúti fertőzések ellen is hatásos, mint gyógynövény.” Az antiszeptikus hatás nem azonos az antibiotikummal: előbbi felületi fertőtlenítést jelent, utóbbi olyan



hatást, amely a szervezetet megbetegítő, a szervezetben szaporodó kórokozók ellen is hat. Sajnos, vöröshagymával és fokhagymával csak az előbbi hatás érhető el, eredményes antibiotikumként nem használhatóak.

Ehhez képest az OFI könyve sokkal szűkszávuabb – okkal. A szerzők valószínűleg felmérték, hogy a fent bemutatott mélységben egy ötödikesnek nem érdemes információt átadni. S ami még jobb: amit írtak, nagyjából helytálló.

„A vöröshagyma minden része jellegzetes szagú illóolajat tartalmaz, amely légzéztisztító hatású.” Ez így van, ha szagolgatjuk, hígabbá válik a légúti váladék. Ettől még nem gyógynövény, jobb lett volna ezt kihagyni.

„(A fokhagyma) kivonata értisztító, légzésjavító és fertőtlenítő hatású.” Ez is stimél. Kicsit leegyszerűsítő, de a korosztálynak megfelelően mutatja be a főbb hatásokat (leszámítva a légzésjavítót – az vajon mi lehet?). S mivel a fokhagyma fontos gyógynövény, indokolt, hogy ha már gyógyhatást említenek, ennél tegyék.

„A sárgarépa narancssárga színét a karotin nevű anyag adja. A karotinból a szervezetünkben A-vitamin képződik, amely a bőr és a szem egészségéhez nélkülözhetetlen.” Korrekt: a vitaminfunkciót nem mint gyógyhatást mutatja be.

Hogy mi a tanulság? Leginkább az, amit szülőként is megtapasztalhattam: a színvonalas oktatás garanciája a jól képzett és lelkiismeretes tanár: állhat bármi a tankönyvben, ha ő képes kritikusan, a lényegre megragadva, a tévinformációkat lenyesegetve tanítani. Persze nem árt, ha munkáját segítik, és nem nehezítik a tankönyvek...

Csupor Dezső



Szakmány Csaba¹ – Rákóczi Melinda²¹ ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium² Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakgimnázium és Kollégium*

„Premistry” természet- tudományos népszerűsítő sorozat Első rész

2013 májusában a gödöllői Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakközépiskola és Diákotthon¹ nevében sikeres pályázatot adtunk be a Pro Progressio Alapítvány intézménytámogatási pályázatára. A támogatási összeget egy természettudományos ismeretterjesztő sorozat megtartására fordítottuk.

A programsorozat megvalósításának célja a természettudományos tárgyak, különösen a kémia és a fizika népszerűségének növelése volt a diákok körében úgy, hogy mindez magában hordozza a természettudományi és technológiai kompetenciák fejlesztését is. A célt két szinten kívántuk elérni: az alsóbb osztályos tanulóknál (7–9. évfolyam) alakuljon ki a természettudományok szeretete, ismerjék meg, hogy milyen témákkal és jelenségekkel foglalkozik ez a tudományág. Célul tűztük ki, hogy ennek köszönhetően a diákok a tanórákon is még nagyobb kedvvel és aktivitással vegyenek részt. Az érdeklődésük felkeltése után akarják megismerni a jelenségek mélyén meghúzódó komoly természeti összefüggéseket is a tanórák szisztematikus keretén belül. Ez a fajta nyitottság a tudományos ismeretszerzésre olyan produktív attitűd, ami a közös munkát hatékonyabbá teszi, a tanulók készségeinek (pl. következtetések kigondolása, adatok felhasználása, logikus gondolatmenetek megalkotása) fejlődéséhez hozzájárul.

A felsőbb évfolyamokon (9–12. évfolyam) pedig a pályaválasztás előtt álló fiatalok számára kívántuk felkínálni a természettudományos pálya izgalmas és vonzó lehetőségeit, megismertetve őket a már tanult anyagok alkalmazásának lehetőségeivel, távlatokkal. Ezáltal is tovább hangsúlyozva azon ismeretek és módszerek sokaságát, amelyekkel képesek lehetnek összefüggéseket meglátni különböző területeken, illetve technológiai folyamatok között. A fakultációválasztás előtt állók számára kedvcsinálónak, a már fakultációra járó diákok számára megerősítésnek szántuk ezeket az alkalmakat.

Fontos pedagógiai törekvésünk volt, hogy a tanulókísérleti alkalmak előkészítésébe, levezénylésébe, kisebb diákok segítségével bevonjuk a fakultációra járó felsőbb évfolyamos diákokat is. Így nemcsak felelősségérzetük erősödhetett (és ezáltal a „nagybetűs élet” bármely területén elengedhetetlen vállalkozói kompetenciá-

juk fejlődhetett), hanem természettudományi és személyközi kompetenciájuk is, hiszen így „kénytelenek” voltak úgy és addig gondolkodni a látott jelenségeken, hogy azt egy fiatalabb diáktársuknak érthető módon és megfelelő stílusban el tudják magyarázni.

A „Premistry” elnevezés is az egyik kémia fakultációra járó diákunk ötlete volt, a „Premontrei” és a „chemistry” szavak szellemes összerántásából.

Szervezés

A Premistry sorozat az előzetes tervek szerint és a megvalósítását tekintve is 6 alkalomból állt. Ebből 3 tanári előadás, 3 tanulókísérlet volt. A sorozatot 2013 decemberében indítottuk újjára gondos előkészítés után, és 1–1,5 havonta tartottunk egy-egy foglalkozást, a tanítás után. Az előadásokat és a tanulókísérleteket is az iskola egész nyilvánosságának meghirdettük, a tanulókísérleteknél azonban a létszámot 40 főben maximálnunk kellett a helyiségek befogadóképessége miatt. Korlátozott létszámban egy másik gödöllői középiskola diákjait is meghívtuk az alkalmakra. Az alkalmak előtt az iskola forgalmas helyein plakátokat helyeztünk el (1. ábra).

Mindkét forma témájának megválasztásakor törekedtünk arra, hogy az alkalmak ne szigorúan csak egyik vagy másik tantárgyhoz kötődjenek. Egyrészt azért, hogy egyszerre ne csak egy tantárgy népszerűségét növeljük, másrészt azért, hogy az általunk fontosnak tartott egységes természettudományos szemléletet a diákokban kialakítsuk és elmélyítsük. Így ezeken az alkal-

1. táblázat. Premistry-témák

	Téma/cím	Forma
1.	Világító fénypontok a nyári éjszakában és a tenger mélyén – Érdekes jelenségek a lumineszcencia jelenségéről	tanári előadás + kísérletbemutató
2.	Színek és fények	tanulókísérletek
3.	Habok, zselék a konyhától az élővilágig – Kolloidok körülöttünk	tanári előadás + kísérletbemutató
4.	Levegő, oxigén, égés	tanulókísérletek
5.	A citrommal működő órától a hidrogénes autóig – Elektrokémia	tanári előadás + kísérletbemutató
6.	Elektrokémia	tanulókísérletek

* Az iskola neve 2016-ban Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakgimnázium és Kollégiumra változott. 2008 és 2015 között, tehát a projekt megvalósulása idején még Szakmány Csaba is ebben az intézményben dolgozott.



makon is tapasztalatot szerezhetek arról, hogy egy-egy természeti vagy hétköznapi jelenség megértéséhez, egy-egy kísérlet elvégzéséhez és magyarázatához bizony szükség van több tantárgy ismeretanyagára. Így kívántuk elérni, hogy a gondolkodásukban és a tanórákon is képesek legyenek a külön-külön tanult és hallott információk összekapcsolására, együttes alkalmazására.

Az 1. táblázat foglalja össze a Premistry alkalmainak témáját.

1. ábra. Premistry-plakátok

Előkészítés

Az előadások előkészítése során először összegyűjtöttük a legfontosabb ismereteket a témáról, elsősorban természetesen a középiskolai tananyagok és egyetemi előadások, gyakorlatok során szerzett tapasztalataink alapján. Kiegészítettük ezeket internetes források segítségével rengeteg gyakorlati alkalmazással, természetben való előfordulással (melyek a tankönyvekből sokszor sajnálatos módon vagy teljesen kimaradnak, vagy csak elnagyoltan szerepelnek). A mondanivaló összeállítása során a gyakorlati alkalmazásokra, a probléma- és kérdéshelyzetekre, azaz a gondolkodás ösztönzésére fektettük a hangsúlyt. Így kívántuk elérni, hogy a diákok lássák, a tanórákon megszerzett tudásukat némi továbbgondolással gyakorlati szempontból hasznos megoldásokra lehet alkalmazni. Az előadások anyagából animált prezentációt készítettünk, ami végig illusztrálta az elhangzottakat. A prezentációink mintaként is szolgáltak diákjaink számára. Igyekezünk jó példával eléjük állni, ezzel elősegítve az információs és kommunikációs technológiák (IKT) alkalmazásához kapcsolódó készségek (digitális kompetenciák) fejlődését.

Az előadások utáni kísérleteket az előadást megelőző napokban előkészítettük és kipróbáltuk.

A tanulókísérleti alkalmak előkészítése során először összeválogattuk a résztvevők számára elvégezhető kísérleteket. A kiválasztásnál döntő volt, hogy a kísérlet a megadott témához kapcsolódjon, és az aktuális témát fizikai, kémiai, esetleg biológiai szempontból is érintse. Technikai szempontból fontos, hogy a kísérlet elvégzésének ideje rövid legyen (hogy egy diák többféle kísérletet is elvégezhesen egymás után), illetve hogy a kísérlet könnyen reprodukálható, azaz eredeti állapotába visszaállítható legyen (hogy egy kísérletet több diák is el tudjon végezni egymás után). Pedagógiai szempontból lényeges, hogy a kísérlet biztosan sikerüljön még a tapasztalatlan diákok számára is, sikerélményt adva nekik. A biztonság fontossága miatt a kísérlet lehetőleg veszélytelen legyen, a kísérletezésben járatlan diákok se tegyenek kárt sem magukban, sem a többiekben, sem az eszközökben (a kicsit veszélyes kísérletek leírásánál felirat figyelmeztette a kísérletezőt, hogy azt csak tanár vagy segítő felsőbbéves jelenlétében végezheti el). Végül: a kísérlethez lehetőség szerint hétköznapi anyagok és eszközök legyenek szükségesek, hogy a diákok otthon is megismételhesék a kísérleteket, valamint hogy könnyű legyen több példányban előállítani a kísérletet a létszám miatt.

A kiválogatott kísérletekről ezután legfeljebb 1 oldalas kísérletleírást készítettünk, mely elsősorban a kísérlet kivitelezésére vonatkozó utasításokat tartalmazta, másrészt a megfigyelendő változásokra irányította a diákok megfigyelését (2. ábra). Ahol

LIFTEZŐ SZÍNES BUBORÉKOK

Szükséges anyagok, eszközök:

személyenként: kis főzőpohár
közösen: szódadikarbóna, étolaj, ételfestékkel megfestett ecet, cseppentők, vegyszereskanál

Elkészítés:

Szórjunk kevés szódadikarbónát a főzőpohár aljára, majd öntünk rá étolajat majdnem szintűl!

Az ételfestékkel megfestett ecetoldatok valamelyikéből cseppentünk az olajba!

Figyeljük meg, mi történik, és adjunk magyarázatot minden jelenségre!

ELEKTROLÍZIS KRUMPLIBAN

Szükséges anyagok, eszközök:

krumpli, rézlemezek, rőpszínórok, krokodilcsipeszek, KI-oldat, cseppentő, univerzálindikátor-oldat

Elkészítés:

A krumpli tetején közepén vágunk mélyedést, öntünk ebbe kevés 1 mol/dm³ koncentrációjú kálium-jodid-oldatot!

Szúrjuk a rézelektrodákat a krumpli két végébe, kapcsoljunk rá kb. 12 V feszültséget!

10-15 perces elektrolízis után vágjuk ketté a krumplit az elektrodák mentén!

Mit tapasztalunk az anódnál? Mivel magyarázzuk?

Cseppentünk univerzálindikátort a katód környékére! Mit tapasztalunk? Mivel magyarázzuk?

2. ábra. Tanulók számára készített kísérletleírások az 1. és a 6. alkalom anyagából

csak lehetett, igyekeztünk a konkrét tapasztalatokat kihagyni, hogy ezt ne „készen kapják” a diákok, másrészt a magyarázatot való gondolkodást is rájuk bízunk. A segítség, felügyelet közben természetesen szóban megbeszéltük ezeket. A kísérletleírásokból



álló füzetet a segítő fakultációra járó diákoknak előre átadtuk, hogy felkészülhessenek. (A kísérletleírások teljes gyűjteményét az írás második része tartalmazza.)

A tanulókísérleti alkalmak előtt a kémiatermet és -labort berendeztük, az asztalokat a kísérleteknek megfelelően átrendeztük. A szükséges anyagokat és eszközöket tálcákra kikészítettük a segítők közreműködésével, majd a kinyomtatott kísérletleírásokat műanyag tasakban a megfelelő asztalra ragasztottuk.

Nem mellékes tényező tanulókísérleteknél, hogy az előkészítés mellett az elpakolás, elmosogatás is nagy feladat, különösen laboráns nélkül. Így ez is több órát vett igénybe, bár a felsőbb éves segítők még ebben a fázisban is lelkesen rendelkezésre álltak.

Tematika

Előadások

Lumineszcencia

A lumineszcencia izgalmas és érdekes téma, nem csak a mindig lelkes diákok érdeklődését keltik fel a világító állatok és egyéb fényjelenségek. Az internet lehetőséget ad arra, hogy számos gyönyörű képet tudjunk bemutatni diákjainknak, illetve ők maguk is keressenek ilyeneket.

A lumineszcencia nem túlságosan elvont jelenség, feltételezhető, hogy szentjánosbogárral már mindenki találkozott, s érdeklő, hogy miért is világít. A lumineszcencia sok más típusa is fellelhető mindennapjainkban, érdemes tehát megismerkedni a fénykibocsátás fizikai hátterével is.

Hétköznapisága mellett kellőképp egzotikus is lehet a természetben előforduló lumineszcencia, az előadásban képekkel illusztrált példák egy-egy izgalmas világító élőlényt mutatnak be, például gombákat, medúzákat, rovarokat, kagylókat.

