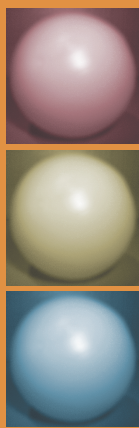


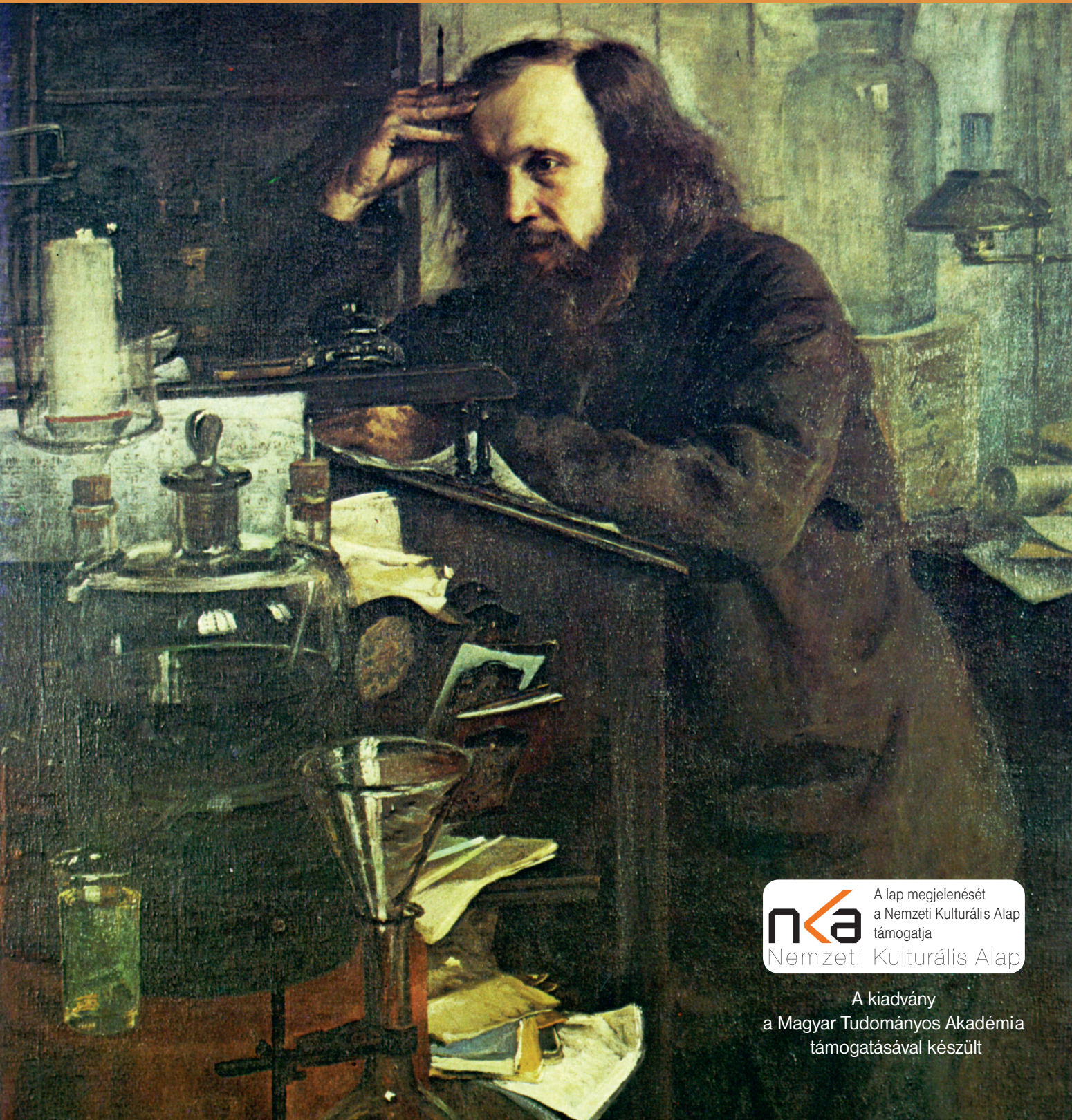
A TARTALOMBÓL:

- Dmitrij Mengyelejev
hiányzó Nobel-díja
- „Új” osztatlan
kémiatanár-képzés
- Elmélet és kísérlet
együttműködése
- A Paksi
Atomerőműben



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXIV. ÉVFOLYAM • 2019. MÁRCIUS • ÁRA: 850 FT



 A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült

DESZTILLÁCIÓS, EXTRAKCIÓS, ... „NEHÉZ” MÉRÉSEK KÖNNYEDÉN

behr

Labor - Technik

Düsseldorf

**Manuális
és automata
KOI mérők**
MSZ 6060
szerint,
15 mg/L-től.
Kiemelkedő
pontosság,
egyszerű
kezelés.



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



KOI
Kjeldahl
roncsolók

NH₃
FENOL
CIÁN
VÍZGŐZ
desztillálók

Soxhlet
Randall
extrahálók

KOI
AOX
analizátorok



**AUTOMATA KJELDAHL
RONCSOLÓK ÉS
VÍZGŐZDESZTILLÁLÓK**



**AMMÓNIA, FENOL ÉS
CIÁN DESZTILLÁLÓK**

Különbéle szabványos méréseknek megfelelő, illetve egyedi kivitelű
**desztilláló, eluáló, extraháló, feltáró, flokkuláló, mintaváltó,
roncsoló, szeparáló, szintfigyelő és titrálók berendezések.**



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIV. évf., 3. szám, 2019. március



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

Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
[SEKERES 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: Europrinting Kft.
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ
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 számainak 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.2019.03

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



2019 az ENSZ döntése szerint az Elemek Periódusos Rendszerének Nemzetközi Éve. Ez a döntés 2011, a kémia éve után újabb jelentős lehetőséget ad a kezünkbe ahhoz, hogy tudományunk társadalmi megítélésén javítani próbáljunk egy kicsit.

Erre nagyon nagy szükség van. Ebben a számban olvasható Szalay Luca írása a nemrégiben újból elindított, osztatlan tanárképzésről. Mint ebből (is) kiderül, a képzést sikeresen elvégző hallgatók munkaerőpiaci helyzete egészen kiváló: tipikusan már diplomaszerezés előtt ismerik az iskolát, ahol dolgozni fognak. Ami jó az egyéneknek, az rossz a társadalomnak: a jelenséget a mára jóslatból napi valósággá vált kémia tanár-hiány okozza, amely a jövőben előrelátóan még tovább súlyosbodik majd. Ahogy Szalay Luca írja, a helyzet kezelésének szándéka már az új Nemzeti Alaptanterv tervezetében is tetten érhető, de szerintem a változások egy évtizedes távlatban mélyrehatóbbak lesznek. Ebben a helyzetben nincs kiút: csupa rossz lehetőség közül kell majd egyet választani, de még azt is csak haloványan merem remélni, hogy erre a választásra befolyása lesz a kémikusok közösségének. Személy szerint én az tartanám a legkevésbé fájdalmasnak, ha a közép- és általános iskolák a kémiaoktatásban a diákok azon 20–30%-ára koncentrálnának, akik a legfogékonyabbak a természettudományok iránt.

A Magyar Kémikusok Lapja ebben a számban kezd el olyan cikkeket közölni, amelyek az Elemek Periódusos Rendszerének Nemzetközi Évéhez kapcsolódnak. Hargittai István írása azzal foglalkozik, hogy Mengelejev miért nem kapott Nobel-díjat. A Proder István által jegyzett, a magyar galliumgyártás tudományos megalapozásáról szóló cikk is figyelemre méltó ebből a szempontból. A számban az olvasó talál egy hagyományos periódusos rendszert, illetve egy rendhagyót is. Ez utóbbit mindenkinek figyelmébe ajánlom: az olvasható ki belőle, hogy az egyes elemekhez való hozzáférés mennyire ígérkezik jelentős problémának az emberiség számára az elkövetkező évtizedekben. Ha valaki figyelmesen tanulmányozza a rendszert, választ kaphat majd arra a kérdésre is, hogy miért részei a mindennapi életünknek a praezodímium, neodímium, eurórium, gadolínium, terbium és diszprózium elemek. Azt is remélem, hogy az év során a periódusos rendszer kapcsán tartott rendezvények egy részéről is beszámolhatunk majd ezeken a hasábocon.

A hagyományosabb cikkek közé tartozik a Czákó Gáborral készült interjú, egy Bruckner-termi előadásról szóló beszámoló, a Chinoi Kémia 10 üzeméről szóló tanulmány második része, illetve saját írásom egy tavaly nyári paksi sajtólátogatásról.

Végezetül az olvasó segítségét is szeretném kérni. Mengelejev hitt abban, hogy az általa megalkotott periódusos rendszer az elemek természetes rendjét tükrözi, s a későbbi tudományos eredmények ezt fényesen igazolták. Az elkövetkezendő hónapokban osszuk meg a rendszer szépségét és logikáját mindenkivel.

Lente Gábor

Lente Gábor
egyetemi tanár, a Szerkesztőség tagja

A Magyar Tudományos Akadémia felől vészjósló hírek érkeznek az intézmény működésével és a kutatóhálózat ITM által tervezett átalakításával kapcsolatban. Az MTA vezetése nehéz helyzetben van. Próbálja megőrizni az Akadémia autonómiáját, fenntartani az akadémiai közösség egységét és megvédeni az MTA kutatóhálózatát, amely – amint a statisztikák többsége is bizonyítja – minden hiányossága ellenére sokkal eredményesebben működik a kormányzat által kiemelten támogatott állami kutatóhelyeknél.