Mindezek ellenére lumineszcenciáról a középiskolában sem fizikaórán, sem más természettudományos tantárgy tanóráján nem tanulnak a diákok. A témával való foglalkozás a diszciplináris ismeretek bővítésén túl lehetőséget ad a tantárgyak (fizika, kémia, biológia) közötti kapcsolódási pontok feltárására és felhasználására. A lumineszcencia témaköre alkalmas erre, ugyanis egy-egy jelenség (például a szentjánosbogár világítása) teljes körű értelmezéséhez, magyarázatához mindhárom tudományág ismeretanyaga szükséges. Az előadásban is nagyjából e felosztás szerint, ebben a sorrendben dolgoztuk fel a témát:

- Fizika: a fénykibocsátás folyamata, a gerjesztés fogalma, az atomi energiaszintek létezése.
- Kémia: a világító élőlények kémiai reakció eredményeképp létrejövő fényvel világítanak.
- Biológia: a fényt létrehozó kémiai reakció az élőlények biokémiai folyamatainak része, a világítás képességét pedig különböző életfunkcióikhoz használják: prédacsalogatás, szaporodás, menekülés, elriasztás.

Végül fontos megemlíteni, hogy a lumineszcencia egyes vonatkozásait ma is kutatják, és fontos felfedezésekhez vezetnek. Megmutattuk például, hogy egy viszonylag egyszerű természeti jelenség vizsgálatából kiindulva Nobel-díjat érő rákgyógyászati felfedezések is születhetnek.

Az előadást kísérleti bemutató zárta, melyben a diákok fluoreszkáló és foszforeszkáló tárgyakat nézhettek meg és világíthattak meg UV-lámpával. Az évek során kialakult gyűjteményünkben világító állatfigurák, csontvázak, lámpaalkotók, gyerek-szobák falát díszítő alakzatok és egyéb „glow-in-the-dark” tárgyak találhatók. Megvizsgáltuk a bankjegyek és a mosópor, va-

lamint a fehér ruhák fluoreszcenciáját is. Kipróbáltuk és elemeztük a könnyűzenei koncerteken használt világító pálcák működését. Végül elvégeztünk egy lumineszcenciás kísérletet, melyben a luminol és pirogallol fényt eredményező oxidációs reakcióját láttuk.

Kolloidok körülöttünk

A kolloidok számos fizikai és kémiai tulajdonsága különbözik a tisztán gáz, folyékony vagy szilárd halmazállapotú anyagokétól, illetve a valódi oldatoktól, elegyektől. Ilyen eltérés számos tulajdonságban megfigyelhető: hővezetés vagy hőszigetelés, mechanikai jellemzők (állag, képlékenység, rugalmasság), íz, reakcióképesség, optikai sajátosságok stb. Nem véletlen, hogy az iparban ma is kiemelt jelentőségű terület a kolloidok vizsgálata és alkalmazásai lehetőségeinek feltérképezése.

Kolloid rendszerek az élet legkülönbözőbb területein, nap mint nap körülvesznek bennünket. Elég, ha az őszi ködre, a cigarettafüstre, a tejre, majonézre vagy akár a borotvahabra, kozmetikai krémekre gondolunk. Az építőiparban is egyre gyakrabban alkalmaznak kolloidokat.

A kolloid rendszerek tulajdonságainak vizsgálata is igazán interdiszciplináris: egy-egy jelenség teljes körű értelmezése során nemcsak a kémia, hanem a fizika és/vagy a biológia tárgyakban megszerzett ismereteket is fel kell használni.

Az előadáson a „kolloidok” téma feldolgozása az alábbi vázlat alapján történt:

1. A kolloid rendszer fogalmának meghatározása és a kolloidok legfontosabb általános tulajdonságainak ismertetése.
2. A kolloid rendszerek típusainak és ezek jellemzőinek bemutatása.
3. Konkrét, tematikus példák felsorolása a hétköznapi életből.

Az előadás végén a kozmetikumokról esett még szó. Például a „micellás víz” említése kapcsán arról, hogy vajon ez csak egy-e a jól hangzó, ám áltudományos alapokon nyugvó termékek közül vagy tényleg van valamilyen tudományosan igazolható kedvező hatása.

Az előadást követő kísérleti bemutatóban a hallgatóságnak bemutattuk, hogy kolloid rendszerekben (füst, köd, csapadékot tartalmazó folyadék) a fény útja láthatóvá válik, és létrejön a fényszóródás (Tyndall-effektus). Ezen felül az ún. „elefánt fogkrém” kísérlettel előállítottunk habot: a hidrogén-peroxid kálium-jodiddal való katalitikus bontásából felszabaduló oxigén a mosogatószerrel habot képez, a gyorsan fejlődő gáz pedig a lombikból magasra lövi ezt a habot.

Elektrokémia

Az elektrokémia tárgyköre igen szerteágazó, és a fenti témákhoz hasonlóan szintén összekapcsolja a fizikát, a kémiát, de még a biológiát is. Azok a témák, amelyeket magába foglal, mindig is nagy jelentőségűek voltak, napjainkban pedig különösen azok. Az alternatív és környezetbarát energiaforrások egyik jövőbeli lehetősége a tüzelőanyag-cellák gazdaságos és biztonságos megalkotása.

Az elektrokémiát tanulmányozva például a következői kérdésekre is választ kaphatunk: miért kell tölteni a telefonunkat?, miért nem lehet tölteni a ceruzaelemet?, hogyan indul el az autó?, miért rozsdásodik a vas?, miért nem korrodálódik az arany és az alumínium?

A témával való foglalkozás tehát közelebb hozhatja a diákokhoz ezt a sokak által nem kedvelt témát. Az alkalmazások megismerésével kézzel foghatóvá válnak a megállapítások, és az el-



vont fogalmak (pl. elektromotoros erő, standard potenciál stb.) is elnyerik értelmüket, jelentőségüket, jogosságukat.

Kiváló lehetőség a fizika és a kémia összekapcsolására: ugyanazok az elektronok vesznek részt a redoxireakciókban (elektrod-folyamatokban), melyek rendezett vándorlása az elektromos áram. A töltéshordozók és az anyagszerkezet összekapcsolása a természettudományos világkép és szemlélet alakulását is segíti.

Az elektrokémia témakör feldolgozása az előadásban az alábbi tematika szerint történt:

1. Az elektrokémia története.
2. Galváncellák, akkumulátorok felépítése, működése, típusai, alkalmazásuk.
3. Korrózió, korrózióvédelem.
4. Az elektrolízis fogalma és alkalmazása.

Az előadás végén csak egy kísérletet mutattunk be, hiszen a következő tanulókísérleti alkalom témája is az elektrokémia volt. Réz- és cinklemezkekből, valamint citromból és vezetékekből galvánelemet állítottunk össze, mellyel egy hétköznapi faliórát működtetni is tudtunk. A kísérlet fontos tanulsága, amire a diákoknak is felhívtuk a figyelmét, hogy egy ilyen elem belső ellenállása olyan nagy, hogy elektromotoros erőként hiába mérhető akár már egy cellán is a szükséges 1,5 V feszültség, ehhez képest a kapcsolófeszültség annyira alacsony, hogy akár 3 cella sorba kapcsolása is szükséges lehet az óra működtetéséhez.

Tanulókísérletek

A tanulókísérleti alkalmak során az alábbi fantázianevekkel ellátott kísérletek végrehajtására volt lehetősége a diákoknak:

Színek és fények: lángfestés; színes csapadékos reakciók; színváltó lombik; kék lombik; festés ecettel, szódabikarbónával és mosóporral; sav-bázis indikátorok; liftező színes cseppek; kromatográfia; festés fémsókkal; négy poharas varázslat.

Levegő, oxigén, égés: kísérletek áramló levegővel (célba lövés örvényekkel, pingpongbaba-lebegtetés, megfújt papírlapok, megpörgetett henger); kísérletek légnyomással (égés a pohár alatt, sósavszökőkút, tojásszipantás, szökőkút, vízfóralás alacsony hőmérsékleten); kísérletek gázokkal (szén-dioxid öntögetése, felszálló lángoló buburékok, filmesdoboz-rakéta, fekete kígyó, légpárnás pénzérme); kísérletek égéssel, lángokkal (lángfestés, fémek égése és oxidációja, benzin égése és eloltása, kockacukor meggyújtása, izzó papír, gyertya lángjának vizsgálata).

Elektrokémia: Volta-oszlop pénzérmékből; „víztisztító” ellenőrzése elektrolízissel; citromóra, gyümölcslemek; elektrolízis krumpliban; írás árammal; ionvándorlás; oldatok forgatása; fémek elektrokémiai korróziója (aktív korrózióvédelem modellje); lüktető higanyszív; ólomfa elektrolízissel; vízbontás elektrolízissel.

A teljes kísérletleírásokat, melyeket a diákok munkaasztalára is kiragasztottunk, a cikk második része tartalmazza.

Eredmények, tapasztalatok, értékelés

A Premistry természettudományos sorozat eseményeire a diákok nagy számban, szívesen jelentkeztek. A tanulókísérletek korlátozott számú férőhelyei miatt rendszeresen túljelentkezés is volt. Az előadások is általában telt ház előtt hangzottak el. A jelentkezők és a résztvevők száma emelkedett, azaz a Premistry önmagának is jó reklám volt.

A diákok természettudományok iránti szeretete, érdeklődése a Premistry alkalmi után megnőtt. A tanórákon megfigyelhető volt, hogy a részt vevő diákok aktívabban, szívesebben kapcsolódtak be jó hozzászólásaikkal az órák menetébe. Sokszor a tan-

anyag kapcsán is fel tudták használni a délutáni foglalkozásokon szerzett ismereteiket.

A diákok hozzáállásának változása, az érdeklődés növekedése nyilván nehezen mérhető, hiszen nagyon sok tényező befolyásolja. Nem is lehet számszerűen kimutatni, hogy ebben a Premistry alkalmi mekkora szerepet játszottak. A diákok motiváltságához szerintünk feltétlenül hozzájárult, hogy a természettudomány tanóráktól kissé eltérő témákban való megnyilvánulásával találkozhattak a tanulók, és megjelentek a tananyaghoz kapcsolódó, de attól akár kissé eltérő érdekességek is. Fontos, hogy megvalósult a tantárgyak összekapcsolódása, a természettudományok egységes szemlélete. A diákok számára nagy jelentőségű, hogy sok tanulókísérleti lehetőségben volt részük és az osztálytársakkal közösen kísérletezhettek, játszva tanulhattak. A személyközi kompetencia fejlődését segítette, hogy a tanulóknak alkalmuk nyílt a felsőbb éves segítő diákokkal való találkozásra, az ő példájuk megtapasztalására, valamint a fizika- és kémiantarókkal való személyes, kötetlenebb kapcsolat kialakítására. Fontos, hogy mindezek egy fél éven át tartó folyamat többször ismétlődő elemei.

A Premistry tehát a fentiek közül mindegyikre lehetőséget kínált, és egyéntől függően is kisebb-nagyobb mértékben mindegyik aspektus hozzájárulhatott a természettudományos tárgyak népszerűségének emelkedéséhez.

Tanári szempontból megállapíthatjuk, hogy a természettudományok iránti érdeklődés növelésén túl a fenti projekt munkából további előnyök is származtak. Számos lehetőség nyílt a tanórai időkeret szorításából kilépve a tananyag érdekességeinek és érdekes kísérleteinek bemutatására. A tantervi keretből kilépve több lehetőség adódott a természeti jelenségek előfordulásának és alkalmazásának széles körű bemutatására, a természettudományos tárgyak összekapcsolására. Az előkészítés során összegyűjtött ismeretek és tapasztalatok tanórán is alkalmazhatók. Végül, de nem utolsósorban a diákokat új helyzetben, kötetlen formában ismerhettük meg.

Egy-egy ilyen programsorozat megrendezése tehát mindenképpen hasznos és eredményes a tanulási folyamatban. Nyilvánvalóan alapos és időigényes előkészítést, körültekintő lebonyolítást igényel, de a munka a kollégák és diákok segítségének igénybevételevel megvalósítható, pedagógiai haszna pedig vitathatatlan.



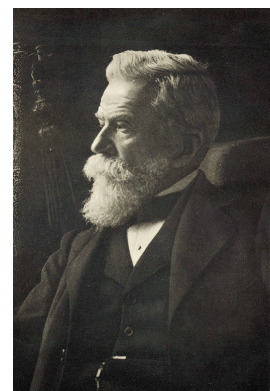
IRODALOM

- Illy J., Rajkovits Zs.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process II. Chemistry in physics classes. Physics Competitions (2008) 10. 39.
- Juhász András (szerk.): Fizikai kísérletek gyűjteménye 1. Arkhimédész Bt., Budapest, 2001.
- Juhász András (szerk.): Fizikai kísérletek gyűjteménye 2. Arkhimédész Bt. – Typotex Kiadó, Budapest, 1995.
- Rajkovits Zs., Illy J.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process I–II., Physics Competitions (2008) 1030.
- Rajkovits Zs.: Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs_ffiszt_2.pdf (Letöltés: 2017. július 19.)
- Rózsahegyi M., Wajand J.: 575 kísérlet a kémia tanításához. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
- Rózsahegyi M., Wajand J.: Kémia itt, kémia ott, kémia mindenhol! Nemzeti Tankönyvkiadó és ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1995.
- Rózsahegyi M., Wajand J.: Látványos kémiai kísérletek. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999.
- Steinmann H.: Építőművészek az állatvilágban. Natura Kiadó, Budapest, 1998.
- Szakmány Cs.: Lumineszcencia a középiskolában. In: Tasnádi P. (szerk.): Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan. ELTE TTK, Budapest, 2011.
- Szakmány Cs.: Kolloidok körülöttünk – Ötletek a kolloidok tanításához. In: Tasnádi P. (szerk.): Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan. ELTE TTK, Budapest, 2011.
- Szakmány Cs.: Luminescence in Nature and in the Education; Physics Competitions (2013) 1–2.



Kutasi Csaba

180 éve született Ernest Gaston Solvay, az ipari szódagyártás kifejlesztője



ERNEST GASTON SOLVAY

Ernest Gaston Solvay belga kémikus, iparos és politikus 1838. április 16-án a Brüsszel melletti Rebecq városában született. Már fiatal korában foglalkoztatták a természettudományok (fizika, kémia, természetrajz), azonban egészségi állapota miatt nem folytathatott egyetemi tanulmányokat. 21 éves korától apja vegyi üzemében dolgozott. 1861-ben Alfred bátyjával együtt itt dolgozták ki a Solvay-féle szódagyártási eljárást, amely a Le Blanc-eljárásnál jóval hatékonyabb volt. Az is előnyt jelentett, hogy a kénsavra (angolsav) nem volt szükség, amit Angliából lehetett beszerezni (a kontinentális zárlat idején erre nem volt mód).

A nátrium-karbonát a szénsav nátriumsója, mesterséges előállítással szódaként, ammóniákszódaként, mosószódaként egyaránt ismert. A természetben a nátriumtartalmú kőzetek mállásakor folyamatosan képződik, így a szikso (népiesen kuksó) elnevezés is elterjedt. A sós tavakban koncentrált nátrium-karbonát-oldat fordul elő (pl. Egyiptomban, Kaliforniában, ugyanakkor a magyar Alföld fehér tóiban is). A 18. század végére az egyre növekvő szódaszükségletet a természetes szóda-előfordulások nem fedték. Annakidején Franciaország volt a legnagyobb szódafelhasználó, így a nagyipari gyártással kapcsolatos kutatásokat a francia Akadémia pályázattal támogatta. Le Blanc (Leblanc) az általa kidolgozott eljárással elnyerte a kitűzött díjat.