Pozitív fejlemény ebben az eseménysorban az az egyre szélesedő szolidaritás, amely a társadalom legkülönbözőbb részei felől megnyilvánul az Akadémia iránt. Különösen biztató, hogy a fiatalabb korosztály mennyire tisztán látja a helyzetet; nagyon határozottan, ugyanakkor megfontoltan lép fel a kellően meg nem alapozott, a magyar tudományosság érdekeit mélyen sértő átalakítási elképzelésekkel szemben. Ehhez a szolidaritási mozgalomhoz szeretnénk csatlakozni a magunk szerény eszközeivel. Egyben kérünk mindenkit, egyént és szervezetet, hogy legyen szolidáris az MTA-val, és támogassa a Magyar Tudományos Akadémia vezetőinek és munkatársainak erőfeszítéseit Széchenyi szellemi örökségének, a kutatás és a tudomány szabadságának és önállóságának megőrzése érdekében.

Budapest, 2019. február 18.

Az MKL szerkesztősége és szerkesztőbizottsága

Dmitrij Mengyelejev hiányzó Nobel-díja

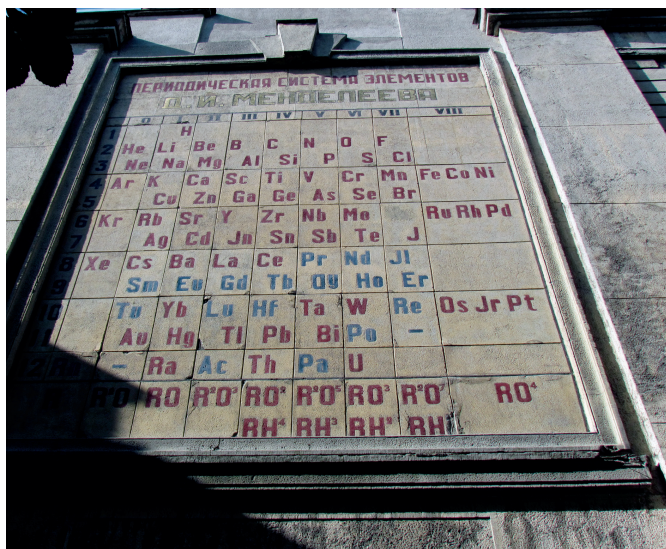
ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
1	1	H водород						
2	2	Li литий	Be бериллий	B бор	C углерод	N азот	O кислород	F фтор
3	3	Na натрий	Mg магний					
4	4	K калий	Ca кальций	Sc скандий	Ti титан	V ванадий	Cr хром	Mn марганец
5	5	Rb рубидий	Sr стронций	Y иттрий	Zr зirconium	Nb ниобий	Mo молибден	Tc технеций
6	6	Cs цезий	Ba барий					
7	7	Fr франций	Ra радий					

15Р
РОССИЯ
RUSSIA 2009

A \$2 szabály értelmében Mengyelejev a huszadik század elején azért lett volna díjazható, mert alig néhány évvel korábbi, tehát friss felfedezések jelentősen megnövelték a periódusos rendszer jelentőségét. Nem sokkal korábban fedezték fel ugyanis a közömbös gázokat, amelyeket ma már inkább nemesszázokként

MAGYAR KÉMİKUSOK LAPJA



Mengyelejev periódusos táblázata hatalmas méretű freskóként a szentpétervári Mérésügyi Hivatal falán (Hargittai Magdolna felvétele)

emlegetünk, mivel ma már tudjuk, hogy nem igazán közömbösök, hiszen képesek megfelelő körülmények között más elemekkel vegyületet alkotni. 1904-ben mind a fizikai, mind a kémiai Nobel-díjakat ezekért a felfedezésekért ítélték oda, az előbbi *Lord Rayleigh* (John William Strutt), az utóbbit *William Ramsay* kapta. A közömbös gázok minden nehézség nélkül beleillettek a periódusos rendszerbe, ami felvetette Mengyelejev kitüntetésének lehetőségét, sőt indokoltságát.

Ennek megfelelően a svéd akadémikus *Otto Pettersson* jelölte is Mengyelejevet az 1905-ös kémiai Nobel-díjra. Mengyelejevnek ez volt az első jelölése. Ebben az évben azonban a német szerves kémikus, *Adolf von Baeyer* kapta a díjat, akinek a kitüntetéséhez ugyancsak figyelembe kellett venni a §2 szabályt. Von Baeyer jelölésével párhuzamosan szerepelt Mengyelejev és a francia szervetlen kémikus, *Henri Moissan* is. Mások neve is felvetődött, de ők hárman voltak a legesélyesebbek. Moissan érdemei a fluor

Mengyelejev szobra a szentpétervári Mérésügyi Hivatal előtt (Hargittai Magdolna felvétele)



felfedezése és egy olyan kemence kifejlesztése volt, amelyben magas hőmérsékleten lehetett kémiai kísérleteket végezni. Moissan már korábban is kapott jelöléseket és ebben az évben is jóval többen jelölték, mint Mengyelejevet.

Az 1906-os kémiai Nobel-díjra, mások mellett, Mengyelejev és Moissan is kapott jelöléseket. A kémiai Nobel-díj-bizottság azt javasolta, hogy a díjat Mengyelejev kapja meg. Egyetlen bizottsági tagnak volt más véleménye: a stockholmi Királyi Műszaki Egyetem professzorának, *Peter Klasonnak*, aki fáradhatatlanul érvelt Moissan kitüntetésével mellett, és különvéleményét írásba is foglalta. Szerinte nem volt elég in-

dok arra, hogy Mengyelejev esetében alkalmazzák a §2 szabályt, mert a felfedezés már évtizedek óta sikeresen beleépült a kémiába. Ugyanakkor azt is hangsúlyozta, hogy ha mégis indokoltnak találnák Mengyelejev kiválasztását a díjra, akkor igazságtalan lenne Mengyelejevet egyedül kitüntetni vele. Mengyelejev ugyanis pontos atomtömegek nélkül nem vonhatta volna le következtetéseit, és felfedezéséhez döntően hozzájárult *Stanislaw Cannizzaro* munkája, a pontos atomtömegek meghatározása. Arról viszont szó sem lehetett, hogy az 1906-os díjat megosszák Mengyelejev és Cannizzaro között, mert Nobel-díjban csak olyanok részesülhetnek, akikre az adott év január 31-ig legalább egy ajánlás érkezik, és Cannizzarót abban az évben senki sem ajánlotta.

Klason különvéleménye miatt a kémiai Nobel-díj-bizottság nem tudott egyhangúlag támogatott javaslatot előterjeszteni Mengyelejev díjazására. Ezzel szemben Klason folytatta erőteljes agitációját Moissan kitüntetésével. Klason ravasz politikusként lépett fel. Egy pillanatig sem tagadta Mengyelejev felfedezésének jelentőségét, ellenkezőleg, mindig kiemelte érdemeit, csak arra vonatkozólag érvelt, hogy nem felelne meg a díjazás feltételeinek. Voltak mások is, akik Mengyelejev munkásságát nem találták elég kézzelfoghatónak, míg Moissan kemencéjét alkalmasnak ta-



Mengyelejev szentpétervári sírja (Hargittai Magdolna felvétele)

lálták arra, hogy széleskörűen alkalmazzák kutatásaikban. Végül szoros szavazásban Moissan kitüntetése kerekedett felül. Az 1906-os évben tehát Moissan lett a kémiai Nobel-díjas, de betegsége miatt nem tudta megtartani Nobel-előadását, és a következő évben meghalt. Mengyelejev is 1907-ben halt meg. Így történhetett, hogy a kémia történetének egyik legnagyobb felfedezését sohasem ismerték el Nobel-díjjal. A Nobel-díj nagyszerű intézmény, de ebben az esetben tekintélyéből sokat veszített, és az eset mint az egyik legjelentősebb tévedés vonult be az intézmény történetébe. Annak idején Molière-t sem választották meg francia akadémikusként, amiről az Académie Française állapította meg: „Rien ne manquait à sa gloire, il manquait à la nôtre” (Dicsősége csorbíthatatlan volt, a mienkből csak ő hiányzott) [2], ez pontosan illett Mengyelejev hiányzó Nobel-díjára is.

Mengyelejev hírneve, elismertsége nem szenvedett csorbát. Névtelenség az elemek periódusos rendszerében a 101. elem viseli, a mendelévium, Md, megelőzve a Nobel nevet viselő 102. elemet, a nobéliumot. És ami még ennél is fontosabb: szinte minden osztályteremben, ahol kémiát tanítanak, ott függ a falon Mengyelejev periódusos rendszere.

IRODALOM

- [1] Ulk Lagerkvist (szerk. E. Norrby): *The Periodic Table and a Missed Nobel Prize*. World Scientific, Singapore, 2012.
- [2] Ugyanezt a kifejezést idézte Oswald Avery életrajzírója, ugyanebben a vonatkozásban. Avery fedezte fel azt, hogy a DNS az öröklődés anyaga, de felfedezését nem tüntették ki Nobel-díjjal. Ezt idővel a Nobel Alapítvány is sajnálattal állapította meg. Lásd R. J. Dubos, *The Professor, The Institute, and DNA*. Rockefeller University Press, New York, 1976. (159. o.)



Szalay Luca

■ ELTE Kémiai Intézet | luca@caesar.elte.hu

„Új” osztatlan kémiatanár-képzés az ELTE Kémiai Intézetében

Mindenekelőtt annak magyarázatával tartozom, hogy miért ragadt rá epósi jelzőként az „új” szó a 2013 szeptemberében indult osztatlan tanárképzésre, ha egyszer az 5+1 éves képzésre akkor felvett első évfolyam tantervi mintahálójával lépést tartó hallgatói a jelen tanév végén már meg is szerzik a diplomájukat. A válasz az, hogy egészen a legutóbbi időkhöz szükséges volt az egyetemi mindennapokban ennek megkülönböztetése a „rég”i, ötéves osztatlan tanárképzéstől, amely 2005 őszén indult utoljára, de még 2018 júniusában is záróvizsgát tehetett néhány későn érő jelölt. Azzal az aktussal ugyan lezárult a „rég”i osztatlan képzés, de az „új” és a „rég”i jelzők megőrzik megkülönböztető funkciójukat a végzett kollégák diplomáinak jellemzésére, valamint a jelenlegihez hasonló esetekben, amikor egy dokumentumban többféle tanárképzési formára is hivatkozunk. Ez a cikk tehát az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Kémiai Intézetében folyó „új” osztatlan kémiatanár-képzés bevezetésének okaira, illetve bemutatására koncentrál.

A kétszintű tanárképzés

A fent említett kétféle osztatlan képzés közötti időszakban (2006–2012) a vonatkozó jogszabályok alapján csak kétszintű tanárképzést indíthattak a magyar felsőoktatási intézmények. Ez mind a tanári identitás korai kialakulásának lehetetlensége, mind pedig a két szak szaktárgyi kreditjeinek egyenlensége szempontjából roppant kedvezőtlen volt. Ez a képzési forma szükségtelen akadályok állításával is megnehezítette a tanárszakos hallgatók, az oktatók, a vezetőtanárok és a mentorok dolgát. Így például a harmadik év végén plusz egy szakdolgozat megírásával és zá-

róvizsga letételével; továbbá azzal, hogy a mesterdiploma megszerzése általában februárra esett, ami a köznevelésben való munkába állás szempontjából nem kedvező. A kétszintű képzés fenntarthatatlanságáról, valamint a problémák megoldásának lehetőségeiről mintegy 10 éve írtam cikket a Magyar Kémikusok Lapjában (MKL). [1] A kétszintű képzés utolsó évfolyama ebben a tanévben tesz tanári záróvizsgát. Elkötelezettségük, kitartásuk, egymást támogató, bátorító hozzáállásuk a nehézségek legyőzésében figyelemre méltó és tiszteletet érdemel.

Jellemző, hogy a kétszintű tanárképzés körül kialakult heves vitában az annak bevezetésében érdekeltek részéről elhangzottak olyan abszurd állítások, miszerint egy történelemtanár képzésének jobban kell hasonlítania egy matematikatanárára, mint egy történészre, hiszen a tanári képességek fejlesztése a lényeg, a szaktárgyi tudás csak másodlagos... Ráadásul ezzel éles ellentmondásban a tanárképzés első szintjén [a hallgató által végzett BSc (*Bachelor of Science*) vagy BA (*Bachelor of Art*)

alapszakon] mindössze 10 kreditnyi, tanítással kapcsolatos tárgyat kellett fölvennie a tanári pályára készülő (igen kevés) fiatalnak, akik jóformán eltűntek a nagy létszámú alapszakos évfolyamokban. A tanárképzés második szintje a mesterképzés lett, amelyet létrehozói MA-val jelöltek, a *Master of Art* kifejezés rövidítéseként. Tehát a természettudomány szakpárosok esetében sem MSc, azaz *Master of Science* volt a neve. Ez is az „egyféle” tanárszak oszthatatlanságát, és a választott szaktárgyak pedagógiai-pszichológiai képzéshez viszonyított jelentéktelenségét volt hivatva szimbolizálni. Mindezek és a tanári pálya presztízsének ezzel párhuzamos erodálódása folyamánaként éppen a fent hivatkozott, 2009-ben az MKL-be írt cikkem megjelenésekor érte el a kémiatanároknak jelentkező hallgatók száma az ELTE-n a nullát. Bárki cinikusan megjegyezhetné, hogy ezután már könnyű dolgunk volt, hiszen akármit tehattünk, a helyzet csak javulhatott... A valóságban azonban megszámlálhatat-

Osztatlan kémiatanár szakos hallgatók csoportja az ELTE Kémiai Intézetében





lan szakmai fórumon, tanácskozáson, konferencián, bizottságban, munkacsoportban és egyeztetésen alakult ki az új osztatlan tanárképzés, valamint a pedagógus életpályamodellel koncepciója. Ezek egyike se lett tökéletes (sőt!, lásd alább), de 2013 óta évente kb. 40–45 kémia tanár szakos hallgató kezd meg tanulmányait az ELTE Természettudományi Karán (TTK). Még nem tudjuk, hogy csak véletlen vagy egy negatív trend kezdete volt a 2018-as év, amelynek őszén mindössze 34 kémia tanár golyánk volt. Rossz ómen, hogy ezzel párhuzamosan a kémia alapszakra (BSc) és más természettudományos tanárszakokra jelentkezők, illetve felvettek száma is csökkent. Valószínűsíthető, hogy ezek hátterében összetett okok állnak, amelyek között a nyilvánvaló demográfiai jellegűek mellett esetleg ott lehet az is, hogy a tanári életpálya ismét veszít a vonzereijéből.

Képzési időtartam és szakpárok a jelenlegi osztatlan tanárképzésben

Térjünk azonban vissza arra, hogy mennyiben jelent (rész)megoldásokat a jelenlegi osztatlan tanárképzés (rövidítve OTAK) és a pedagógus életpályamodellel a 2009-es MKL-cikkben általam felsorolt problémákra; melyek és hogyan valósultak meg részben vagy egészben az akkoriban sok kollégával, kompromisszumok sorozatán keresztül közösen kialakított javaslataink közül. Kiindulópontként tehát örömmel nyugtázzhatjuk, hogy az OTAK bevezetésével egy nagyságrenddel megnőtt a kémia tanári szakra jelentkezők száma. Nem határozható meg, hogy ehhez milyen arányban járult hozzá az a tény, hogy érettségi után azonnal lehet tanári szakokra jelentkezni, amelyeken a két szak kreditjei azonos számúak és a tárgyaik egymással párhuzamosan vehetők fel; [2] s mekkora szerepe volt/van az OTAK-kal egy időben elindított pedagógus életpályamodellel, illetve a Klebelsberg Képzési Ösztöndíj Programnak. [3] Az mindenesetre valószínűsíthető, hogy az osztatlan képzés jobban támogatja a tanári identitás kialakulását, fejlődését, a tanári adottságok kibontakoztatását, továbbá az általános iskolában, illetve középiskolában megismert tanári minták (példaképek) pozitív hatásának megőrzését, mint az a kétszintű képzés, ahol az első tanév végéig hivatalosan senki meg se kérdezte az alapszakos hallgatót arról, hogy nem szeretne-e majd „véletlenül” tanár lenni. Most viszont már a középiskolában beadhatják a diákok a jelentkezési lapot a tanár-

képzésre. Igaz, hogy a felvi.hu-n csak a 4+1 éves (az egyszerűség kedvéért „általános iskolai”-nak nevezett) tanárszakos képzések találhatók meg [4], ami kezdetben némi zavart okozott. Ennek oka az, hogy azonos szakpár esetén a képzés első három éve egyforma a 4+1 éves és az 5+1 éves képzésben. (Az 5+1 éves képzést, szintén egyszerűsítve, szokták „középiskolai”-nak hívni, de valójában inkább az különbözteti meg a rövidebb formától, hogy ezzel a diplomával érettségiztetni is lehet.) Az ELTE kémia tanári szakát végzők túlnyomó többsége eddig az 5+1 éves képzést választotta az első három tanév után. Ennek egyik oka az, hogy a képzés „örnehéz”, és aki az első 6 féléven sikeresen túljutott (évfolyamonként kb. 20–25 fő), az valószínűleg el tudja végezni az elhelyezkedésnél nagyobb szabadságot adó 5+1 éves képzés tantervi hálójában a további szemeszterekre előírt tárgyakat is. (Ezzel a diplomával ugyanis a közoktatás minden szintjén lehet tanítani kémiát.) Vannak persze olyanok is néhányan, akik kifejezetten az általános iskolai korosztályt szeretnék tanítani.

Hatalmas előnynek tűnik a jelentkezéskor, hogy az ELTE-n bármilyen létező tanári szak bármilyen másik szakkal párosítható. (Ugyanis az ELTE-nek politikai megfontolásból indítania kell az összes nemzetiségnyelv-szakot is. Egyébként ez a szétaprózott képzési szerkezet a fő oka a Bölcsészettudományi Kar óriási pénzügyi hiányának.) Ha például valaki várhatóan szlovák nemzetiségi nyelven szeretne majd kémiát tanítani, akkor bejelölheti a kémia és a szlovák nemzetiségi nyelv tanára szakokat. (Utóbbi egyébként nem azonos a szlovák nyelv tanári szakkal.) Ilyen hallgatónk eddig még nem volt, de más BTK-s és TTK-s szakpárosítás gyakori. Például a történelem–kémia és az angol–kémia szakos hallgatók most már többen vannak, mint az egykor nagyon népszerű kémia–fizika szakpárt végzők. Az angol–ké-

mia tanárookra nagy szükség van például az olyan két tanítási nyelvű iskolákban, ahol a kémiát is angolul oktatják. (Egy szakdolgozathoz készült felmérés alapján 2013-ban hét ilyen intézmény volt az országban.) Másrészt logikus választásnak tűnik, hogy a kis heti óraszámú kémia párja viszonylag nagy óraszámú, a 12. évfolyamig bezárólag tanítható és/vagy kötelező érettségi tárgy legyen. Ezért az évfolyamok mintegy fele biológia–kémiás, és még mindig viszonylag sokan vannak a matematika–kémia szakosok is. (A kémia nyilván jól tudja támogatni a biológia tanulását, és az orvosi egyetemre készülők nagy száma miatt sok gimnáziumban vannak ilyen tárgyakból fakultációk, ami a középiskolában az egyetemre való felkészülést, a munkába állás után pedig a biológia–kémia szakos tanár számára kedvező tantárgyfelosztás készítését is segíti.) A szakpár választásakor nem korlátozott szabadság azonban a tanrend készítésekor visszaüt. A Tanulmányi Hivatal határozott törekvése és legjobb szándékai ellenére sem teljesen ütközésmentes tanári órarendeket tovább bonyolítja, ha a Bölcsészettudományi Kar, a Természettudományi Kar és a Pedagógiai és Pszichológiai Kar épületeiben is vannak a hallgatóknak órái. Ezek ugyanis Budapesten nagy távolságra vannak egymástól.

Kormányzati törekvések és hatásai

A pedagógus életpályamodellel bevezetése [5] is meglehetősen ellentmondásosra sikerült. Sok vitával, feszültséggel és igazságtalansággal járt, amelyekről a tanári hivatás választását mérlegelő középiskolások egy része bizonyára hallott a családban, baráti körben lévő pedagógusoktól és/vagy a saját tanáraiktól. Különösen elnyitelen volt ugyanis az életpályamodellel a középkorú, a korábbiakban komoly teljesítményt nyújtó, de adott típusú szakvizsgálával nem rendelkező kollégák számára.