Előzmény: a Le Blanc-féle szódagyártás

A Le Blanc (francia kémikus) módszere alapján a szódagyártás során konyhasóból kénsavval nátrium-szulfátot állítottak elő, amit szénnel nátrium-szulfiddá redukáltak. Ezt meszkővel reagáltatva szódát nyertek.

A Le Blanc-féle szódagyártás számít az első modern vegyipari eljárásnak. Társult előnyeként a kénsavgyártás és a piritpörkölés fellendítése említhető. Hátrányos volt a magas hőmérsékleti igény (1000 °C) és a kedvezőtlen melléktermékek (HCl, CaS) képződése. Ezek hasznosításának kidolgozása (a HCl-ből klór, a CaS-ből kén előállítása) azonban szintén hozzájárult a vegyipar fejlődéséhez.

Solvay, az ipari méretű szódagyártás megteremtője

A mai szódagyártásnak megfelelő eljárás kísérleti meghatározása – több forrás szerint – Augustin-Jean Fresnel francia fizikus (aki egyébként optikai kutatásairól volt híres) nevéhez fűződik. Fresnel 1811-ben szabadalmaztatta az ún. ammóniás eljárást. Vi-

szont ennek ipari méretű kifejlesztése Solvay érdeme, ezért ma is Solvay-féle szódagyártás néven ismert az előállítás. Ő a városi gázgyártás melléktermékében keletkező ammónia hasznosításával foglalkozott, eközben jutott el a szóda-előállító alapreakcióhoz (az ammóniás-alkalikus nátrium-klorid-oldatba kerülő szén-savval szóda nyerhető).

A gazdaságosabb Solvay-eljárás során nátrium-karbonátot kalcium-karbonátból és nátrium-kloridból, ammónia segítségével állítják elő (ezért ammóniákszóda-gyártásként is ismert). A vegyi folyamatnál a sós víz (oldott nátrium-klorid) és meszkő képezi a kiinduló anyagokat, amelyek Belgiumban nagy mennyiségben rendelkezésre állnak. E. G. Solvay (1. ábra) szabadalma benyújtása után 1863. december 24-én megalapította a Solvay & Cie vállalkozást Couillet (ma Charleroi város része) városában; igaz, több mint 10 évig tartott az eljárás tökéletesítése (ez idő alatt a vállalat többször is majdnem csődbe ment). Solvay kitartásával és a család, illetve a barátok támogatásával elérte, hogy a technológia

1. ábra. Ernest Gaston Solvay (1838–1992) szobra Brüsszelben





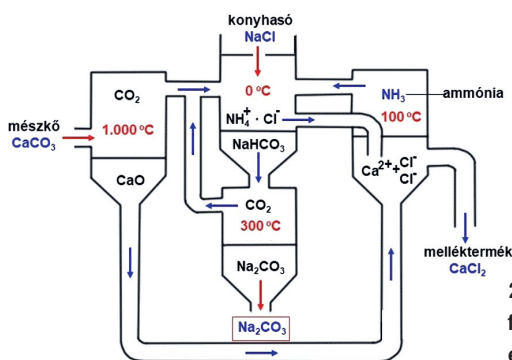
ipari méretekben megbízható szódagyártást tegyen lehetővé. Több ilyen üzem kezdte meg a gyártást – Angliában, az Egyesült Államokban, Németországban és Ausztriában indultak be vállalkozások, a nátrium-karbonát, valamint a kalcium-klorid előállítására.

A róla elnevezett eljárás szabadalmaztatásából E. G. Solvay jelentős vagyona tett szert, amelyet főleg szociálpolitikai célok megvalósítására használt. Dolgozóinak társadalombiztosítási rendszert hozott létre, az 1800-as évek végén bevezette a 8 órás munkanapot, 1878-tól nyugdíjat fizetett, 1913-tól fizetett szabadságot biztosított. Kémiai kísérleti állomást is létesített Brüsszelben, valamint elektromos energiával működő klórmész-gyártó üzemet állított fel. Nevéhez fűződik a kereskedelmi pályára – akadémiai jelleggel – felkészítő brüsszeli *École de commerce* és a brüsszeli egyetem egyik fakultásának, az *École des sciences politiques et sociales* intézmények alapítása. A párizsi, vegyész-mérnököket képző *Institut de chimie appliquée* intézetnek egyik alapító tagja volt. 1911-ben rendkívül színvonalas fizikai konferenciát szervezett, amelyen többek között Max Planck, Ernest Rutherford, Marie Curie, Raymond Poincaré és Albert Einstein is részt vett. A politikai életbe is bekapcsolódott, kétszer beválasztották a belga szenátusba, sőt élete vége felé államminiszternek nevezték ki.

Ernest Gaston Solvay 83 éves korában, Brüsszel Ixelles városrészében halt meg, az ottani temetőben nyugszik.

A Solvay-féle szódagyártás lényege

A konyhasóból és ammónium-hidrogén-karbonátból kiinduló szódagyártás ugyan 1811-től ismert volt, de 1863-ig nem sikerült ipari méretű eljárásához eljutni. Az időközben ismertté vált abszorpciós, deszorpciós és recirkulációs problémák újként merültek fel. Új berendezések kifejlesztésére volt szükség, amelyekhez olyan szerkezeti anyag kellett, amely károsodás nélkül ellenáll a lúgos közegnek és aránylag könnyen lehetővé teszi a speciális szerkezetek (pl. a gáz-folyadék érintkeztetést biztosító, buboréksapkás és harangtányérok) kialakítását. Megoldást az ipari forradalom jellegzetes szerkezeti anyaga, az öntöttvas jelentett (2. ábra).



2. ábra. A Solvay-féle szódagyártás elve

Solvay szódagyártó technológiájának lényegét a következő folyamatok alkotják:

Ammóniával telített konyhasóoldatba szén-dioxidot vezetnek, ennek eredményeként nátrium-hidrogén-karbonát-kristályok válnak ki.

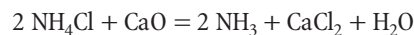


Fontos a kb. 30 °C-os hőmérséklet betartása, mert magasabb hőmérsékleten ellentétes irányú reakcióban bomlik a nátrium-

hidrogén-karbonát és az ammónium-klorid (ammónia, szén-dioxid és víz képződik).

A kristályokat leszűrve, majd kalcinálással (hevítéssel) kalcinált szóda (Na_2CO_3) keletkezik. A folyamat során felszabaduló szén-dioxidot visszavezetik a nátrium-klorid-oldatba, azonban a reakció lefolytatásához szükséges szén-dioxid-igényt mészégetéssel biztosítják.

A nátrium-hidrokarbonát-kristályok leszűrése után visszamaradó oldatban ammónium-klorid, ammónium-hidrogén-karbonát, ammónium-karbonát és nátrium-klorid fordul elő. Ennek melegítése során a karbonátok bomlanak, a keletkező ammóniát és szén-dioxidot visszavezetik a konyhasóoldatba. Az ammónium-kloridból kalcium-oxiddal nyerik ki az ammóniát:



Az eljárás részfolyamatai: sólékésztés (telített – 305–310 g/l – konyhasóoldat) és tisztítás (ammónia és szén-dioxid bevezetésével), a kalcium-, magnézium- és nehézfém-szennyezésekből képződött iszap eltávolítása; ammonizálás; karbonizálás; a nátrium-hidrogén-karbonát kinyerése szűréssel; a nátrium-hidrogén-karbonát kalcinálása; az anyalúg ammóniartalmának visszanyerése.

A sólé úgy állítható elő a legolcsóbban, ha a sótelepek közelében létesített üzemekben a konyhasót nem termelik ki bányászattal, hanem a föld alatt oldják fel vízzel, majd az oldatot szivattyúzzák a felszínre.

A konyhasóoldatban az ammónia elnyeletése exoterm folyamat, a hőfejlődés miatt az ammonizálást több lépcsőben, ellenáramban végzik, és az elnyeletőtornyok között az oldatot hűtik. Először a karbonizálóból érkező gázok ammóniartalmát mosás ki, a többi toronyban a desztillálóból érkező tömény ammóniával telítik a sóoldatot.

Az ammóniával telített konyhasóoldat (80 g/l ammónia- és 260 g/l nátrium-klorid-tartalmú) a karbonizálóra kerül, ahol szén-dioxid elnyeletése történik, kialakul a nátrium-hidrogén-karbonát. Az oldat és a gáz intenzív érintkezését úgy kell biztosítani, hogy a keletkező kristályok ne halmozódjanak fel a berendezésben, és az anyalúg a hőfelszabadulás ellenére ne melegedjen fel. A karbonizálótornyokban keletkező kristályos nátrium-hidrogén-karbonát az anyalúggal együtt zagyként távozik. A folyadékszár nélküli egész torony (20 m magas, 1,8 m átmérőjű) folyadékkal töltött, a keletkezett kristályok egyik tányérról könnyen átjutnak az alattuk lévő másikra, a buboréksapkák pedig a felfelé áramló gázok és a lefelé haladó folyadék érintkeztetését teszik lehetővé. A túlmelegedés elkerülése érdekében mind a lúgot, mind a gázt két helyen adagolják be, továbbá a torony alján csököteges hűtőt alkalmaznak. Alul a kalcinálóból, illetve a mészégetőből származó szén-dioxid nagy részét vezetik be, a középrészen pedig a mészégetőből érkező további szén-dioxidot.

A karbonizálóból távozó gázból előbb kimossák az ammóniát (ammonizálás), majd a szabadba kivezetik a döntően nitrogént tartalmazó gázt. A karbonizálóból távozó folyadékból vákuumdobszűrő vagy szűrőcentrifuga segítségével kinyerik a nátrium-hidrogén-karbonát-kristályokat.

A kalcinálás – a nátrium-hidrogén-karbonát bontása – két lépésben történik, ennek során egy közvetett tüzelésű forgó dobkemencében 170–180 °C-on eltávozik a szén-dioxid (ezt visszavezetik a karbonizálótornyba) és a víz, majd lángkemencében a nátrium-karbonátot zsugorodásig hőkezelik égetéssel, végül őrlik.

Az anyalúgból az ammóniát két lépésben regenerálják. Egyrészt forralással bontják a karbonátokat, így ammónia és szén-



dioxid szabadul fel. Másrészt mésztej adagolásával kinyerik az ammónium-kloridból az ammóniát. Az ammónia és szén-dioxid felszabadulásához a hőmennyiséget a torony alján betáplált túlhevített vízgőz fedezi. Az ammóniamentes anyalúg 75–85 g/l koncentrációjú kalcium-kloridot tartalmaz, ezt a mellékterméket hasznosítják.

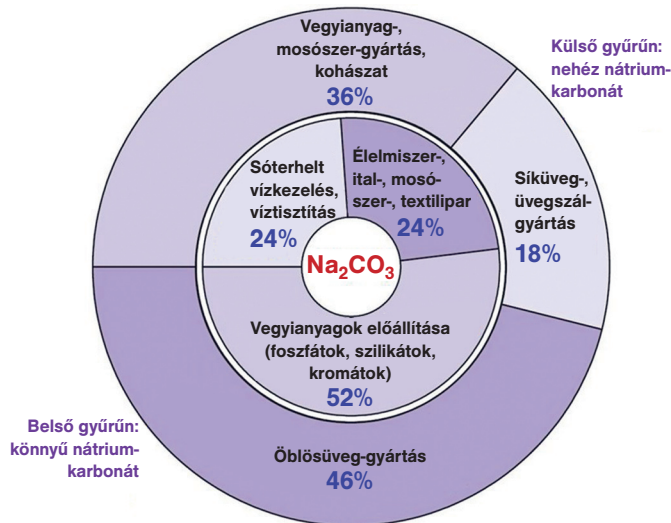
A nátrium-karbonát és felhasználása

A szóda jellemző minőségében szilárd, fehér-szürkésfehér, higroszkópos, kristályos por, amely vízben jól oldódik, oldata lúgos kémhatású (de nem maró). A vízmentes szóda olvadáspontja 851 °C, vízben való oldhatósága 35 °C-on maximumot ér el, nagyobb hőmérsékleten csökken.

Kétféle ipari szódát állítanak elő. Ezeknek egyaránt 98–99% a nátrium-karbonát-tartalma (kb. 0,5%-ban nátrium-kloridot, 0,2%-ban nátrium-szulfátot és 0,2%-nyi oldhatatlan anyagot tartalmaznak), csak térfogattömegükben (g/l) különböznek egymástól. A könnyű forma (550 g/l térfogattömegű) közvetlen a gyártás végén létrejövő vegyület, amely 0,5%-nál kevesebb nátrium-klorid-tartalmú. A megnövelt kristálysűrűségű és sűrűségű nehéz nátrium-karbonát (1,000 g/l térfogattömegű) a könnyű nátrium-karbonát a monohidráttal ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), történő hidratálással, majd ezt követő dehidratálásával alakul ki. A nehéz nátrium-karbonátot főleg szilárd, a könnyű változatot oldott állapotban hasznosítják.

Jelenleg Kína a világ legnagyobb nátrium-karbonát-előállítója. A világon évente termelt 52 millió tonnából Kína 25, Amerika 12, Európa 11 és Oroszország 0,71 millió tonnát állít elő.

A nátrium-karbonát fontosabb felhasználási területei a **3. ábrán** követhetők.



3. ábra. A nátrium-karbonát felhasználása

A textilipar számos folyamatnál alkalmazza szódát, így többek között a zsíros gyapjú, majd a gyapjuszövetek mosásánál; a nyers pamutfonalak és kelmék lúgos főzése során, a szükséges nátrium-hidroxid bizonyos hányadának helyettesítésére; a nátrium-hipokloritos fehéritésnél az alkálikus pH csökkenésének megakadályozására; egyes színezési (pl. a reaktív színezékek reakcióképességétől függő alkálikus közegéhez), nyomási eljárásoknál (beleértve a maró technológiát is) a lúgos kémhatás biztosítására; savas kémhatású kezelőfürdők után semlegesítésre; a mészsódás vízlágyításnál a változó keménységet okozó kalcium- és

magnézium-hidrogén-karbonátokat mésztejjel [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], az állandó keménységet okozó kalcium- és magnézium-kloridokat és -szulfátokat szódával csapják ki lesűrűsíthető kalcium-karbonátként (CaCO_3).

Magyar vonatkozások

Az első szódagyár Marosújváron (a Maros bal partján, Tordától 24 km-re délre, Nagyenyedtől 21 km-re északkeletre fekszik) 1894-ben létesült, 1896-ban kezdett termelni Solvay Üzemek Rt. néven. Egy német [Verein für Chemische und Metallurgische Produktion (Karlsbad)] és egy belga társaság [Societe Solvay & Co. (Brüsszel)] alapította.