A szerző és kémia-tanár szakos hallgatói az ELTE kémia szak-módszertan laboratóriumában



Riasztó és nehezen értelmezhető volt a sokféle kompetencia, továbbá a rengeteg „indikátor”, amelyeknek meg kell felelniük. Mi annak idején, amikor harcoltunk érte, egyszerűbb minőségbiztosítási rendszert képzelünk a tanári munkához, amelyben sokkal nagyobb súllyal esett volna latba az, hogy ki mennyire jól tudja tanítani a szaktárgyát. Persze, ehhez az kellett volna, hogy a minősítési folyamatot azonos szakos kollégák végezzék. Emlékeztet az az eset, amikor egy, a minősítési folyamat részeként megtekintett óra után az egyik bizottsági tag azt nyilatkozta, hogy a minősítendő angoltanár kolléga bizonyára kitűnő munkát végzett, de sajnos ő maga (már-mint a bizottsági tag) nem tud angolul... Az e-portfólió készítése pedig szokatlan, és a napi munka mellett igen megterhelő feladatnak bizonyult a gyakorló tanárok számára. A kétszintű és az új osztatlan képzésben végző fiataloknak viszont már nem lesz ismeretlen, hiszen nekik a szakdolgozat mellett egy értékelési portfóliót is be kell adniuk. Ők előnyösebb helyzetben lesznek abból a szempontból is, hogy előre ismerik a rendszert és a kritériumokat, amelyeknek meg kell felelniük. A mestertanári és a kutatótanári fokozatnak nyilván vannak vonzó elemei (érdekes feladatok, komolyabb szakmai és anyagi megbecsültség, némi órakedvezmény; bár utóbbi vonatkozásában a kutatótanári munkához nyilván nem elég a heti 2 óra). Másrészt azonban a kutatótanári cím (is) csak sok év tanítás után érhető el, és az addig esetlegesen megszerzett PhD-fokozatot a rendszer korábban nem ismeri el. Ezért a tanárszakos hallgatók esetében nem magától értetődő, hogy érdemes-e a diplomát követően egyből megcélozni a nappalis (támogatott) doktori képzést.

A Klebelsberg-ösztöndíj valóban nagy segítséget jelenthet a képzés során, de ennek kapcsán is sok a kérdőjel. Nem világos, hogy mennyire lesz rugalmas a rendszer, mennyire tud majd alkalmazkodni az iskolák és a hallgatók szükségleteihez, hogyan találja meg az egyensúlyt a különböző felek érdekei között. Minden, az ösztöndíjjal kapcsolatos szerződés aláírásakor három olyan megyét kellett megjelölni a hallgatónak, amelyeknek valamelyik közoktatási intézményében legalább az ösztöndíj folyósításának időtartamával azonos ideig főállású foglalkoztatásra irányuló jogviszonyt létesít. Az ösztöndíjasoknak 2018 szeptemberében küldött tájékoztató levélben ez áll: „A pályázat benyújtásakor megjelölt megyéket az ösztöndíjas jogviszony időtartama alatt nem lehet módosí-

tani, arra csak egyedi elbírálás alapján, a képzés befejeztével a KÖB elnökéhez benyújtott kérelem alapján kerülhet sor, amennyiben az Ösztöndíjas élethelyzetében olyan, az Ösztöndíjas által igazolt változás állt be, amely indokoltá teszi ezt.” (A KÖB a Képzési Ösztöndíj Bizottság rövidítése.) Nyilván gyakori eset lesz az, hogy a fiatal pedagógus házaspár kérvényezni fogja valamelyikük esetében a preferált megyék megváltoztatását, ha eredetileg nem azonos megyéket jelöltek meg. Vannak hallgatók, akik a biztonság kedvéért nem is költik el az ösztöndíjat, hogy szükség esetén vissza tudják fizetni. Hallottam már olyan esetről is, hogy egy hallgató szándékosan megpróbálta lerontani a tanulmányi eredményét azért, hogy ne folyósítsanak többé számára ösztöndíjat. Ugyanis a szerződést a visszafizetés terhe nélkül megszüntetni nem lehet, de ha kevesebb ösztöndíjat kap a hallgató, akkor a tanulmányai végén kevesebb pénzt kell visszafizetnie, amennyiben olyan élethelyzetbe kerül, amikor a szerződésben tett vállalását nem tudja teljesíteni. Furcsa, hogy ha a tanárjelölt a tanulmányai harmadik évének végén köti meg a szerződést, és így – középiskolai, azaz 5+1 éves képzés esetén – három évig kap támogatást, akkor csak három évet kell „ledolgoznia”, ha viszont valaki a képzés elején megkötö a szerződést, akkor nincs lehetőség arra, hogy egy-két félévben „ne kérje” a támogatást, azért cserébe, hogy majd kevesebb időt kelljen a számára kijelölt munkahelyen töltenie vagy kisebb összeget kelljen visszafizetnie. Ez csak úgy fordulhat elő, ha az ösztöndíjas tanulmányi átlaga nem éri el a minimum szintet.

A tanárhiány és káros következményei

Sajnos várható, hogy a tanárhiány miatt így is sok olyan iskola lesz (sőt, már van is!), ahová nem jut elegendő szakképzett pedagógus. Ráadásul még mindig úgy gondolom, hogy a hátrányos helyzetű térségekben, illetve intézményekben való eredményes pedagógiai munkát kiemelkedően magas fizetésekkel kellene honorálni. Akkor nemcsak a kezdőket lehetne az ösztöndíjas szerződés biztosította kényszerrel ezekre a helyekre küldeni a további leszakadás megakadályozása érdekében, hanem olyan tapasztaltabb kollégák vállaltatnák önszántukból ezt a munkát, akik tudatosan, előre megfontoltan döntenek emellett.

A tanárhiány azonban mindenképpen bekövetkezik, már csak azért is, mert a kétszintű képzés hét évfolyamában egy

kezünkön meg tudtuk számolni az évente végzett kémiaatanárokat. Elég a Magyar Kémikusok Lapja 2018. márciusi számának [6] borítóján megjelent korfára pillantani ahhoz, hogy lássuk a veszélyt. A Minisztériumban pedig nyilván már kiszámolták azt, hogy a következő években nyugdíjba vonuló kollégákat nem fogják tudni pótolni a felsőoktatási rendszerben jelenleg tanuló fiatalok. Még a sajnálatosan csökkenő közoktatási diáklétszám mellett sem, és akkor sem, ha a kémia tanár szakosok mindnyájan végeznének, s nem lenne közöttük egyetlen olyan se, aki elhagyja a tanári pályát vagy az országot. Mivel ez az egyenlet a hagyományos módszerekkel nem oldható meg, a Nemzeti alaptanterv 2018 szeptemberében vitára bocsájtott tervezete [7] megengedi a természettudományos tárgyak általános iskolai integrációját. Így például a biológia–földrajz szakos kollégák taníthatnák a fizikát és a kémiát is. Ami (mint azt már sokszor, pl. egy MKE-állásfoglalásban [8] és petícióban is leírtuk) azért nagyon nagy baj, mert megfelelő háttértudás hiányában nem lehet ezeket a tárgyakat érdekesen tanítani és a tehetségeket gondozni. A szükség azonban nagy úr, és már arról is hallani lehet, hogy hosszabb távon a tanárhiány a középiskolákban is olyan mértékűvé válhat, hogy ott is csak a természettudományos tárgyak kényszerű integrációjával fedhető el. Mindezt összevetve a szakgimnáziumi „komplex természettudomány” bevezetésével, az a trend rajzolódik ki, hogy a minőségi természettudomány-oktatás, illetve -tanulás egyre inkább a szerencsés helyzetben lévő iskolák és diákok kiváltságává válik. Ez óhatatlanul tovább erősíti az ország képzettség szerinti, már jelenleg is aggasztó mértékű szétszakadását. [9] Bár nagyon örülünk annak, hogy a jelenlegi rendszerben a vegyészek újra szerezhethetnek egyszakos kémia tanári diplomát, az ilyen képzésben részt vevő hallgatók száma sajnos meg se közelíti azt a mértéket, hogy komolyan enyhíthetné a tanárhiányt. A kémia tanár szakos hallgatók számára ebben a bekezdésben egyetlen jó hír van: biztosan lesz munkájuk a végzés után. Sőt, minden valószínűség szerint válogathatnak is majd az állásajánlatok között. Már a mostani végzős jelöltek jó része is „lábon elkel” (ha szabad ezt a profán kifejezést használni erre a komoly ügyre). Az összefüggő tanítási gyakorlatukat ugyanis többen is olyan iskolákban végzik, ahol már jó előre állásajánlatot kaptak a diploma megszerzése utáni tanévre.



A kémiatanár-képzés tantervi hálójá

Ilyen körülmények között azt gondolhatnánk, hogy nem lehetünk nagyon kényesek arra, milyen kémiatanárokat képezzünk. Nos, ez a hozzáállás az ELTE-re nem érvényes. Az oktatók és a hallgatók egyaránt rengeteg munkát fektetnek a magas színvonal fenntartásába. Az időnként fáradt jelölteket azzal szoktam vigasztalni, hogy végzés után nagyon értékes diplomájuk lesz – és persze ezt ők is tudják. Pedig a felsőoktatásban (és így a mi egyetemünkön is) jelenleg a körülmények igen messze vannak az ideálistól. Mindnyájan tudjuk, hogy az optimális megoldás az lenne, ha a tanárszakosok minden tárgyat külön tanulnának a diszciplináris, azaz vegyész szakos hallgatóktól, olyan szemléletmóddal és súlypontokkal, amelyekre a leendő tanároknak szüksége van. Ez azonban a jelenlegi szűkös emberi és anyagi erőforrások mellett nem lehetséges. (Éppen a cikk írásra előtti napokban érkezett az a kancellári körlevél, amely ismét oktatói létszámpotot vezet be, és speciális engedélyhez köti az egyes projekteknél célfeladatokra „megpántlikázott” pénzeket túli költségeket.) Így a jelenlegi osztatlan kémiatanár-képzés tantervi hálójában az ELTE TTK-n [10] még mindig számos BSc-s tárgy szerepel (noha sok oktató kolléga áldozatvállalásának köszönhetően kevesebb, mint az OTAK 2013-as kezdésekor). Azokban az esetekben, ahol a kémia BSc-s tárgy követelményei túlzsúfoltak lettek volna, és kiváltható volt más (pl. biológia) BSc-s tárggyal, ezt a megoldást választottuk. A kémia vezetőtanárokkal és mentorokkal való legutóbbi (2018. október 24-én tartott) találkozáson azonban így is jelezték a kollégák, hogy fontos lenne több lehetőséget teremteni a közoktatási tananyag tanításához szükséges tudás elsajátítására.

Mivel tudomásunk van arról, hogy az első 5+1 éves évfolyam végzése után a Minisztérium elő fogja írni az osztatlan tanárképzés rendszerének és tantervi hálójának felülvizsgálatát, feltett szándékunk, hogy az ezzel kapcsolatos munka során kérjük a mentorok és a vezetőtanárok véleményét is. Az ELTE Tanárképző Központjának [11] jelenlegi vezetése a szakmódszertanos oktatók számára szervezett összejövetelen (2018. október 18-án) elmondta, hogy a tanárképzések felülvizsgálata során erősödnie kellene a módszertanok szerepének; több és korábbi lehetőséget kellene kapnia a hallgatóknak a hospitálásra és a tanításra. A kémia szakmód-



Kísérletek bemutatása a Csodák Palotájában rendezett Tudomány Mozaik fesztiválon

szertan esetében ez már jórészt megvalósult. Hiszen a „Bevezetés a kémiatanításba” tárgyat másodév őszén vehetik föl a hallgatók. Ennek keretében sokat járunk különféle profilú általános iskolákba és középiskolákba hospitálni, hogy minél több jó tanárt lássanak a hallgatók a lehető legváltozatosabb módszerekkel és körülmények között tanítani. Ugyanakkor e tárgy keretében minden hallgató lehetőséget kap a félév során arra, hogy 10 perces „nanotanítás” keretében kipróbálja magát. Tettszóleges témát és feldolgozási módot választhat hozzá, és a módszertanos oktatójától ehhez ugyanolyan támogatást kap, mint később, a szakmódszertan-órákon végzett „mikrotanítás”-okra való felkészülés során. A félév végén beadandó és közösen is megvitatandó „mini portfóliókban” pedig azt kell leírniuk, hogy mi miért tetszett nekik a hospitálások, illetve a mások és a saját nanotanításuk során, illetve hogy mit és miért tennének másképp. A „Feladatok megoldásának tanítása” tárgyat a minta tantervi háló szerint a másodév 2. félévében teljesíthetik a hallgatók. Az 5+1 éves képzésben kötelező tárgy a „Versenyfeladatok megoldása” is, amelyet Magyarfalvi Gábor (a Nemzetközi Kémiai Diákolimpia, azaz az *International Chemistry Olympiads Steering Committee* elnöke) tart. Az általános iskolai kémiatanítás módszertanát a 6., a középiskolaiét pedig a 7. szemeszterben vehetik föl. (Ez azért lett országos szinten a régebben szokásos 7–8. félévnél előrébb hozva, mert így a 4+1 és az 5+1 éves képzésben résztvevők együtt végezhetik a módszertan általános iskolára vonatkozó részét.) A Kémiai Intézetben a módszertan laborokat úgy szervezzük, hogy azok során félévente több „nyílt labort” is tartunk. Ezeken általános iskolás és középiskolás diákok is részt vesznek, akiknek a munkáját a jelölteknek kell irányítani, illetve számukra kell bemutatniuk és elmagyarázniuk a kísérleteket. Alkalmanként vetélkedőt is szervezünk a kül-

sős, közoktatásból érkező diákoknak. A Kutatók Éjszakáján is mindig a tanárjelöltek segítik a módszertan laborban a vendégeket.

Speciális módon szervezzük a Kémiai Intézetben a „Terepgyakorlat (Tanórán kívüli szakmai gyakorlat)” című tárgyat is. Az elv az, hogy ennek során végigfigyeljük a kémiaórán kívüli kémiaoktatás lehetséges helyszíneit, az óvodás nagycsoportos foglalkozásoktól kezdve az OKTV-szakkörökig. Amikor erre lehetőség van, akkor először csak hospitálni megyünk, és megbeszéljük a pedagógus kollégával, hogy mivel tudnánk fölkészülni a következő alkalomra. Ezek keretében kísérletek bemutatása, végeztetése, számolási feladatok megoldása, környezet- és természetismeret-órák vagy -órarendszetek tartása egyénileg vagy csoportosan mind megvalósíthatók. Vannak különleges, egyszeri alkalmak is, mint például a Csodák Palotájában szervezett „Tudomány Mozaik” [12] fesztivál, amelyen idén először vettünk részt (2018. október 12-én). Mindig óriási öröm látni, ahogy a tanárjelöltek lelkesedése és a kisebb-nagyobb diákok érdeklődése egymásra talál. Azt szoktam kérdezni a hallgatóktól az első találkozásunk alkalmával, hogy szeretik-e elmagyarázni másoknak azokat a dolgokat, amelyeket ők már megértettek. Ugyanis sok minden tanítható, rengeteg trükk és technikai részlet elsajátítható a képzés során, de azt, hogy a tanítást élvezzék, magukkal kell hozniuk a génjeikben. Mi csak lehetőségeket tudunk teremteni rá, hogy ez az adottságuk manifesztálódhasson, és az ilyen irányú képességeik fejlődhessenek.

A tanítási gyakorlatok

Az új osztatlan tanárképzésben megváltozott a gyakorlatok rendszere is. A „Szaktárgyi tanítási gyakorlat” sajnos csak 2 kreditet ér, és ezért a minta tantervi hálóba 28 másik kreditnyi tárgyat is be kellett tennünk ugyanarra a félévre. Ez hihetetlen



mértékben megnehezíti a hallgatók és a vezetőtanárok gyakorlóiskolai munkáját. Hivatalosan összesen 60 munkaórát kell töltenie a jelölteknek a hellyel és az embe-
rekkel való megismerkedéssel, a hospitálá-
sokkal, illetve a 15 órányi tanítással és az
arra való fölkészüléssel, de ez a valóság-
ban sokkal több időt vesz igénybe. Ráadá-
sul rendszerszinten nem oldható meg, hogy
a hallgatóknak délelőttönként ne legyenek
egyetemi óráik. A „rövid gyakorlat” kre-
ditszámát és jelentőségét tehát jó lenne
majd megnövelni a tanárképzés rendsze-
rének legközelebbi felülvizsgálata során.
Ezzel együtt nagyon jó látni a jelölteket,
amint már „igazi” osztályokat tanítanak.
Ezért is nagyon szeretünk mi, kémia szak-
módszertannal foglalkozó oktatók elmen-
ni a vizsgatanításokra. (Eddig még nem is
fordult elő olyan eset, hogy az ELTE Ké-
miai Intézete részéről ne vett volna részt
valamelyikünk egy kémia vizsgatanításon.)

Az OTAK szerves része az egy teljes
tanéven át tartó „Összefüggő egyéni taní-
tási gyakorlat” és az ezt kísérő szakos sze-
mináriumok (ez az év a 4+1 és az 5+1 ki-
fejezésekben a „+1”). Az eredeti célkitűzés
szerint ezt az ún. „hosszú gyakorlat”-ot az
ELTE Tanárképző Központ (TKK) által a
szakmódszertanosok segítségével kivá-
lasztott partneriskolákban dolgozó men-
tortanárok segítik. A valóságban azonban
előfordul, hogy a jelöltek mégis gyakorló-
iskolába kerülnek, vagy más esetekben olyan
oktatási intézményekbe, ahol már égetően
nagy szükség van, illetve végzés után szük-
ség lesz a munkájukra (lásd fentebb). A
TKK azonban ilyenkor is kikéri és figye-
lembe veszi a szakmódszertanosok véle-
ményét. Ha a mentornak csak egyik szak-
ja egyezik meg a jelöltével, akkor a másik
szakból egy azonos szakos konzulens ta-
nár segíti a hallgató munkáját. Ezen gya-
korlatok bemutató óráinak látogatásait is
szeretnénk megoldani, de ez nem könnyű,
mert néha igen messze lévő vidéki intéz-
ményekben kell(ene) elutazni. A gyakorló-
iskolai vezetőtanárok följánlották ehhez a
segítségüket, amelyre a jövőben minden bi-
zonnyal szükség is lesz. Egyébként is azt
szeretnénk, ha a mentorok, a vezetőtaná-
rok és a módszertanosok szoros szakmai
közösséget alkotnának, hiszen nyilván na-
gyon sokat tudunk tanulni egymástól.