A marosújvári helyszín azért volt előnyös, mert a szódagyártáshoz szükséges anyagok a környéken rendelkezésre álltak (kimeríthetetlen sókészlet, mészkő a Tordai-hasadéknál és a bő hozamú Maros vize). Eleinte két részleg működött, kalcinált mosószódát, illetve kristályosított szódát állítottak elő, a harmadik, marosódagyártó üzembrész 1909-ben indult be. A Solvay-féle szóda- és ammóniagyár évi ezer-kétezer vagon szódát termelt, ez majdnem teljesen fedezte az akkori Magyarországot szükségletét. 1912-ben a Maros árville előntötte a bányák lejárata, de megoldották a további sónyeresést, elsőként bevezették a só vezetékes módszerű kinyerését.

A mosószóda múltja és jelene

Az emberiség a meleg vizet csak igen kis mennyiségű zsiradékok eltávolítására tudta használni. Már az ókori Egyiptomban is alkalmazták a mosószódát a különböző textíliák tisztításához, amit a nátriumtartalmú kőzetek bomlásakor keletkező nátrium-karbonát összegyűjtéséből nyertek. A lúgos anyagok – így pl. a vízben nátrium-hidroxidra hidrolizáló szóda – zsíros szennyeződések szappanosítással eltávolító előnyös hatása hamar ismertté vált. Az ókori népek nemcsak általános tisztítószerként használták a szódát, hanem különböző ételek tartósságát is ezzel őrizték meg.

Száraz időszakban a szikes tavak medre hazánkban is kiszárad, és kivirágzik a sziksó (**4. ábra**). Ennek összegyűjtését sepréssel végezték – általában napfelkelte előtt –, ami késő ősziig tartott. A kis halmokba rendezett sziksót hagyták néhány napig megszeállni. Ezután a „kuksógyárakban” hígították, szűrték és kásaszerűvé főzték, legvégül kihevítették. Így jött létre a kuksó, amelyet nemcsak mosásra, hanem szappanfőzésre és üvegyártásra is használtak.

A mosószóda – a nátrium-karbonát dekahidráta ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) – víztartalma kb. 63 tömeg% – reneszánszát éli a háztartásokban. Környezetkímélő hatása következtében is előtérbe kerül

4. ábra. Sziksó a Hortobágyon





egy szennyeződésre gyakorolt tisztító hatása mellett. A mosószóda reklámozott kiváló vízlágyító szerepe nem egyértelmű, miután a változó keménységet okozó vízben oldott sókra hatástalan, csak az állandó keménységet okozó oldott kalcium-, magnéziumsókat csapja ki (az így képződött csapadék szürke bevonatként rátapad a textíliákra, ha elmarad a szerves savas kezelés).

A háztartási mosóporokban számos összetevő mellett – 15–30 tömeg%-ban – a szóda is jelen van. Erről könnyen meggyőződhetünk, ha kiskanálnyi mosószeret veszünk markunkba, majd ökölbeszorított kézzel hideg vízbe nyúlunk (a kezünk melegszik, a szóda hidrolízisekor bekövetkező hőfejlődést érzékeljük).

KÖNYVISMERTETÉS

„Politikailag még sokat kell vele foglalkozni”

(Szalai Barnabás Tamás: *A Fasori Gimnáziumtól a Műegyetemig. Liptay György életútja. Lexica Kiadó, 2017*)



Liptay György professzor emeritusz 85. születésnapjára a Lexica Kiadó gondozásában könyv jelent meg az életéről. Remek ötlet az igen gazdag és – mondhatjuk – kalandos életút összefoglalása, amelyben hősünk leginkább egyes szám első személyben számol be élményeiről. Liptay professzor mellett, hogy kiváló oktató és kutató volt, jelenleg is széles körű tiszteletnek és elfogadottságnak örvend, és ma is részt vesz a kémiai közéletben, sőt sokszor számítanak a tanácsaira. Ha két jellemvonását kellene kiemelnem, akkor az a bölcsesség

és a humor lenne. Bár nehéz időköt élt meg, karrierje alakulását is gátolták, soha nem veszítette el lelkesedését és szakmailag is sokra vitte. Ma is aktív és szeretett tagja kémiai szakmai közösségeknek.

Egyetemi hallgatói éveiről sok emléket őriz. Kiváló tanuló volt, de nem minden érdekelte. Erről a következőket mondja: „Általában jól teljesítettem, de persze voltak kivételek. 1951-ben például majdnem minden tárgyból jelest kaptam, de politikai gazdaságtanból éppen csak átmentem elégséggel. Ezt még az Aulában is kifüggesztették a szegényfalra, az egyetemről pedig majdnem kizártak.”

Önmagáért beszél, hogy az 50-es években, a Zemplén–Beke-érában, hogyan zajlott a szerves kémia oktatása és a számonkérés. „Zemplén professzor nagy ritkán belátogatott a tanszékre. Egyszer úgy volt, hogy meglátogat egy vizsgát. Köztudott volt, hogy a 20. század közepén (!) nem hitt a modern elméletekben, csak a preparatív munkát tartotta fontosnak. Vizsgánk előtt a tanuló kör vezetője figyelmeztetett, hogy ha Zemplén professzor bemegy a vizsgára, még véletlenül se beszéljünk elektronokról vagy nukleofil támadásról, Beke tanár úr nem fogja rossz néven venni, ha az általa is előadott modern dolgokat nem említjük.”

Későbbi feleségével, Gabival is az egyetemen ismerkedett meg:

A szóda kifejezés kapcsán felmerül a szódavíz elnevezés eredete is. A nyomás alatt lévő – kizárólag szifonfejes palackban tárolt – szénsavas italt másként szikvízként, a köznyelvben szódaként emlegetik. A szikvíz szó onnan ered, hogy a készítéséhez felhasznált szénsavat tévesen a sziksóval (nátrium-karbonát, szóda) azonosították. Közismert, hogy 2013-ban a „szikvíz” bekerült a Magyar Értéktárba.



IRODALOM

- [1] Preisch Miklós (szerk.): Vegyipari termékek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- [2] Rusznák István (szerk.): Textilkémia II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1988
- [3] Bercsényi L. György, Dr. Péter Ferenc: Textilipari vegyszerek kémiája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.

„1955-ben az egyik évfolyambulira a tanársegédek is meghívták. Megismertem ott egy kedves másodéves vegyészhallgatót. Pirosposztag arcú, rövid hajú lány volt, akivel ezt követően gyakran találkoztunk. Ekkor még hozzánk járt a laborba, így meggyőztünk abban, hogy az egyetemen nem találkozunk, mert az illem és a szabályzat ezt követelte.”

Felemelő élményt jelentett számára az 1956. október 23-i forradalom, amikor este a tanszéken is volt dolga, és Gabival is találkozója lett volna. „Különleges élmény volt a többezres, hőmpolygó tömeggel szembe, ellenáramban visszajutni a tanszékre. Bezártam a tanszékem, és a diákszálló elé siettem, ahol randevüm lett volna egy lánnyal, aki később a feleségem lett.”

Politikai beállítottságáról, illetve annak megítéléséről a következőképpen vall: „Politikailag nem voltam a legtámogatottabb ember, a káderlapom arról mesélt az érdeklődőknek, hogy politikailag inaktív vagyok, a véleményemet nem mondom el, de elengedő megnyilvánulást nem tapasztaltak nálam.” A káderlapján az szerepelt, hogy „szakmai fejlődése biztató, de politikailag még sokat kell vele foglalkozni”.

Liptay professzor huncutságát jól példázza a következő történet. „Szakszervezeti pályafutásom csúcса az volt, amikor még a tizedik évben is munkatervet kellett leadnom a bizottságnak. Már tényleg semmit sem tudtam kitalálni, ezért gondoltam egyet, és átadtálva leadtam a tíz évvel korábbit. Sokat elárul a rendszer működéséről, hogy külön dicséretet kaptam, miszerint az új munkatervem egészen kiválóra sikeredett.”

Liptay tanár úr legfontosabb kutatási területe a termikus analízis módszereinek különféle alkalmazásaihoz kötődik, ami ipari jelentőséggel is bír. „Először azzal foglalkoztunk, hogy a szárítás és izzítás során milyen folyamatok mennek végbe. Később ebből alakultak ki az ipari alkalmazási lehetőségek.”

Egy erdélyi konferencia vendéglátójának hálás volt Liptay professzor, és úgy érezte, valahogy viszonznia kell a meghívást. „Meg is kérdeztem az erdélyi professzort, hogy mivel hálálhatom meg, hogy elfuvarozott minket. Felejthetetlen válasza kitűnően fémjelzi az akkor uralkodó állapotokat: Kérhetek tőled valamit? Légy szíves, küldj nekem öt csomag óvszert.”

A fentebb kiragadott mozaikok is jól példázzák, hogy a Liptay György életéről szóló könyv egyrészt igen jó korpépet ad az 50-es, 60-as, 70-es évekről, másrészt mindezt – az esetenként drámai történések ellenére – könnyed, sőt humoros formában teszi. A könyv mindenki számára kellemes olvasmány lehet, aki érdeklődik a rendszerváltást megelőző négy évtized valósága iránt, egy tehetséges egyetemi oktató életén keresztül bemutatva.

Keglevich György



TÚL A KÉMIAŊ

Állattartási egyenlőtlenségek

A gazdasági egyenlőtlenségek átlagos mértéke, amelyet ma a leggyakrabban a Gini-együttható segítségével adnak meg, minden társadalom fontos jellemzője, de archeológiai kutatásokból elég nehéz megbecsülni az értékét. A korábbi próbálkozások általában sírokból talált tárgyakon vagy egy adott helyen nehezen hozzáférhető árucikkeken alapultak. Egy közelmúltban publikált tanulmányban egy társadalom lakóhelyeinek méreteiből becsülték meg a Gini-együtthatót, majd kimutatták, hogy ez jelentősen korrelál a háziállat-tartás, illetve a földművelés elterjedésének mértékével. Meglepő, hogy a kőkorszakban igen markáns különbséget tapasztaltak az amerikai kontinens és Eurázsia között. Az Atlanti-óceántól keletre sokkal több volt a nagy testű, háziasítható állat, s ez kedvezett a vagyonfelhalmozásnak, így a gazdasági különbségek kialakulásának.

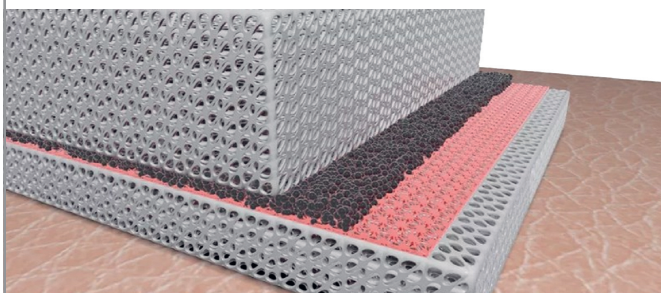
Nature 551, 619. (2017)



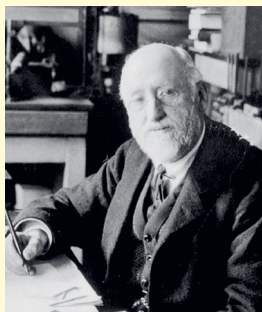
Kétoldalú szövet hideg és meleg napokra

Amerikai tudósok olyan új, kompozit típusú anyagot dolgoztak ki, amely ruhaszövetként viselve egyik irányban hatékonyan hűt, a másik irányban pedig fűt. A meleg emberi test mindig infravörös sugárzást bocsát ki, ez nagyjából a felét jelentheti a szokásos hővesztésnek, így szabályozása kulcskérdés a hőérzet szempontjából. A kompozit egyik fele mikrométeres vastagságú szénréteg, amely igen hatékonyan bocsát ki infravörös sugárzást; a másik fele rézből készül, amely aligalig emittál ebben a tartományban. Mindkét réteget speciális nanopórusos polietilénnel fedték be, ez az infravörösben teljesen átlátszó, de a polimer bevonat a rézen csak feleannyira vastag, mint a széntartalmú oldalon. Ha a rézzel befelé viseli valaki a szövetet, akkor a vékony polimer és a réz hatékonyan vezetik a hőt, amelyet aztán a szén kisugároz. Megfordítva a viselés irányát viszont a vastagabb polietilén-réteg jelentős szigetelő hatást fejt ki, s ez akár egy pulóvernél is kellemesebb lehet hideg napokon.

Sci. Adv. 3, e1700895. (2017)



CENTENÁRIUM



W. M. Bayliss: Alcohol: Its Action on the Human Organism *Nature*, Vol. 101, pp. 122–123. (2018. április 18.)

Sir William Maddock Bayliss (1860–1924) angol fiziológus volt. Nevéhez fűződik a gyomorban szerepet játszó szekretin hormon felfedezése, illetve a gyomor- és bélmozgások részletes tanulmányozása. A fentebb idézett közlemény egy könyv ismertetője, ennek utolsó bekezdésében a következő olvasható: “On the whole, it seems to the reviewer that if a man knowing nothing about the question were to pick up this volume he would scarcely be tempted to commence the consumption of alcohol.”

Magvas szűrés

Ivóvíz-előállításra is alkalmas lehet a szűrés módszer, amely során szűrőközegként homokból és a csodafa (*Moringa oleifera*) magjainak kivonatából készült keveréket használnak. Próbakísérletekben az eljárás nagyon hatékonyan távolította el az *Escherichia coli* baktériumokat, így az igen csekély költségigény miatt a fejlődő világ országaiiban a remények szerint akár széles körben is elterjedhet. A magok kivonatában az eddigi kutatások szerint olyan, nagy pozitív töltésű, vízdoldható fehérjék vannak, amelyek elődleges szerepe a baktériumellenes védekezés. Sajnos a magokat közvetlenül nem lehet víztisztításra használni, mert belőlük egyéb szerves anyag is nagy mennyiségben kioldódik. Ezen a problémán segít a homok használata, amelynek felületéhez lényegében csak a védőfehérje kötődik. A szűrő kifejlesztését végző kutatócsoport az eszköz 1 méter magas, 70 centiméter átmérőjű vázozatát is megépítette, amely naponta akár 1000 embert is képes ivóvízzel ellátni.

Environ. Sci. Technol. Lett. 5, 38. (2018)



APRÓSÁG



Mauritius 2015 januárja óta hivatalban lévő, sorrendben hatodik köztársasági elnöke, Bibi Ameenah Firdaus Gurib-Fakim az 1980-as évek végén szerves kémiából szerzett PhD-fokozatot az angliai Exeter egyetemen.