Az ELTE-s kémia szakmódszertani munka támogatása és gyümölcsei

Szerencsére egyre többen ismerik föl a ta-
nárképzés és ezen belül a szakmódszertan

jelentőségét. A már többször említett 2009-
es MKL-cikkben azt írtam, hogy szükség
lenne pályázatokra, az ilyen irányú kutató-
sok, továbbképzések és infrastrukturális
fejlesztések támogatására. Azóta megvaló-
sult a TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 szá-
mú, „Országos koordinációval a pedagó-
gusképzés megújításáért” című projekt.
[13] Ennek keretében sok kémia óraterv,
videós órafelvétel, jegyzet és prezentációs
diasor született, amelyek elérhetők az ELTE
Természettudományos Oktatásmódszer-
tani Centrum (TTOMC) honlapján. [14] El-
indítottuk a kutatásalapú kémiatanítással
kapcsolatos empirikus kutatásokat, ame-
lyeket 2016 ősze óta az MTA Tantárgype-
dagógiai Kutatási Programja keretében lét-
rehozott MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia-
tanítás Kutatócsoportban, 18 partnerisko-
la 24 kémiatanárának és 920 diákjának
bevonásával a „Megvalósítható kutatásalapú
kémiatanítás” című projektben végzünk.
Az e munka során készült feladatlapok,
tesztek és publikációk szintén elérhetők a
TTOMC honlapján [15], a feladatlapok ki-
próbálásairól készült képek pedig a galé-
riákban láthatók. [16] Készítettünk kémiai
kísérletes jegyzetet is az ELTE Felsőokta-
tási Struktúraátalakítási Alapból támoga-
tott programja keretében. [17] Megvalósul-
tak kémia szakmódszertani továbbképzé-
sek a Génius programban [18], majd a
főntebb már említett TÁMOP és MTA-s
projekteken. Jelenleg is folyik (és több,
mint 4 évig tart) az EFOP-3.4.4-16-2017-
00006 számú, „Belépő a tudás közösségé-
be, MTMI szakok és pályák népszerűsítése
a középiskolások körében” című projekt.
Ennek során nemcsak az ELTE Kémiai In-
tézeti honlapjához [19] kapcsolt PR-olda-
lunkat újítottuk meg „Népszerű kémia”
néven, [20] hanem a sokrétű tevékenysé-
gekbe a tanárszakos hallgatóinkat is be-
vonjuk. Nagyon sikeres például az e pro-
jekt keretében szervezett „Kémia Követei”
programunk, amelynek során főként ta-
nárszakos hallgatók mennek el távoli, hát-
rányos helyzetű térségekben lévő iskolák-
ba kémiai kísérletekkel fűszerezett pálya-
orientációs előadásokat tartani. Készítet-
tünk azonban interjút is kémiatanárnak
készülő hallgatókkal [21], és szintén ta-
nárszakosok hozták létre ebben a projekt-
ben a „Chemification” című oldalt a Face-
bookon. [22]

A TTK és a Kémiai Intézet vezetésétől
is sok támogatást kap a tanárképzés. Túri
László professzor elvállalta az új osztatlan
tanárképzés szakfelelősi feladatait. Az im-
már állandósult anyagi nehézségek ellenére
új kémia szakmódszertan oktatót is kap-

tunk Kiss Edina kolléganóm személyében,
aki nélkül a megnövekedett számú tanár-
jelölttel folyó munka már nem lenne telje-
síthető. Wajand Judit és Rózsahegyi Már-
ta, akik a kémia szakmódszertan oktatá-
sában és a kémia tanításában nemcsak ne-
künk példaképeink, hanem országos szin-
ten is meghatározó jelentőségű munkát
végeztek sok évtizeden keresztül, napi szin-
ten vannak jelen, és segítenek minket min-
den esetben, amikor szükség van rá. To-
vábbra is szoros az együttműködés Riedel
Miklóssal, akinek megbízható, precíz mun-
kájára szintén mindig számíthatunk. Kö-
zös munkánkhoz a kémia szakmódszertan
labor sokoldalú és találmányos technikusa,
Miskolcziné Munkácsi Ágnes is meghatá-
rozó módon járul hozzá. Az ELTE TTK ve-
zetése pedig létrehozta a „Mikola Kated-
ra” [23] címet, amellyel az első öt éves cik-
lusban két szakmódszertanos teljesítmé-
nyét ismerték el 2016-ban.

Összegezve tehát megállapítható, hogy
nézőpont kérdése: az ELTE Kémiai Intéze-
tében folyó kémiatanár-képzés pohara fé-
lig tele van-e vagy félig üres. Azonban biz-
ton elmondható, hogy sokan és sokat igyek-
szünk tenni azért, hogy annak tartalma
tápláló, viszonylag könnyen emészthető,
sőt időnként élvezhető is legyen. ●●●

IRODALOM

- [1] Szalay Luca: Kell-e nekünk sok jó kémiatanár? MKL (2009) 181–183. (Letölthető: http://real-j.mtak.hu/8514/6/2009_6.pdf#page=13. A hivatkozott weboldalak látogatásának utolsó időpontja: 2018. október 29.)
- [2] <http://to.ttk.elte.hu/osztatlan-tanarkepzes-2013-tol-2017-ig>
- [3] <http://kk.gov.hu/klebsberg-kepzesi-osztondij>
- [4] https://www.felvi.hu/felveteli/szakok_kepzesek/szakleirasok/ Szakleirasok/index.php/szak/16262/szakleiras
- [5] https://www.oktatas.hu/cimke_lista?keyword=pedag%C3%B3gus-%C3%A9letp%C3%A9lyamodell
- [6] <http://www.mkl.mke.org.hu/2018-evi-szamok/2018-marcius/717-teljes-szam-2018-marcius.html>
- [7] https://www.oktatas2030.hu/wp-content/uploads/2018/08/a-nemzeti-alapanterv-tervezete_2018.08.31.pdf
- [8] <https://www.ipetitions.com/petition/ttud1>
- [9] https://mersz.hu/hivatkozas/matud_40#matud_40
- [10] <http://to.ttk.elte.hu/osztatlan-tanarkepzes-2018-tol>
- [11] <http://tkk.elte.hu/>
- [12] <http://csopamedia.blogspot.com/2017/11/maradek-nelkul-tudomany-mozaik-csodak.html>
- [13] <http://ttomc.elte.hu/>
- [14] <http://ttomc.elte.hu/szervezeti/kemia-szakmódszertani-csoport>
- [15] <http://ttomc.elte.hu/kiadvany/az-mta-elte-kutatas-alapu-kemiatanitas-kutatocsoport-publikacioi>
- [16] <http://ttomc.elte.hu/galeriak>
- [17] <http://ttomc.elte.hu/kiadvany/kemiai-kiserletek-az-altalanos-iskolakban>
- [18] <http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/fellap.html>
- [19] <http://chemistry.elte.hu/>
- [20] <http://nepszerukemia.elte.hu/>
- [21] <http://nepszerukemia.elte.hu/getpage.php?free=1&id=20&detid=20>
- [22] <https://www.facebook.com/chemification/>
- [23] <http://ttkold.elte.hu/node/934>



1 IA 1A	2 IIA 2A	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 9	10 VIII 10	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A
1 H Hydrogen 1.008	2 He Helium 4.003	3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012	5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180	11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.711	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.294
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.328	57-71 Lanthanide Series	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.085	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 209.987	86 Rn Radon 222.018
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinide Series	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [278]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [286]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [294]	118 Og Oganesson [294]

Periodic Table of the Elements

Atomic Number	Symbol	Name	Atomic Mass
---------------	--------	------	-------------

57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide
--------------	----------------	------------------	-------------	-----------	----------	---------	-----------	------------	----------



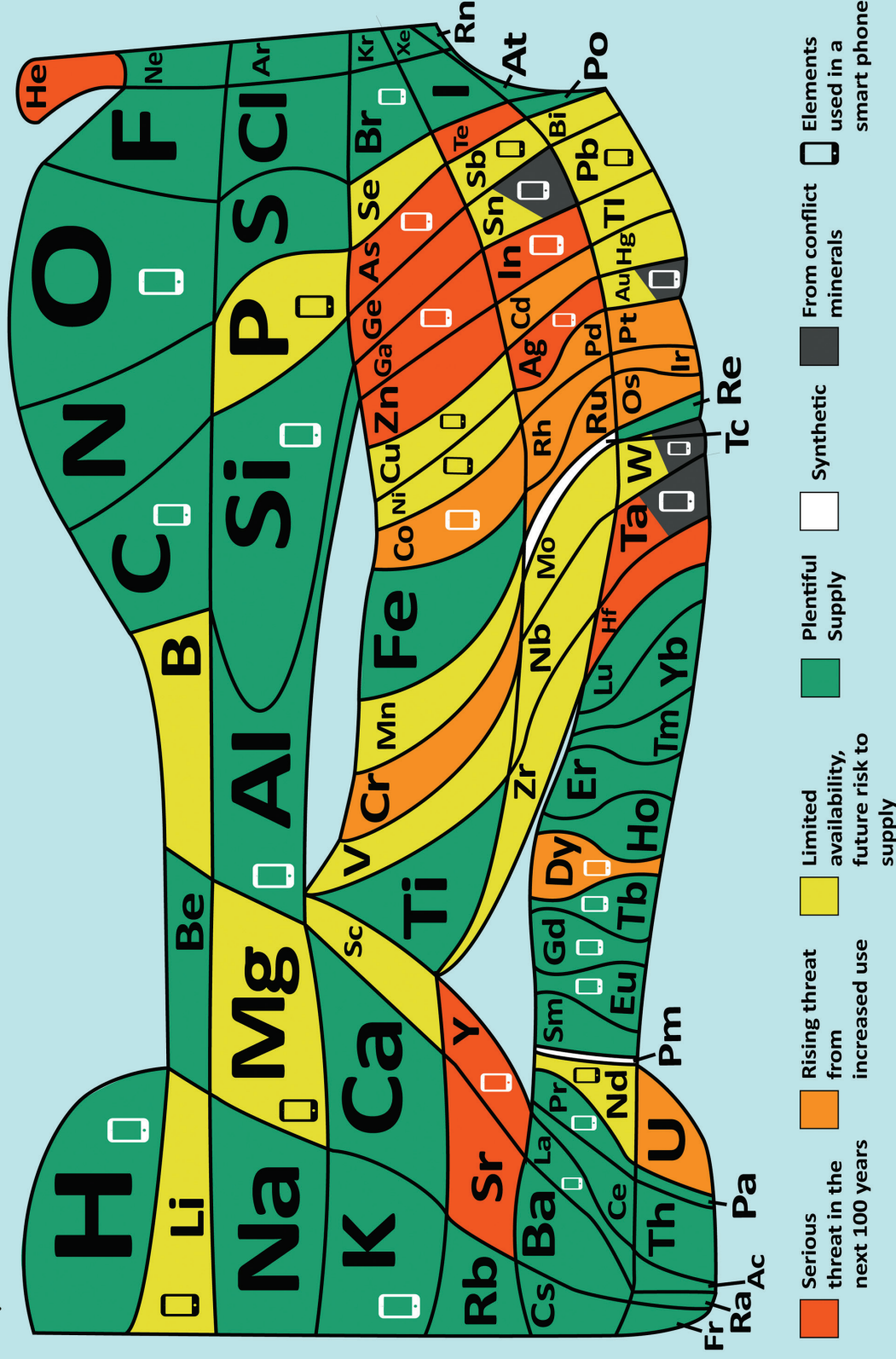
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

The 90 natural elements that make up everything

How much is there? Is that enough?



Inspired by W.F. Sheehan's 'A Periodic Table with Emphasis' published in Chemistry, 1976, 49, 17-18'



Read more and play the video game <http://bit.ly/euchems-pt>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivs CC-BY-ND



Elmélet és kísérlet együttműködése

Beszélgetés Czakó Gábor elméleti kémikussal

A Junior Prima-díjas Czakó Gábor az MTA legfiatalabb kémikus doktora, a Szegedi Tudományegyetem Elméleti Reakciódinamika Kutatócsoportjának vezetője. Számos eredményét a legrangosabb folyóiratok közzölték, például a Science, a Nature Chemistry, a Nature Communications. Kiemelkedő felfedezése az S_N2 -reakciók új mechanizmusa.

Húsz éve kapott Nobel-díjat két meghatározó elméleti kémikus, és már akkor felmerült, hogy az ő munkájukhoz „mérhető erőfeszítésekre van még szükség ahhoz, hogy a kvantumkémia a reakciók tanulmányozásában is elérje azt a teljesítőképességet, amelyet mára az egyedi molekuláknál elért”.¹ Az Ön reakciódinamikai munkája éppen ezekhez az erőfeszítésekhez járul hozzá.

Az 1998-as Nobel-díjat leginkább az elektronok mozgásának leírásáért kapták. Ha a kémiai reakciókat szeretnénk tanulmányozni, az atommagok mozgását is le kell írni. Ezt viszont az elektronok mozgása határozza meg, ezért az elektronmozgás vizsgálata nem kerülhető meg a reakcióutak feltárásában.

A PhD-munkámban, az ELTE-n, elektronszerkezet-számítás is szerepelt, és ez nagy előnyt jelentett, amikor a védés után, 2008-tól reakciódinamikával kezdtem foglalkozni egy élvonalbeli kutatócsoportban, az Emory Egyetemen (Atlantában).

Addigra az atomok és az ötatomos metánmolekula közötti reakciók tanulmányozásáig jutott el az elméleti reakciódinamika, amely a hidrogénatom és a hidrogénmolekula reakciójának vizsgálatával indult az 1970-es években. Ahhoz, hogy a reaktánsokból termékek keletkezzenek, rendszerint át kell jutniuk egy energiagáton. Ezt általában úgy segítjük elő, hogy egyre nagyobb energiával ütköztetjük a partnereket vagy az egyik reaktáns rezgéseit gerjesztjük. A magyar származású, szintén Nobel-díjas John Polanyi azt vizsgálta fizikai kémiai módszerekkel 30–40 évvel ezelőtt, hogy melyik a hatékonyabb energiaközlés. Az ő modellje szerint a reakció lefolyását az szabja meg, hogy a gát a reaktánsokhoz vagy a termékekhez van-e közelebb. Néhány szabályt is felállított az atomok és kétatomos molekulák reakcióira. Mi kicsit nagyobb rendszerekben, például klóratom és metán reakciójában vizsgáltuk az energiabefektetés hatékonyságát, és azt találtuk, hogy a Polanyi-szabályok nem minden esetben érvényesek, illetve nem minden esetben általánosíthatók egyszerűen. Erről szolt a 2011-ben megjelent Science-cikkünk.

Felvették a kapcsolatot John Polanyival?

Igen, e-mailben elküldtük az eredményeket, és nagyon pozitívan reagált.

Ezután visszajöttem Magyarországra, először az ELTE-re, és elkezdtem az S_N2 -reakciók vizsgálatát. Ez az egyik legismertebb

reakciótípus a kémiában. Az alapvető mechanizmust több mint 100 éve feltárták, de a reakciót ma is sokan vizsgálják, mert még a legegyszerűbb esetekben is több kérdés vár megválaszolásra. Láttam, hogy azokkal az elméleti módszerekkel, amelyek sikeresek voltak például a metán reakcióinak vizsgálatában, az S_N2 -reakciók esetében is érdemes próbálkozni: a számolásaink meghaladják a korábbi, irodalomban fellelhető szimulációk pontosságát, részletességét, és ezekből a sokkal pontosabb számolásokból esetleg új eredmények várhatók. Szerencsére, egy kiváló PhD-hallgató, Szabó István munkáját irányíthattam, és együtt kezdtük el a kutatást 2012–2013 környékén.

Úgy alakult, hogy már az egyik legegyszerűbb S_N2 -reakció, a fluoridion és a metil-klorid reakciója esetében is váratlan eredményeket kaptunk: új mechanizmust találtunk, amely különbözött a régóta ismert, Walden-inverziós reakcióúttól. Az új reakcióutat dupla inverziós mechanizmusnak neveztük el. A korábbi elképzelés szerint az S_N2 -reakciók inverzióval mennek végbe: a termékben a szénatom körüli elrendeződés tükörképe a reaktánsbeli elrendeződésnek. Mi olyan utat is találtunk, ahol az inverzió kétszer játszódik le, és a kétszeres tükrözés miatt a „ligandumok” szénatom körüli elrendeződése nem változik a termékben a reaktánshoz képest. A kémiában nagyon fontos, hogy tükörképi elrendeződés keletkezik-e egy reakcióban, és mi egy több mint 100 éve ismert, inverziós reakcióút mellett találtunk egy másikat, ami nem jár inverzióval.

Később kiderült, hogy ez a mechanizmus nemcsak egyetlen reakcióban fordul elő. Ez nagy nemzetközi visszhangot váltott ki, és a hasonló területen dolgozó kollégák szintén elkezdtek vizsgálni a dupla inverziót. Egy kínai kutatócsoport szimulációja vízes oldatban is kimutatta ezt a mechanizmust (a mi vizsgálataink gázfázisra vonatkoznak). Ma már azt mondhatjuk, hogy a dupla inverzió az S_N2 -reakciók elismert mechanizmusa.

Kísérlettel is kimutatható, hogy mikor milyen arányban alakul ki a kétféle elrendeződés?

Ez még várat magára, mert nem egyszerű feladat, de a közeljövőben remélhetőleg lesznek ilyen kísérletek.

Kapcsolatban állnak kísérleti csoportokkal?

Igen, például egy innsbrucki csoport élen jár az S_N2 -reakciók kísérleti vizsgálatában, egy tajvani pedig nagy sikerrel követi a metán-atom reakciókat. Ezek a kísérletek gázfázisban folynak:

¹ Fogarai Géza, Szalay Péter, Természet Világa (1999) 113.



molekula- és ionsugarakat kereszteznek egymással, közben végbemennek a reaktánsok közötti ütközések, és ha lejátszódik a reakció, irány szerint tudják detektálni a termékeket. Az eredményeket összevetjük a számolással, amely sokszor többet is elárul a kísérletnél. Méréskor rendszerint a termékeket azonosítják, a szimuláció során viszont mozifilmszerűen, lépésről lépésre követhetjük a reakciót. Ezért a kísérleti eredmények értelmezéséhez sokszor nélkülözhetetlen az elmélet.

Az elméleti reakciódinamika ma már ott tart, hogy nemcsak a kísérleti eredményekkel tesztelhetjük a szimuláció pontosságát, hanem akár fordítva is. Előfordult, hogy a számításaink nem egyeztek jól a kísérleti eredményekkel, és a megismételt kísérlet után kiderült, hogy a régebbi mérésekkel volt probléma, nem a számolással. Mostanra az elmélet és a kísérlet egyenrangú partner lett. A legérdekesebb eredmények az elmélet és a kísérlet együttműködéséből fakadnak.

Az S_N2 -reakciókról 2016-ban jelent meg közös cikkünk az innsbrucki csoporttal a *Nature Chemistry* folyóiratban: azt találtuk, hogy a távozó csoport is komolyan befolyásolhatja a reakciók lejátszódását. Ez a munka soha nem látott egyezést mutatott az elméleti és a kísérleti eredmények között az S_N2 -reakciók esetében, ami részben az új számítási módszereinknek köszönhető.

A tajvani csoporttal az energiagát alakját vizsgáltuk a klóratom és a metán reakciójában, amit szintén a *Nature Chemistry* közölt. A gát fontos tulajdonsága a magasság és a szélesség. Korábban lehetetlen feladatnak tűnt a gát alakjának kísérleti meghatározása. A tajvani csoport nemrég javasolt egy módszert, de a hipotézisük ellenőrzéséhez elméleti segítségre is szükség volt. A számított és a mért eredmények jó egyezése bizonyította be, hogy az új kísérleti technika működik. A számolásnak ezúttal kicsit könnyebb dolga volt, és nagy magabiztossággal állíthatjuk, hogy a számolási eredmények jól adják meg a gát alakját, tehát a számítás validálja a mérési eredményeket.



Nem véletlen akkor, hogy a Journal of Physical Chemistryben nemrég Önök írták a „feature article”-t.

Azért is nagy megtiszteltetés volt a felkérés, mert általában idősebb professzoroktól kérnek összefoglaló közleményt, úgyhogy nagy örömmel írtuk meg a cikket Szabó Istvánnal. A folyóirat még a címlapján is kiemelte. A siker motivációt ad a kutatások folytatásához.

Ez a munka nagyon bonyolult számításokon alapszik, és a tavaly júniusi MKL-cikkükből² kiderül, hogy már a kulcsfon-

tosságú elem, a potenciálisenergia-felület számításának automatizálásán is dolgoznak.