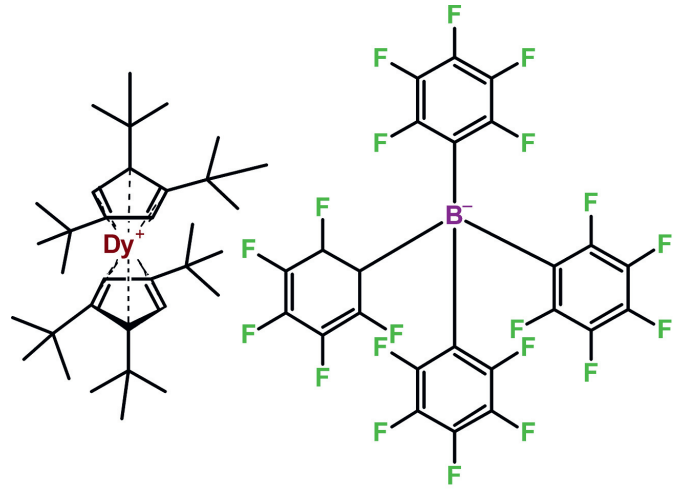
Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.

A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://www.inorg.unideb.hu/LenteBlog/index_magyar.html

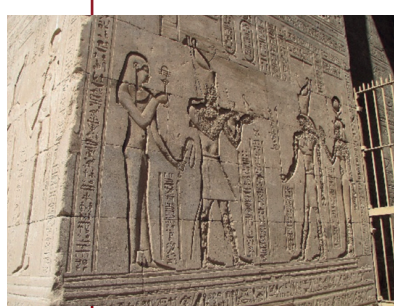


A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az ábrán látható diszpróziiumkomplex ($C_{58}H_{60}BDyF_{20}$) a molekuláris mágnesek mintegy 25 éve megismert (általában lantanidákat tartalmazó) családjába tartozik, amelyek a várakozások szerint nagy szerepet játszhatnak majd a jövő információátvitelében. Az ilyen anyagok egyik alapvető jellemzője a mágneses hiszterézis jelensége, amely egyfajta mágnesezési memóriaeffektusnak is tekinthető. A bemutatott vegyület ezt a hatást már 60 K-en is mutatja, amely minden eddig ismert analógnál lényegesen magasabb hőmérsékletnek számít. *Nature* 548, 439. (2017)



Légekörkémia és zavargások az ősi Egyiptomban



Régóta ismeretes, hogy a vulkánkitörések során a levegőbe jutó szulfáttartalmú aeroszolnak a Föld globális időjárására jelentős hatása van. Ennek érdekes új bizonyítékát találták abban a tanulmányban, ahol a grönlandi és antarktisi jégmintákból származó mintákban vulkánkitörések nyomai és a Nílus vízállásáról i.sz. 622 óta folyamatosan gyűjtött adatok között kerestek összefüggéseket. Egyértelmű volt a korreláció: a jelentős vulkánkitörések után a Nílus nyári áradása átlagosan 22 centiméterrel alacsonyabban tetőzött, mint a kitörésmentes években. A hatást tovább tanulmányozva korábbi történelmi időkre pedig azt tapasztalták, hogy az időszámításunk előtti első három évszázadban a történelmi feljegyzések sokkal gyakrabban említenek zavargásokat a vulkánműködéses években, mint máskor. Ennek a hatásnak a modern korok számára is lehet tanulsága: a Föld lakosságának mintegy kétharmada jelenleg olyan területeken él, ahol a monszonnak jelentős szerepe van a mezőgazdaságban.

Nat. Commun. 8, 900. (2017)

Villámgyors magreakciók



A villámlások akár természetes részecskegyorsítóként is felfoghatók. A nagy kisülések során elektronok közel fénysebességgel szakadnak ki a molekulákból, és az ebből eredő fékezési röntgensugárzás intenzitása elég nagy lehet ahhoz, hogy „fotomagreakciókat” váltson ki, így szabad neutronok és pozitronok keletkezzenek a korábban még minden kétséget kizáróan nem bizonyított $^{14}N(\gamma,n)^{13}N$ folyamatban. 2017. február 6-án Japánban egy vihar egy külön erre a célra készített gamma-sugárzás-detektor közelében haladt el, így ezt az elméletet részletes mérésekkel is alá lehetett támasztani. A pozitronok keletkezését a pozitron-elektron kölcsönhatásban létrejövő annihilációs sugárzás kimutatásával egyértelműen igazolták.

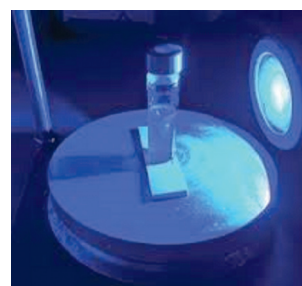
Nature 551, 481. (2017)

Hipertúlhűtött víz

Amikor a tiszta vizet $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá sikerül túlhűteni, a fagyás két lépésben történik meg. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül egy vékony jéghártya képződik, s az ekkor felszabaduló hő miatt a maradék rész csak kb. $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on fagy meg. A hipertúlhűtés (hypercooling) az a jelenség, amikor ez a két lépés egyszerre történik meg. Korábbi becslések a víz hipertúlhűtési hőmérsékletét $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ közelébe becsülték, ennek kísérleti megerősítése reménytelen feladatnak számított. Új, minden eddiginél részletesebb számítások alapján viszont majdnem 100 fokkal feljebb vették az elméletileg számolt értéket ($-64\text{ }^{\circ}\text{C}$). Eddig a hipertúlhűtési hőmérsékletet csak nagyon kevés anyagra sikerült megmérni, az új eredmények viszont reményt adtak arra, hogy a víz lehet a következő ebben a sorban.



J. Phys. Chem. Lett. 9, 471. (2018)



Megvilágosodott hidrogénizotópcseré

A hidrogén nem szelektív helyettesítése deutériummal vagy tríciummal több különböző kutatási célból is hasznos lehet a gyógyszer-molekulákban. Az ilyen típusú izotópcseré azonban szintetikusán többnyire pont ott nehezen megvalósítható, ahol hasznos lenne: szénhez kapcsolódó hidrogének esetében. Ezért számít nagy előrelépésnek a nemrégiben kidolgozott módszer, amely segítségével nitrogénatom melletti szénatomokon lehet ilyen szubsztitúciót nagy valószínűséggel véghez vinni. Az eljárás lényege egy kimondottan erre a célra kifejlesztett irídiumtartalmú fotokatalizátor használata, amely nehésvizet (D_2O -t vagy akár T_2O -t is) használ izotópporrásként. Az új módszert 30 különböző, a gyakorlatban is használt gyógyszer-molekulán tesztelték, ezek mindegyikében 5 és 9 közötti helyen sikerült lecserélni a hidrogén-1 izotópot.

Science 358, 1182. (2017)



MEGEMLÉKEZÉS

László Károly (1924–2017)



László Károly okleveles gépészmérnök a MOL Nyrt. Dunai Finomító jogelődje, a Dunai Kőolajipari Vállalat (DKV) egykori alapító munkatársa, fejlesztési főmérnöke volt. Halimbán született, földműves családban, 1924-ben. Általános és felsőkereskedelmi tanulmányait követően előbb mérlegképes könyvelő, majd gépészmérnök lett. Gépészmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki

Egyetemen szerzett 1964-ben, vegyipari gépész szakágban.

Az olajiparral 1944-ben jegyezte el magát, amikor a Shell Csepeli Finomító munkatársa lett. Pályafutását beszerzőként kezdte, később dolgozott a finomító önellátási és szállítási osztályán. 1951-től beruházásokkal foglalkozik. 1960-ban az Országos Kőolaj- és Földgázipari Trösztben (OKGT) kap feladatot és ugyanabban az évben az akkor megalakuló Dunai Kőolajipari Vállalat (ma: MOL Nyrt. Dunai Finomító) alkalmazottja, alapító munkatársainak egyike lesz 4-es törzsszámmal. 1965-től beruházási főosztályvezető, 1978-tól fejlesztési főmérnök.

Irányította a DKV I–II. és III. beruházási szakaszát, az első 28 technológiai és számos segédüzem, valamint más létesítmény megépítését. Részt vett a vállalat korrekt és sikeres szellemiségének alakításában, az őt követő generációk szakembereinek nevelésében. Meghatározó szerepe volt továbbá Százhalombatta első 160 lakása, első iskolája, szállodája és a finomító dunai hajókiötője megépítésében. Szakcikkeket publikált. Új, korszerű beruházásszervezési módszereket fejlesztett ki, honosított meg és terjesztett el a szakmában. (Munkásságáról bővebben a „Beszélések az Olajiparról VIII.” című kötet 235–254. oldala szól.)

Legendás munkabírása, memóriája, jellemes egyénisége révén az iparágban tisztelet, megbecsülés övezte. Példakép volt. Számos szakmai, állami díjjal és a Pro Urbe Százhalombatta kitüntetéssel rendelkezett.

1985-ben vonult nyugdíjba. Rövid kórházi tartózkodás után 94 évesen, 2017. december 19-én érte a halál.

Gombás Vilmos

Békássy Sándor (1941–2017)



A BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék kollektívája búcsúzik szeretett kollegájától, Békássy Sándor professzortól, aki 2017. május 4-én váratlanul elhunyt.

Békássy Sándor 1964-ben szerzett vegyészmérnöki oklevelet a BME Vegyészmérnöki Karán. Utána a Szerves Kémia Tanszéken tanársegédi kinevezést kapott (és főleg analitikai területen tevékenykedett), majd néhány év

múlva átkerült a Szerves Kémia és Technológia Tanszékre, így az „első generációs” oktatók közé tartozott. Kezdetben az „Általános és szintetikus” részlegben oktatót/kutatót. Kromatográfiai érdeklődése mellett vázkatalizátorok jellemzése és heterogén katalizátorként való alkalmazása képezte a témáját. A szintetikus

ágazaton technológiai tárgyakat oktatót, tervezési feladatokat irányított, és laborgyakorlatokat vezetett. 1982-ben megszerezte a kémiai tudomány kandidátusa fokozatot, és két év múlva, 43 évesen docens lett. Néhány doktori értekezés is készült a vezetésével. Kiválóan beszélt franciául és angolul. Az 1995-ös kényszerű Bokros-csomag egyik elszenvédője volt: 54 évesen nyugdíjazták. Ezután egyetemi magántanárként dolgozott tovább a Tanszéken. 2005-ben, 64 éves korában szerezte meg az MTA doktora fokozatot. Összesen 70 cikk és néhány szabadalom szerzője/társ szerzője.

Az elmúlt 18 évben a keresztféléves technológiai tárgyban volt társelőadó, és részt vett a doktoráns főtárgy oktatásában is. Szervezte és vezette a doktoránsbeszámolókat. A hallgatók értékelték finom és hallgatóbarát, ugyanakkor igényes stílusát. A korával járó egészségügyi problémái (bár sikeres kezeléseken/műtéteken volt túl) nem múltak el nyomtalanul. Az utóbbi években már nem vizsgáztatott.

75. születésnapján még a tágabb tanszéki közösség előtt méltattuk oktató-kutató munkáját és emberségét. Váratlan halála megrázta a tanszéki kollektívát. Finom egyénisége és jellegzetes kedves mosolya hiányozni fog. Sanyi, nyugodj békében!

Keglevich György

Hideg Kálmán (1934–2018)



Hideg Kálmán, az MTA doktora, a PTE ÁOK professzor emeritusa, a PTE ÁOK Szerves és Gyógyszerkémiai Intézet alapítója és első igazgatója, a Debreceni Egyetem címzetes egyetemi tanára, biológus-, gyógyszerész-, kémiatanár-, vegyész- és vegyészmérnök-hallgatók generációinak elhivatott oktatója, 2018. január 19-én elhunyt.

Hideg Kálmán 1934-ben született Belsőbócsón. Középfelsőfokú tanulmányait a Sárospataki Református Gimnáziumban, majd a Mezőkövesdi Gimnáziumban végezte. A Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen 1957-ben szerzett vegyész diplomát, ahol a Bognár Rezső professzor vezette Szerves Kémia Tanszéken dolgozott diplomázó hallgatóként, de a Biogal Gyógyszergyár is alkalmazta externistaként. A diploma megszerzését követően 1957 és 1959 között a Debreceni Agrártudományi Egyetemen oktatott. Évfolyamtársával, Hankovszky Olgával 1958-ban kötöttek házasságot; 1959-ben a Pécsi Orvostudományi Egyetemre, a Méhes Gyula professzor által vezetett Gyógyszertani Intézetbe kerültek. Kutatómunkája kezdetben a benzazolok és 6,7-benz[1,5]tiazepinek kémiája területén koncentrált. 1979-ben szerezte meg a kémia tudomány doktora fokozatot a „Heterociklusos vegyületek szintézise β -elektrofil ketonok és dinukleofilek reakciójával” című értekezése alapján. Az 1970-es években néhai Tigyí József akadémikus javaslatára kezdett foglalkozni a stabilis nitroxid szabad gyökök szintézisével, és mindezt olyan nemzetközi elismertséggel, hogy 1979-ben az akkori POTE-n rendezték meg az első Stabilis Nitroxid Szimpóziumot. Ez volt az első alkalom, hogy az akkori vasfüggöny két oldalának e tématerülettel foglalkozó kutatói Pécsen találkozhattak. Hideg professzort 1986-ban nevezték ki egyetemi tanárnak a Pécsi Orvostudományi Egyetemre, 2004-től a Pécsi Tudományegyetem emeritus professzora lett. Főbb kutatási területei: heterociklusos és makrociklusos vegyületek szintézise, aliciklusos nitron spin-



csapdák szintézise és alkalmazása, kardioprotektív antioxidáns farmakonok kutatása, szabad gyökökkel jelölt biomolekulák (aminosavak, fehérjék, gyógyszerek, foszfolipidek) szintézise és szerkezetvizsgálata voltak. Ezen témakörökben az elmúlt 58 évben 330, jórészt angol nyelvű közleménye és több szabadalma jelent meg, amelyekre több mint 5000 hivatkozás történt. Témavezetésével 15 szakdolgozat és diplomamunka, 6 PhD-, illetve kandidátusi értekezés készült, 2001 és 2004 között pedig a PTE Gyógyszerésztudományi Doktori Iskolájának vezetője volt. Munkásságát számos kitüntetéssel ismerték el, melyek közül kiemelendő a Teva Gyógyszerkutatói Díj, a Magyar Köztársaság Tiszti Keresztje, a Zemplén Géza-díj, az International EPR Society „Silver Medal”-ja, Pécs Város Tudományos díja, az Eötvös József-koszorú, a Kajtár Márton-emlékplakett.

A megemlékezés végére engedtessek meg egy szubjektív mondat is: pályafutása során számos helyre (USA, Japán, Németország, Anglia, Kanada) és számtalan alkalommal hívták, hogy alapítson ott kutatócsoportot. Ő mindig visszautasította ezt a lehetőséget, hű maradván munkatársaihoz, egyeteméhez, hazájához.

Nyugodjék békében, emlékét kegyelettel őrizzük.

Kálai Tamás

TUDOMÁNYOS ÉLET

Kozmetikai Szimpózium, 2017

Hagyományainkhoz híven, Budapesten, a Hotel BARA-ban tartottuk éves nagyrendezvényünket. Ezúttal a hangsúly a természetes eredetű hatóanyagok felhasználásán volt. A résztvevők száma ezúttal is meghaladta a 90 főt.

A szimpóziumot Erős István emlékére rendeztük. Erős professzor úr 1982 óta volt tagja a Magyar Kémikusok Egyesületének. 1980-tól a Kozmetikai és Háztartásvegyipari Szakosztály vezetőségi tagja, 2015-től a Kozmetikai és Háztartásvegyipari Társaság tudományos titkára. 2017-ben történt halála jelentős veszteség a Magyar Kémikusok Egyesülete számára. A megemlékezést Csóka Ildikó, az SZTE docense tartotta.

A szimpóziumon elhangzó előadások jelentős új ismereteket adtak, elsősorban a hatóanyagok, hatásmechanizmusok és vizsgálati módszerek terén. A bőr különböző rétegeibe felszívódó vagy fel nem szívódó hatóanyagok Raman-mikroszkópos detektálása új lehetőséget jelent a hatóanyagok penetrációjának vizsgálatában. Az eredményeket az SZTE Gyógyszerkeletológiai és Gyógyszerfelügyeleti Intézetének munkatársai, Berkó Szilvia, Kovács Anita prezentálták.

Olivier Paquette (Safic Alcan cég) a pünkösdi rózsza (*Rosa roxburghii*) gyökérkivonatának photo-aging elleni hatásáról beszélt új megközelítésben, amely a sejtközötti állomány mikro-RNS-ének szerepét hangsúlyozza.

A Provitál Sp képviselőjében Maciej Siekierski számolt be a Detoskin nevű vegyületről, mely sejtszinten pozitív hatással van a kollagén állapotára és mennyiségére.

Szimpóziumunk állandó résztvevője a Kurt Richter GmbH. Axel Bandow előadásában a CLR 30 év munkájával kifejlesztett és a 80-as években piacra dobott repair komplexén túlmenően beszámolt az új, probiotikus hatású hatóanyagáról, mely forradalmi előrelépés a kozmetológiában.

Marton Szilvia érdekes és színes előadást tartott a hialuronsav felhasználásáról.

Először üdvözlöttük a francia KOBO Products SAS céget. Hana

Clegg a jojoba észterrel és sztearoil glutaminsavval modifikált szerves pigmentek kozmetikai felhasználásáról tartott előadást.

Az MTA TTK kutatója, Bóta Attila az urzolsav szerepét mutatta be az unilamellás liposzómák kialakulásának folyamatában.

A kozmetikumok veszélyeiről, a bőr irritációról, a kozmetikai allergénekről Bartha Csilla, a Caola Zrt. kutatómérnöke tartott színes előadást.

A természetes hatóanyagok közt különleges helyet foglal el a vérehulló fecskefű (*Chelidonium majus*). Az orvosilag igazolt antitumorális és perifériás keringést segítő hatása mellett az előadás bőrön való felszívódásával foglalkozott, melyről Szentmihályi Klára számolt be.

Gyógynövény-kivonatok és -hatóanyagok előállítására hasznos környezetbarát módszer a szuperkritikus extrakció, amelyről a BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karának Extrakciós Kutatócsoportjában dolgozó Vági Erika beszélt.

Fontos és érdekes tanulságok vonhatók le a natúr kozmetikai termékek irritációs vizsgálati eredményeiből. A Szent István Egyetemen Mérőné Nótás Erika végzi a méréseket. A ZEIN-tesztel történő vizsgálat során kiderül, hogy nem jelent garanciát a natúr megjelölés az irritációmentességre.

A szimpóziumon minden évben lehetőséget biztosítunk a kozmetikai iparban működő cégeknek, kutatócsoportoknak a bemutatkozásra, eredményeikről, kooperációs lehetőségeikről való beszámolásra. Ez évben a Naturland Magyarország Kft. sokirányú tevékenységét ismertük meg.

Szirmai Sándor

34. alkalommal rendezték meg a Borsodi Vegyipari Napot

Miskolc, 2017. november 22.

A Magyar Kémikusok Egyesülete BAZ Megyei Területi Szervezete és a Miskolci Akadémiai Bizottság Vegyszereti Szakbizottsága, a hagyományoknak megfelelően, a Magyar Tudomány Ünnepeinek hónapjában rendezte meg a Borsodi Vegyipari Napot. A 34. BVN-nek ismét a patinás Miskolci Akadémiai Bizottság székháza adott otthont. A rendezvényt Dr. Gál Tivadar, a MKE Borsod-

A születésnaposok köszöntése (balról: Gál Tivadar, Pálinkó István, Androsits Beáta, Balogh Imre, Tóthné Gaál Hella, Bordás Zoltánné, Joó Gyula)





Abauj-Zemplén megyei elnöke nyitotta meg, majd Dr. Pálinkó István, az MKE főtítkára is köszöntötte a résztvevőket.

Az idén három BAZ megyei MKE-tag is ünnepelte a 75. születésnapját, Bordás Zoltánné (BorsodChem), Dr. Joó Gyula (Miskolci Egyetem) és Vigh László (MOL Petrolkémia). Az ünnepelteteket Androsits Beáta, az MKE ügyvezető igazgatója, Tóthné Gaál Hella, a BorsodChem Munkahelyi Csoport elnöke és Balogh Imre, a MOL Petrolkémia Munkahelyi Csoport vezetőségi tagja köszöntötték.

Az előadások jellemzően „A kémia szerepe a jövő iparában” tárgykörét érintették. Előadónak nemcsak neves professzorokat és vállalati vezetőket kértek fel a szervezők, hanem az utánpótlás kérdését komolyan véve középiskolás és egyetemista hallgatók is beszámolhattak eredményeikről.

A délelőtti szekcióban a levezető elnök Dr. Gál Tivadar, míg az ebédszünet után Dr. Lakatos János, a MAB Vegyészeti Szakbizottság elnöke felügyelte a BVN programját. Az alábbi előadások hangzottak el: Kémiai adatbázisok és adatbányászat (Prof. Dr. Viskolcz Béla, egyetemi tanár, Miskolci Egyetem), Az ipar energiaellátási kérdései (Schwady Miklós, a Tiszai Erőmű volt vezérigazgatója), Relaxációs módszerek a polimerkutatásban (Prof. Dr. Marossy Kálmán, tud. főmunkatárs, BorsodChem Zrt., egyetemi tanár, Miskolci Egyetem), Hipoklorit- és klorátionok „online” meghatározásának lehetőségei (Dr. Bánhidi Olivér, címzetes egyetemi tanár, Miskolci Egyetem), A nemzetközi kémia diákolimpiáról (Sajgó Mátyás középiskolás tanuló, Földes Ferenc Gimnázium, felkészítő tanár: Endrész Gyöngyi), Ipari kormon végzett kísérletek, kenőképeség meghatározása céljából (Sándor Csaba, anyagmérnök-hallgató, Miskolci Egyetem), Nitrofenol-tartalmú technológiai vizek kezelési lehetőségei (Pócsi Zsuzsanna, labormérnök és Szabó Éva, fejlesztőmérnök, BorsodChem Zrt.), Többfalú szénnanocső-alapú kompozitok előállítás, vizsgálata és alkalmazása (Dr. Németh Zoltán, tud. munkatárs, Miskolci Egyetem), Gömbök és pálcikák – Kémia a monitoron keresztül (Dr. Fiser Béla, tud. segédmunkatárs, Miskolci Egyetem; Marie Curie Alumni Association Magyar Tagozat).

A rendezvény vonzerjét az is növelte, hogy nem kötött regisztrációhoz, továbbá részvételi díja sincs.

A rendezvényt az MKE mellett a BorsodChem Zrt. és a MOL Petrolkémia támogatta.

A közel 70 résztvevő hasznos ismeretekkel gazdagodott, továbbá lehetőség volt az előadókkal való kötetlen beszélgetésre is.

**Magyar Kémikusok Egyesülete
BAZ Megyei Területi Szervezete**

Hetedszer adták át a Cornides István Tudományos Díjat

Az Egyesület Tömegspektrometriai Társasága 2017. december 6-án tartotta „szokásos” őszi Szakmai Napját az MTA Természettudományi Kutatóközpontjában. A rendezvényen megjelent mintegy 80 résztvevő nyolc előadást hallgathatott meg a hazai tömegspektrometriai kutatások legújabb eredményeiről. Az előadások szerzői mintegy tucatnyi intézetet reprezentáltak. Az Egyesületet Simonné Sarkadi Livia elnök és Androsits Beáta ügyvezető igazgató képviselte.

A rendezvény első részében, az elnöki köszöntőt követően, Tölgyesi Ádám könyvbemutatójára került sor, amely méltó emlé-



A Cornides István Tudományos Díj átadása (balról: Riedel Miklós, Androsits Beáta, Vékey Károly, Lelik László, Frigyes Dávid, özv. Cornides Istvánné, Janáky Tamás, Márk László)

ket állított a nemrég elhunyt Fekete Jenő professzornak. A *Folyadékkromatográfiás hármass kvadrupol rendszerű tandem tömegspektrometriai módszerek a gyakorlatban: példák élelmiszer- és bioanalitikai alkalmazásokra* című kiadvány, amelyet a Gen-Lab Kft. jelentetett meg, díjmentesen beszerezhető a szerzőnél. Az ezt követő előadások, *Egy sejt magánélete, avagy tömegspektrometria sejtről sejtre* (Márk László, PTE), *Fehérje-biomarker kutatások* (Csósz Éva, DE), *Metribuzin metabolomikai nyomon követése* (Vass Andrea, SzIE), *Kopolimerek tömegspektrumainak gyors elemzése* (Nagy Tibor, DE), kiválóan mutatták a tömegspektrometria széles körű felhasználását.

A Szakmai Nap legjelentősebb eseménye az évenként kiosztásra kerülő Cornides István Tudományos Díj átadása. Ebben az évben – az MKE TT Elnökségének döntése értelmében – a díjat Riedel Miklós nyerte el.

A kitüntetett 1963 óta az ELTE oktatója. Az MKE tagja 1990 óta (korábban, 1968-tól a GTE Spektroszkópiai Szakosztályának volt tagja). Az MKE Tömegspektrometriai Társaság elnökségi tagja volt 1994 és 2011 között, azóta az elnökség meghívott tanácsadója. Évekig tagja volt az MKE Kémia tanári Szakosztályának is, illetve elnökségének, szervezői tevékenységéért 2008-ban nívódíjat kapott, 2015-ben pedig a Tömegspektrometriai Társaság javaslatára Than Károly Emlékéremmel tüntették ki.

Több mint 60 tudományos közlemény szerzője, mintegy 50 előadást tartott magyar és nemzetközi konferenciákon. Részes volt az ELTE-n 1966-ban megalakult, azóta is működő, tömegspektrometriás kutatócsoportnak és iskolának. Ennek keretében közreműködésével készült az első tömegspektrometriai témájú egyetemi jegyzet (1972, újabb bővített kiadás 1990).

A fényforráskutatás, diffúziós vizsgálatok, reakciókinetikai kutatások és a szekunder ionemissziós tömegspektrometria (SIMS) kiemelkedő hazai és nemzetközi képviselője.

A kémiaoktatás módszertanának fejlesztésében a mai napig meghatározó szerepe van csakúgy, mint hazai és nemzetközi konferenciák (pl. 13th Int. Mass Spectrometry Conference, 1994; 16th Int. Conference on Chemical Education, 2000) szervezésében.

A díjátadást követő előadások is jól tükrözték a tömegspektrometria sokszínűségét. Turiák Lilla (MTA TTK MS Proteomika Kutatócsoport), a *Rákos szövetminták proteomikai analíziséről*, Dernovics Mihály (SzIE) a *Szelenolantionin növényi mintából*



való azonosításáról, Héthelyi B. Éva (MKE) a *Cupressocyparis speciosek, hazai Cyprus levelek illóolaj komponenseinek analíziséről*, míg Tóth Gábor (MMGE) a *Saját töltésű kapilláris HPLC-kolonnák készítéséről* számolt be.

Valamennyi résztvevő és mások megjelenésére is számítunk az idei őszi Szakmai Napon!

Lelik László

az MKE Tömegspektrometriai Társaság elnöke

A Katalízis Munkabizottság tisztújító ülése és a Paál Zoltán-díj átadása

Még az előző év utolsó hónapjában, december 18-án a heterogén katalízissel foglalkozó egyetemi oktatók/kutatók és akadémiai kutatók közösségében két fontos esemény zajlott le a Katalízis Munkabizottság soros ülésén. A Munkabizottság eddigi elnökének, Valyon Józsefnek lejárt a második vezetői ciklusa, így új vezető választására volt szükség. Az új elnök, a jelenlévők majdnem egyhangú támogatásával Pálinkó István, a Szegedi Tudományegyetem egyetemi tanára lett.

Ugyanezen az ülésen Sápi András, a Szegedi Tudományegyetem Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszékének adjunktusa átvehette a Paál Zoltán-díjat. A díjat a néhány éve körünkől eltávozott, világszerte ismert és magasan jegyzett katalitikus kémikus, Paál Zoltán professzor emlékére alapította a család. A díjat az elhunyt felesége, Paálné Lukács Júlia és a kuratórium elnöke, Tungler Antal professzor adta át. Érdemes megjegyezni, hogy a díjat, amelyet most másodszor osztottak ki, minden második évben egy Pannon-térségben alkotó katalitikus kémikus kapja meg, a Pannon Katalízis Szimpóziumon.

A továbbiakban a díjazott és sok fiatal katalíziskutató, többnyire PhD-hallgatók és a fokozatot frissen megszerzettek tartottak a heterogén katalízis sokféle területét felillantó előadásokat. A nagy érdeklődéssel kísért ülést Tungler professzor előadása zárta.

Pálinkó István

a Katalízis Munkabizottság elnöke

Nagy áteresztőképességű, integrált nagyműszeres szerkezetvizsgáló központ alapjait tette le a Debreceni Egyetem

A Széchenyi 2020 program keretében mintegy 800 millió forintos európai uniós pályázati forrásból megvalósuló I2M2 projekt korszerű szerkezetvizsgáló nagyműszerpark működtetését kezdte meg 2018-ban.

A projekt keretében beszerzett három – világviszonylatban is kiemelkedő teljesítményű és érzékenységgű – nagyberendezés beüzemelésével a Debreceni Egyetem kutatói megkezdték a különböző intézetekben és kutatócsoportokban folyó kémiai (gyógyszerkémia, kémiai biológia, szénhidrátkémia, antibiotikumok, szerves polimerek, heterociklusok, új szintézismódszerek) és biológiai (biofizika, -kémia, -informatika, genetika, molekuláris bi-

ológia, sejtbiológia, fiziológia, patofiziológia) alap kutatások összekapcsolását, a farmakológiai és gyógyszerkutatások komplex molekuláris szintű értelmezését.

A beüzemelt 700 MHz-es mágneses magrezonanciás (NMR) spektrométer érzékenysége mintegy ötszöröse a meglévő NMR-berendezéseink érzékenységének, és a hazai akadémiai szférában jelenleg működő spektrométerek viszonylatában a legnagyobb érzékenységet képviseli. Az érzékenységnövekedés drámai módon fokozhatja a kémiai, a biológiai, az orvosbiológiai és az interdiszciplináris kutatások hatékonyságát, ugyanis a biológiai-lag aktív anyagok általában kis mennyiségben állnak rendelkezésre és stabilitásuk is korlátozott. Lényegesen csökken a kismolekula-makromolekula kölcsönhatások kimutathatósági határa is, és a „makromolekula” akár sejt vagy vírus is lehet. A nagy érzékenység lehetőséget kínál új molekuláris biológiai vizsgálatokra is (pl. „sejten-beli NMR”, anyagcsere-termékek azonosítása).

A beszerzett nagy érzékenységgű és felbontású tömegspektrométer (ESI-QTOF MS) csúcskategóriás a kvadrupol-repülési idő tömeganalizátorral ellátott készülékek között, amely lehetővé teszi a kis és nagy molekulatömegű anyagok pontos molekulatömegének és szerkezetének meghatározását. A nagy hatékonyságú kapilláris elektroforézis szeparációs modulal kiegészítve olyan kapcsolt rendszer valósult meg, amely nemcsak hazai, de nemzetközi szinten is egyedülálló analitikai módszert szolgáltat biológiai eredetű minták vizsgálatához.

Az egykristály röntgendiffrakciós készülék (SC XRD) alkalmas kis molekulák alacsony hőmérsékletű szerkezetvizsgálatára, katalitikus és biológiai hatást mutató fémkomplexek szerkezetének igazolására, így a kémiai és a gyógyszeripari kutatások számára hasznos szerkezeti információt nyújt. Az új diffraktométerrel lehetővé válik egy újabb tudományterület, a proteinkristallográfia debreceni meghonosítása is.

A fejlesztés eredményeként létrejött műszerpark a kezdeti időszakban döntően a már meglévő hazai és nemzetközi, akadémiai és ipari együttműködések kutatási profilját bővíti, a későbbiekben azonban a kutatók a „nyitott laboratórium” elvei szerinti mérés-szolgáltatások és a szakmai kapcsolatok a régió/ország és a környező európai országok kutatócsoportjai irányába való kiterjesztését célozzák meg. A szakképzett hazai/külföldi kutatók és PhD-hallgatók részére önálló mérési lehetőség biztosít, míg a többi felhasználó részére szakértő gárda szolgálja ki a mérési igényeket, és áll rendelkezésre szaktanácsaival.

A projekt előrehaladásáról bővebb információt a www.i2m2.unideb.hu oldalon olvashatnak.

OKTATÁS

Átadták a Rátz Tanár Úr Életműdíjakat

Tizenhetedik alkalommal újabb nyolc kiváló pedagógust ismertek el a tanárok legmagasabb díjának tartott Rátz Tanár Úr Életműdíjjal november 29-én az MTA dísztermében rendezett bensőséges ünnepségen.

Dr. Mezei István és Egyed László matematika-, Dr. Piláth Károly és Mester András fizika-, Dancsó Éva és Dr. Antal-Szalmás Lajosné kémia-, valamint Gál Béla és Zátanyi Szilárd biológiai-tanároknak részesültek 2017-ben e magas kitüntetésben. Mezei István a díj átvételét már nem érthette meg.



A díjazottak. Alsó sor balról: Mester András, Antal-Szalmás Lajosné, Dancsó Éva, Piláth Károly. Felső sor: Egyed László, Gál Béla, Zátanyi Szilárd

A díjazottak ahhoz a 120 tanárhoz csatlakoznak, akik 2000-től, a díj alapításától kapták meg az Ericsson Magyarország, a Graphisoft SE és a Richter Gedeon Nyrt. Által alapított elismerést. A díjat az iskolák 5–12. évfolyamain matematikát, fizikát, biológiát vagy kémiát tanító tanároknak ítélik oda, akik tantárgyaik népszerűsítésében és a tehetséggondozás területén maradandót alkottak.

A 2017. évi kémiatanár-díjazottak:

Dancsó Éva az egyetem elvégzését követően vegyipari kutatóként kezdte pályafutását, majd közel 10 év után a tanári hivatás felé fordult. Közel 18 évig a Budapest Eötvös József Gimnázium tanára volt. Szabadidejét önzetlenül felhasználva szakköri tevékenységeken keresztül igyekezett diákjai tehetségét kibontakoztatni. A labormunkán kívül sok olyan érdekes témakörrel ismertette meg tanítványait, amelyek túlmutatnak a középiskolai tananyagban. Látványos kísérletekkel keltette fel diákjai érdeklődését, hogy a kémia mindenkinek élővé és érdekessé váljon.

Dr. Antal-Szalmás Lajosné nyugalmazott kémiatanár a Kosuth Lajos Tudományegyetem Gyakorló Gimnáziuma kémiatanára, majd vezetőtanára volt közel harminc esztendeig. Nyugalományaiba vonulását követően a Református Gimnáziumban óradóként tevékenykedett. Tehetséggondozói tevékenysége mintáértékű és kimagasló. Több tanítványa is előkelő helyezést ért el az országos tanulmányi versenyeken. Minden évben volt országos döntős tanulója az Irinyi János Középiskolai Kémiaversenyeken is. Diákjai a KÖKÉL-ben közölt feladatok rendszeres beküldői és kiemelkedő megoldói közé tartoztak.

A szerkesztőség és olvasóink nevében gratulálunk a díjazottnak! Munkájukhoz jó egészséget és további sikereket kívánunk!

Kiss Tamás

Vegyipari mozaik

Világszerte hasznosíthatják az SZTE-szabadalommal védett baktériumtörzsét. Az elmúlt években számos, a mezőgazdaságban használt kémiai anyagról derült ki, hogy káros az emberi egészségre, vagy a környezetre, ezért a vegyszerek kiváltására egyre gyakrabban biokontroll-alapú technológiát alkalmaznak. Az SZTE TTIK Mikrobiológiai Tanszékének munkatársai – Kredics László egyetemi docens, Manczinger László egyetemi docens és Vágvölgyi Csaba tanszékvezető egyetemi tanár – évtizedek óta foglalkoznak biokontroll-kutatásokkal. A kutatók olyan, az SZTE által szabadalmaztatott baktériumtörzset találtak, amellyel hatékony baktérium- és gombaellenes növényvédelmet lehet megvalósítani a paradicsom, paprika, saláta és káposzta biotermesztése során, talajos és talaj nélküli termesztőrendszerekben egyaránt.

A *Bacillus* nemzetségben számos olyan törzs ismert, amely jól alkalmazható biokontrollra. A 2011-ben szabadalmaztatott *Bacillus mojavensis* törzs kiemelkedően nagy mennyiségben termel fengycint. Ez a vegyület gombaellenes hatással rendelkezik, és megnöveli a növény általános ellenálló képességét. A peptid antibiotikum nem káros az emberi szervezetre, és stabil a természetben, vagyis a környezeti hatásoktól függetlenül hosszú ideig fejt ki hatását. Az új törzs a növények föld alatti és feletti részeit támadó mikrobákkal szemben is védelmet nyújt. Így például képes kivédeni a *Xanthomonas vesicatoria* baktérium hatását, amely a levelek foltosodását okozza vagy a *Pythium debaryanum* gomba által okozott károkat, a palánták korai rothadását. A szabadalmaztatott törzs jól tűri a viszonylag magas rézsíntet is, így hatékonyan alkalmazható réztartalmú szerekkel kezelt talajban, így például a szőlőtermesztésben.

A szabadalmat, a nemrégiben megkötött licencszerződés értelmében, az USA egyik legnagyobb biokontroll termékeket forgalmazó cége, a Certis hasznosítja egy új termék előállításához és forgalmazáshoz. Így a Szegedi Tudományegyetemen végzett kutatások eredményét a mezőgazdaságban és a kertészetben világszerte hasznosíthatják, csökkentve ezzel a környezet és az emberi egészség terhelését. (www.sci.u-szeged.hu/sztechirek)



Olajat találtak Magyarországon. 2018 júliusában kezdi meg működését a Vízvár kihelyezett gyűjtőállomás – ide csatornázzák be a térségben az elmúlt években fűrt, felújított, illetve mélyített kutakat. A négy vízvári kút földgáz-kitermelése a teljes hazai termelés 4-5 százalékát biztosíthatja.

Négy kútból összesen napi 200 ezer köbméter gáztermelés és 120 köbméter kondenzátum termelése várható a társaság szerint. A Vízvár környékén jelenleg termelő kutak mintegy 100 000 köbméter földgázt és 25 tonna könnyű olajat („kondenzátumot”) termelnek naponta. A földgáz az országos hálózatba kerül majd, így jut el a fogyasztókhoz, a kondenzátumot pedig tartálykocsival a Dunai Finomítóba szállítják.



Használt sütőolaj gyűjtése. Rekord mennyiséget, mintegy 32 tonna használt sütőolajat adtak le januárban a MOL töltőállomásokon. A MOL decemberben bővítette átvevőhelyei számát annak érdekében, hogy az ország minden szegletében megteremtse a lehetőséget a használt sütőolaj környezetbarát elhelyezésére.



Jelenleg 356 helyen lehet leadni a konyhai zsiradékot. Így az ország minden részén van a közelben olyan MOL töltőállomás, ahol a lakosság egyszerűen, gyorsan, környezetbarát módon „szabadulhat meg” a használt étolajtól. (MOL-kommunikáció)



Az évtized legmagasabb profitját érte el a MOL-csoport 2017-ben. A MOL-csoport 2,45 milliárd dollár tiszta EBITDA-t ért el, ami 14%-kal több, mint a 2016-os érték. A szabad cash flow termelés 21%-kal, 1,41 milliárd dollárra nőtt, amely szintén lényegesen meghaladja az éves célkitűzést. A vállalatcsoport nettó profitja elérte az 1,11 milliárd dollárt, ami 18%-kal meghaladta az egy évvel korábbit. (MOL-kommunikáció)



Megújuló energiában erősít a MOL. Villamos energiát termelő napelemparkokat épít a MOL Magyarország három városban, Tiszaújvárosban a MOL Petrolkémia, Százhalombattán a Dunai Finomító, valamint Füzesgyarmaton a bányászati üzem területén. A napelemparkok várhatóan az év végéig készülnek el, és a megtermelt zöldáram mintegy kilencezer tonna szén-dioxid kibocsátását váltja majd ki.

A megépült naperőművek a tervek szerint összesen 18,38 MWp kapacitással működnek majd, és több mint kilencezer háztartást tudnak ellátni villamos energiával. A projekt a KÁT (Kötelező Átvételi Támogatás) feltételei szerint valósul meg, ennek keretében a MAVIR szabályozott áron veszi át a megtermelt energiát húsz éven keresztül.

VISSZHANG

Tisztelt Szerkesztőség, kedves Gábor!

A Magyar Kémikusok Lapja 2018. januári számában megjelent, „Perjodát – múlt, jelen és jövő” című kis hírhez feltétlenül kívánok némi korrekció. Az ortoperjodát létezése ugyanis nem új felfedezés (a cikkeske úgy állítja be), legfeljebb a különböző módokkal való pontos bizonyítása és a dimer kizárása. Néhány évvel ezelőtt (azt nem tudom már, milyen forrás alapján) ezzel tanította a vicinális polihidroxi-vegyületek perjodátos oxidációjának az értelmezését. Írásos bizonyítéka (bár későbbi keletű) „A mennyiségi kémiai analízis gyakorlati kézikönyve” c. tankönyve (Medicina Kiadó, 2005; második, javított kiadás 2009) 4.4.7. fejezete. Ebből idézem: ... a perjodátionokat ... IO_4^- szimbólummal szokás jelezni, ami tetraédes szerkezetet jelentene. A valóság azonban az, hogy a központi I(+VII) az oktaédes stabilizációt részesíti előnyben, ami víz felvételével, $\text{IO}_2(\text{OH})_4^-$ formában valósulhat meg. (Ezt a formát bizonyítja egyébként a perjódosav meglepően kicsiny savi disszociációs állandója is: $K_{A1} \approx 10^{-3}$.)”

De Lengyel Béla Általános és szervetlen kémiai praktikumában (Tankönyvkiadó, 1969) is szerepel (39.1.5) a Cu^{2+} - és IO_3^- -ionokból, csak erősen lúgos közegben, in situ peroxo-diszulfátos oxidációval előállítható kálium-ortoperjodátokuprát(III), $\text{K}_7[\text{Cu}(\text{IO}_6)_2]$ komplex – persze, az akkori ismereteket tekintve ez az összetétel is lehet csak feltételezés.

Tisztelettel és üdvözlettel:
Barczáné Buvári Ágnes

A Richter rendkívüli közleményt tett közzé. Az Európai Gyógyszerügynökség Farmakovigilanciai Kockázatelemző Bizottsága (PRAC) átmeneti intézkedések végrehajtását kezdeményezte az Esmya által esetlegesen okozott májkárosodással járó ügyekben. A PRAC ajánlja, hogy az Esmyával kezelt, méhmiómában szenvedő nők vegyenek részt rendszeres időközönként



FORRÁS: RICHTER GEDEON NYRT.

májvizsgálaton. A PRAC emellett azt is javasolja, hogy az Esmyával új kezelést ne kezdjenek el, de a folyamatban lévő kezelések befejezhetőek. A hírre a Richter részvényárfolyama nagyot esett.

A Richter komolyan veszi a betegek biztonságát. A klinikai vizsgálatok során összegyűjtött adatok alapján a Richter meggyőződése, hogy az Esmya biztonságos készítmény, és elkötelezett aziránt, hogy ezt az egyedi kezelési lehetőséget továbbra is biztosíthassa a méhmiómában szenvedő nők számára.

A Richter közleménye kitér a következőkre is: Piaci forgalmazási adatok alapján eddig Európában több mint 700 000 beteg kezeltetett kezelésben. Az Esmya fejlesztése során semmilyen májkárosodásra utaló jelet nem észleltek.

A Richter a PRAC rendelkezésére bocsátotta mindegyik Esmya-kezelésben részesült, májkárosodást szenvedett páciens esetének átfogó elemzését. Ezek alapján egyértelmű kapcsolat a Richter véleménye szerint nem állapítható meg, mivel olyan egyéb tényezők is közrejátszottak, mint egyéb gyógyszerek egyidejű használata, vírusfertőzés, valamint a máj egyéb okokból történt károsodása. (VG.hu)



GEDEON RICHTER LTD.

Visszaesett a Richter profitja. A 2017. október-decemberi időszak 110,2 milliárd forint árbevételt hozott a társaságnak, ami 4,3 százalékkal több, mint egy évvel korábban. Az üzleti tevékenység eredménye 15,1 milliárd forintra emelkedett, ami 63 százalékos növekedés 2016 azonos időszakához képest.

Ez a két tétel megfelelt az elemzői várakozásoknak, nem így az adózott profit, amely 6,6 milliárd forint lett, 70 százalékkal



FORRÁS: MTI



alulmúlva az egy évvel korábbi értéket. Egy részvényre így 35 forint nyereség jutott, szemben a 2016 végi 119 forinttal. A záró negyedévben a társaság pénzügyi tevékenysége egymilliárd forint veszteséget mutatott.

A teljes évet a cég 444 milliárd forint bevétellel zárta, ami 14 százalékos növekedés. Éves szinten 25,9 százalékkal 68,7 milliárd forintra nőtt az üzleti tevékenység eredménye. A pénzügyi sor 8,4 milliárd veszteséget hozott, elsősorban a dollár forinttal szembeni gyengülése nyomán. Az éves nettó profit 52,86 milliárd forint lett, 21 százalékkal kevesebb, mint 2016-ban.

Az Európai Gyógyszerügynökség felülvizsgálata alatt lévő Esmya termék pozitív meglepetést okozott: az előzetesen a teljes évre kalkulált 85 millió euró helyett ugyanis 93 millió eurós volt a forgalma. (VG.hu)



BME-kutatók tanulmánya a Chemical Reviews folyóiratban. „Manapság sokan beszélnek a zöld kémia, a fenntartható kémia és a fenntartható fejlődés fogalmáról: ezek gyakran öszszemosódnak, különösen ha olyan kifejezésekkel használják együtt mint a biomasz és a megújuló nyersanyagforrások – nyilatkozta Mika László Tamás, a Vegyészmérnöki és Biomérnöki



Kar Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék tanszékvezetője, aki a témáról kollégáival együtt a közelmúltban publikált a Chemical Reviews hasábjain. – A zöld mozgalmak képviselői gyakran gondolják úgy, hogy a megújuló energiaforrásokkal vagy vegyipari alapanyagokkal a jövőben az emberiség minden energia- és nyersanyagigényét fedezni lehet, holott ez korántsem ilyen egyértelmű. Fontos, hogy megalapozott számításokra, tudományos igényű kutatásokra épüljenek a fenntarthatósághoz kapcsolódó jóslások.” Ezt segítheti elő a folyóirat tematikus különszáma, amelyben Cséfalvay Edittel és Németh Áronnal a kérdéskör szénhidrátokra vonatkozó részét és a témakörben releváns fenntarthatósági mutatókat foglalták össze. (www.ch.bme.hu/hirek)



Az MTA Közoktatási Elnöki Bizottságának állásfoglalása a műveltség iskolázási és tantervi beszűküléséről. A Bizottság egyetért a 2011. évi CXCV. törvény a nemzeti köznevelésről preambulumban megfogalmazott alapvető állásponttal, mely szerint: „A törvény célja olyan köznevelési rendszer megalkotása,

amely elősegíti a gyermekek, fiatalok harmonikus lelki, testi és értelmi fejlődését készségeik, képességeik, ismereteik, jártasságaik, érzelmi és akarati tulajdonságaik, műveltségük életkori sajátosságainak megfelelő, tudatos fejlesztése révén, és ezáltal erkölcsös, önálló életvitelre és céljaik elérésére, a magánérdeket a közérdekekkel összeegyeztetni képes embereket, felelős állampolgárokat nevel. Kiemelt célja a nevelés-oktatás eszközeivel a társadalmi leszakadás megakadályozása és a tehetséggondozás.”

A Bizottság vitatkozik azokkal az álláspontokkal, amelyek az általános műveltség nagy területei, a reáliák és humaniárák között valamilyen pragmatista megfontolás szerint, fontossági alapon különbséget tesznek. A Bizottság javasolja a középfokú szakképzésben, elsősorban a szakgimnáziumokban a szakmai és általános képző tárgyak arányainak újragondolását, és az oktatott természettudományi tartalmak (tantárgyak) körének bővítését.

A Bizottság szerint a közoktatás elsődleges feladata az élet-hosszig tartó tanulás képességének a kialakítása és nem a naprakész munkavállalók kibocsátása a gazdaság szereplői számára. (mta.hu) **Ritz Ferenc összeállítása**

MKE-hírek

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 739 149 forintot**

utal át a NAV Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértetek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkánkkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középszintű Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középszintű Kémiaverseny, a 10. Kémikus Diákszimpozium, valamint a 2017-ben kilencedszer megrendezett Kémia-tábor egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő, határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2017. évi SZJA bevallásakor – értékelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel, és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező nyilatkozat kitöltésével.

Felhívjuk figyelmüket, hogy akinek a bevallás pillanatában adótartozása van, az elveszíti az 1% felajánlásának a lehetőségét!

Az MKE adószáma: 19815819-2-41

Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy amennyiben a NAV készíti el az adóbevallásukat, úgy külön kell nyilatkozni az 1 százalékról.

Terveink szerint 2018-ban az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középszintű Kémiai Lapok, az L. Irinyi János Országos Középszintű Kémia-verseny, a XVII. Országos Diákvegyész Napok, valamint a 2018-ban tizedszer szervezendő Kémia-tábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

Továbbra is céljaink közé tartozik, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő, határon túli honfitársunkhoz.



Konferenciák, rendezvények

Rendezvénytájtár – 2018

Időpont	Név	Helyszín
2018. április 6–7.	XVII. Országos Diákvegyész Napok	Sátoraljaújhely
2018. április 13–15.	L. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny	Szeged
2018. április 23–24.	Analitikai Napok, 2018	Balatonszemes
2018. május 3–5.	II. Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (YRICCCE II)	Budapest
2018. május 9–11.	Biztonságtechnikai Szeminárium, 2018	Siófok
2018. május 28–30.	11 th Conference on Colloid Chemistry	Eger
2018. július 8–13.	22 nd International Conference on Phosphorus Chemistry	Budapest
2018. augusztus	Kémiantanórok Nyári Továbbképzése	Eger
2018. aug. 26–30.	35 th International Conference on Solution Chemistry	Szeged
2018. szept. 25–27.	Chemistry towards Biology: biomolecules as potential drugs in focus (CTB9)	Budapest
2018. szept. 27–29.	Structural biology approaches for drug development (iNext)	Budapest
2018. október 3–6.	61. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés és Olasz–Magyar Spektrokémiai Konferencia	Budapest
2018. október	Őszi Radiokémiai Napok	Balatonszárszó
2018. november 22.	Kozmetikai Szimpózium, 2018	Budapest
2018. nov. 27–28.	Hungarocoat	Budapest

L. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny

2018. április 13–15.

Szeged

Versenykiírás: www.irinyiverseny.mke.org.hu

Biztonságtechnika Szeminárium

2018. május 9–11.

SunGarden Wellness & Konferencia Hotel

Siófok, Batthyányi u. 24.

Online regisztráció: <http://www.biztonsagtechnika.mke.org.hu/>

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: [Kortvelyessy Eszter,](mailto:KortvelyessyEszter@mke.org.hu)

eszter.kortvelyessy@mke.org.hu

11th Conference on Colloid Chemistry

2018. május 28–30.

Eszterházy Károly Egyetem

3300 Eger, Eszterházy tér 1.

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

Honlap és online regisztráció: <http://www.11ccc.mke.org.hu>

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: [Schenker Beatrix,](mailto:SchenkerBeatrix@mke.org.hu) 11ccc@mke.org.hu

22nd International Conference on Phosphorus Chemistry

2018. július 8–13.

Danubius Hotel Flamenco

1113 Budapest, Tas vezér u. 3–7.

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

Honlap és online regisztráció: <http://www.icpc22.mke.org.hu/>

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: [Schenker Beatrix,](mailto:SchenkerBeatrix@mke.org.hu) icpc22@mke.org.hu

35th International Conference on Solution Chemistry

2018. augusztus 26–30.

Hunguest Hotel Forrás

6726 Szeged, Szent-Györgyi Albert u. 16–24.

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

Honlap és online regisztráció: <http://mke.org.hu/ICSC2018/>

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: [Schenker Beatrix,](mailto:SchenkerBeatrix@mke.org.hu)

beatrix.schenker@mke.org.hu

Szerves Kémia

Problémamegoldó Verseny

2018. április 27-én, pénteken 9. alkalommal kerül sor az egyetemi hallgatóknak szóló Szerves Kémia Problémamegoldó Versenyre az ELTE budapesti, lágymányosi kampuszán. Az ELTE, a BME és a Semmelweis Egyetem együttműködésében megvalósuló egyfordulós, háromórás írásbeli versenyen érdekes, gondolkodtató problémafeladatokat oldhatnak meg az érdeklődők a szerves kémia különböző területeiről. Nevezési díj nincs, a versenyt szponzoráló cégeknek köszönhetően a legjobbak komoly pénz- és tárgyjutalomban részesülnek. Jelentkezés a <http://szkp.elte.hu/cimen>, ahol a verseny korábbi feladatsorai is megtekinthetők.

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIII. No. 4. April

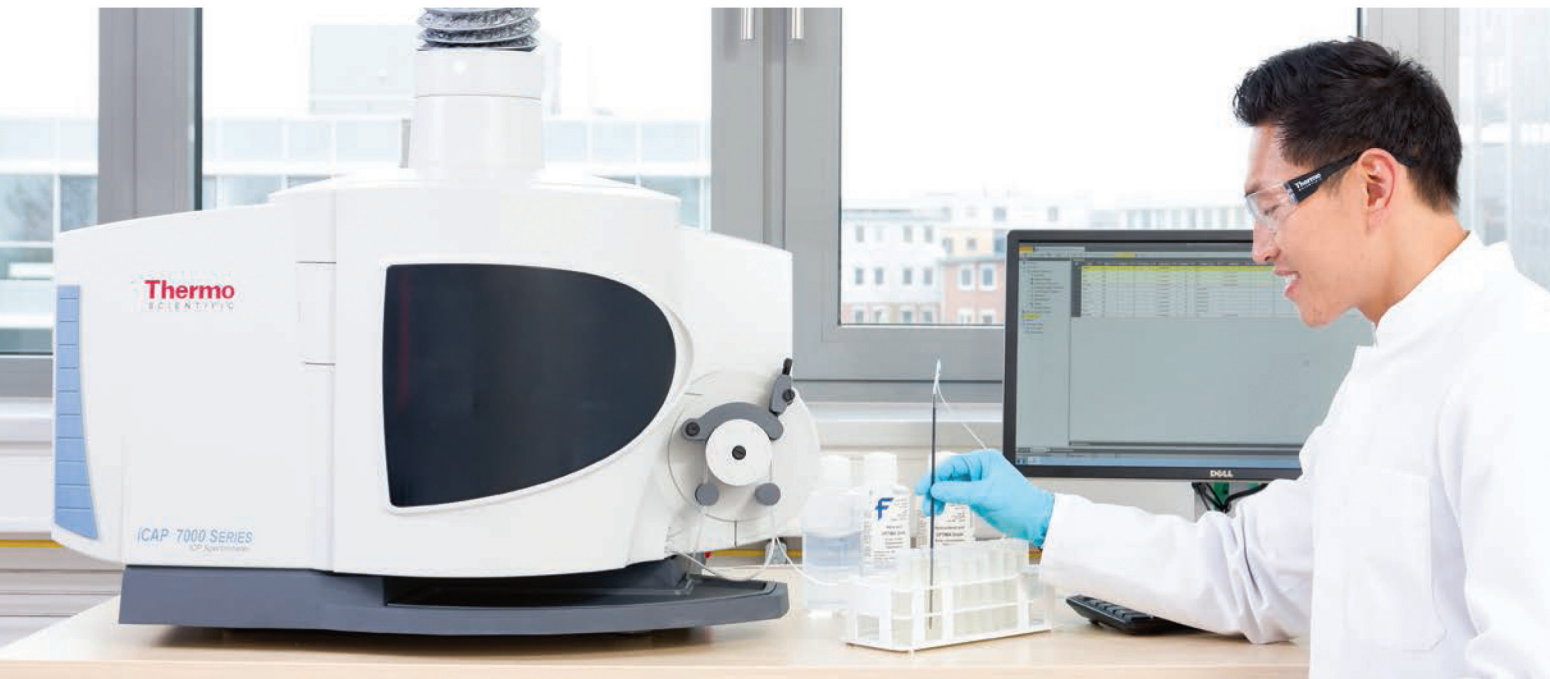
CONTENTS

<i>Being George A. Olah's colleague – a privileged opportunity</i>	110
ÁRPÁD MOLNÁR	
<i>Bioinorganic chemistry research at the Chemistry Institute of the University of Szeged</i>	114
TAMÁS KISS, TAMÁS GAJDA, ÉVA A. ENYEDY, BÉLA GYURCSIK, TAMÁS JAKUSCH, and ATTILA JANCSÓ	
<i>Criticality of the rear earth elements. Myth or reality?</i>	120
TIBOR BRAUN	
<i>To learn, to learn, to learn...</i>	127
DEZSÓ CSUPOR	
<i>Premistry. A science popularization series. Part I</i>	128
CSABA SZAKMÁNY and MELINDA RÁKÓCZI	
<i>180th anniversary of the birth of E. G. Solvay, developer of the ammonia-soda process</i>	132
CSABA KUTASI	
<i>From the Fasori Lutheran Secondary School to the Budapest Technical University. György Liptay's life (bookreview)</i>	135
GYÖRGY KEGLEVICH	
<i>Chembits</i>	136
GÁBOR LENTE	
<i>The Society's Life</i>	138
<i>News of the Month</i>	141

thermo**scientific**

iCAP 7000 Plus Series ICP- OES

Nagyteljesítményű ICP-OES készülékek az alkalmazási területek széles körére:



iCAP 7200 ICP-OES

Szimultán multielemes méréstechnika az atom-abszorpciós és mikrohullámú plazmaspektrometria kiváltására alacsonyabb kimutatási határokkal és nagyobb mintaáteresztő képességgel.



iCAP 7400 ICP-OES

Kiváló érzékenységű és stabilitású analízisek széleskörű alkalmazástechnikai feladatokra, minimális felhasználói beavatkozással és karbantartási igénnyel.



iCAP 7600 ICP-OES

Az iCAP 7000 Plus család csúcskészüléke ötvözi a legnagyobb érzékenységet a maximális teljesítménnyel. Az integrált mintahurok és sprint szelep segítségével a mérés sebessége tovább növelhető.

További információ: thermofisher.com/ICP-OES

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.

1144 Budapest, Kőszeg utca 25.

Telefon: +36 1 221 5536 • Fax: +36 1 221 5543

E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu

25
év
UNICAM