A potenciálisenergia-felületet úgy kapjuk meg, hogy az elektronok energiáját ábrázoljuk az atommagok helyzetének függvényében. Az elektronenergiákat a Schrödinger-egyenlet megoldásával számoljuk ki, numerikusan. A pontos módszerekkel még a legmodernebb számítógépeken is sokáig tart a számolás. Ha megvan a potenciálisenergia-felület, akkor a meredekségeit kell meghatározni különböző pontokban: ebből adódnak azok az erők, amelyek az atomokat mozgatják. Az atomok mozgásának követése nyitja meg az utat a reakciók dinamikájának, mechanizmusainak tanulmányozása felé.

A potenciálisenergia-felület pontjait tehát ki lehet számolni, de a felületet nem könnyű leírni matematikai függvénnyel, ami pedig fontos a szimulációhoz. Nekünk már van módszerünk a matematikai függvény meghatározására. Az ilyen függvények előállítására kevés csoport képes – ezért vagyunk előnyben másokkal szemben. A potenciálisenergia-felület leírása így is több hónapos munka lehet egy-egy reakcióra.

Győri Tibor PhD-hallgató most olyan számítógépes programot dolgozott ki, amely jórészt helyettesíti a potenciálisenergia-felület fejlesztéséhez szükséges emberi munkát. Nemsokára publikáljuk, és folyamatosan tovább is fejlesztjük. Optimista vagyok, mert úgy látom, elérhetünk oda, hogy nekünk már csak azt kell kiválasztanunk, milyen reakciót szeretnénk vizsgálni, milyen pontosságú módszert akarunk használni, és a program leveszi a vállunkról a munka nagy részét. A kutatás legalább 90 százaléka valóban „munka”, és csak 10 százalék jut az eredményeket értelmezésre, az új kérdések megfogalmazására, a módszerek kidolgozására. Azon vagyunk, hogy több időt szánhassunk a kreatív feladatokra.

A potenciálisenergia-felületet automatizált számítása ugyanúgy bekerülhet a vegyészek eszköztárába, mint sok kvantumkémiai program?

Egylőre bennünket segít ez a megoldás, de nem tartom elképzelhetetlennek, hogy jó pár év múlva a hallgatói laborban is sor kerülhet ilyen számításokra. Ez a megkívánt pontosságtól és a számítástechnika fejlődésétől is függ. A számítások akár hetekig vagy egy-két hónapig futhatnak, még ha automatizálva vannak is. De nem baj, közben jut idő másra.

Például a kutatócsoportjára és a tanításra...

Azért is jöttem ide 2015 augusztusában a Szegedi Tudományegyetem hívására, mert saját kutatócsoportot alakíthattam. Nemzetközi szinten jegyzett kutatócsoportot szeretnék irányítani. Ez szorosan összefügg az oktatással, hiszen ehhez a kutatáshoz komoly elméleti tudás szükséges. Ennek egy részét a kutatómunka közben is el lehet sajátítani, de az alapokat az egyetemen kell megszerezni. Olyan előadásokat, gyakorlatokat igyekszünk kínálni a hallgatóknak, ahol fölkelthetjük az érdeklődésüket az elméleti kémia iránt. Amikor idekerültem, kidolgoztam a kurzusok tematikáját. Szerencsére, nem raknak rám hatalmas oktatási terhet. Szegeden az az egészséges fölfogás az irányadó, hogy az óraszám csökkentésével segítik a kutatómunkát. Természetesen minden félévben tartok egy-két előadást; ez azért is fontos, hogy megismerjem a hallgatókat és új embereket hozzak a csoportomba.

Két év alatt több mint tízre nőtt a létszámunk; BSc-, MSc-, PhD-hallgatókkal és posztdoktori kutatókkal dolgozom. Minden munkatárs más projektet kap. Az én feladatom, hogy kitaláljam a kutatási témákat, segítsem a hallgatók munkáját, a problémák megoldását, az eredmények értelmezését. Ha megszületnek az eredmények – és mivel sokan dolgozunk, ez gyakran előfordul –, akkor a publikálás, a konferenciákon való bemutatás vesz el sok időt, de azok közé tartozom, akik szeretnek cikket írni.

Ha egy kutató nem osztja meg az eredményét a világgal, olyan, mintha nem is lenne eredménye. Sőt, úgy kell leírunk a munkánkat, hogy minél szélesebb körben keltsünk érdeklődést. Mi figyelünk arra, hogy az eredményeket frissen és a lehető legrangosabb tudományos folyóiratokban publikáljuk. Ez nem csak nekünk jó – a tudománynak is érdeke, hogy a kollégák értesüljenek az új eredményekről, mégpedig minél hamarabb.

Silberer Vera

² Tasi Gyula, Czako Gábor, Horváth Dezső, Tóth Ágota, Magyar Kémikusok Lapja (2018) 6, 178.



Bruckner-termi előadás

Hazai László

■ BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék

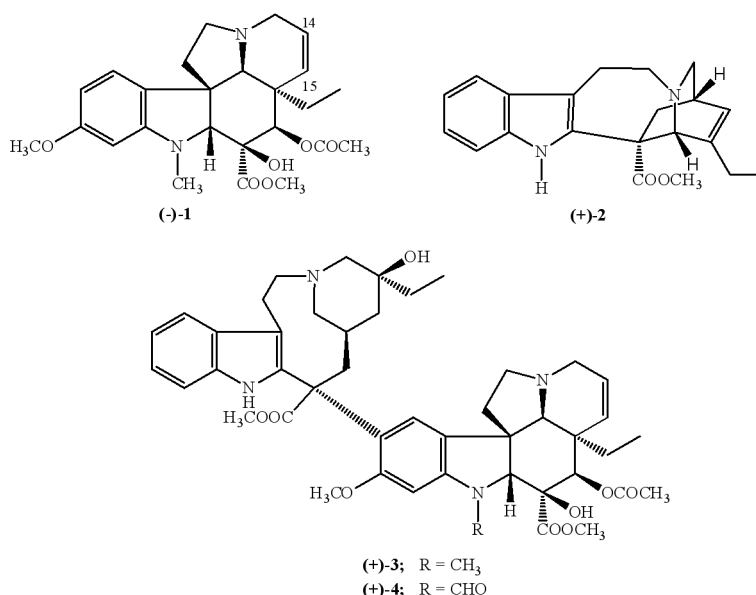
Várt és nem várt reakciók a daganatellenes hatású *Vinca* alkaloidok körében

A A biológiailag aktív természetes anyagokkal foglalkozó kutatások három fő csoportra oszthatók. Az első a szerves anyag izolálása az adott növényből, a második a totálszintézis kidolgozása a hatásos szerkezet előállítására, a harmadik pedig a már meglévő struktúra módosításával hatékonyabb, szelektívebben kötődő, kevésbé mérgező származékok szintetizálása.

A (–)-vindolin (1) és a (+)-katarantin (2) indolváz alkaloidok, amelyek összekapcsolódva alkotják a (+)-vinblasztint (3) és a (+)-vinkrisztint (4). A vinkrisztin (4) abban tér el a vinblasztintól (3), hogy a vindolin rész 1-es helyzetében *N*-metilcsoport helyett *N*-formilcsoportot tartalmaz (1. ábra). Ezek a vegyületek, mint *Vinca* alkaloidok, a rákterápiában leginkább leukémia és limfómák esetén használatosak.

Már számos publikáció született a vinblasztin (3) és a vinkrisztin (4) kémiai és biológiai tulajdonságairól, valamint biológiailag hatásos származékaik szintéziséről. [1,2] Kutatómunkánk során új vinblasztin- és vinkrisztinszármazékok előállításán túlmenően célunk volt az őket felépítő monomerek, a vindolin (1) és katarantin (2) kémiai tanulmányozása.

Korábban megfigyelték, hogy a vinblasztin (3) 14,15-ös helyzetű kettős kötését katalitikus hidrogénezéssel telítve a biológiai hatás nagyjából két nagyságrenddel csökken. [3] Mivel ez az apró módosítás ezen a hatalmas molekulán ilyen drasztikus változást okoz, arra következtettünk, hogy ennek a telítetlenségnek kulcsszerepe lehet a biológiai hatásban. Mivel ezek a vegyületek alkalmasnak látszanak ebben a pozícióban a ciklopropanálásra, felmerült a kérdés, hogyan változik a biológiai hatás, ha ezt a kettős kötést az elektronikusan hasonló ciklopropángyűrűvel helyettesítjük. Ezért célul tűztük ki a 14,15-ös helyzetben ciklopropángyűrűt tartalmazó vindolin- és vinblasztinszármazékok előállítását.

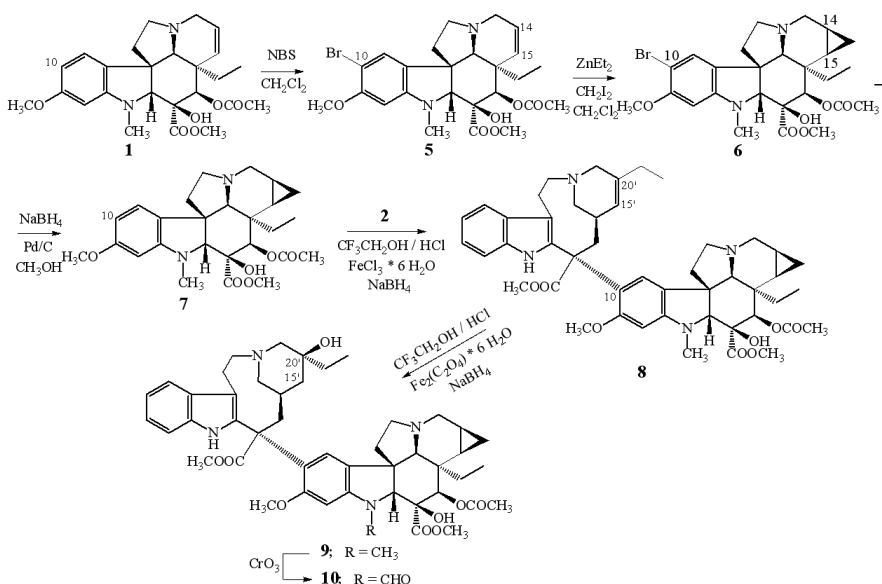


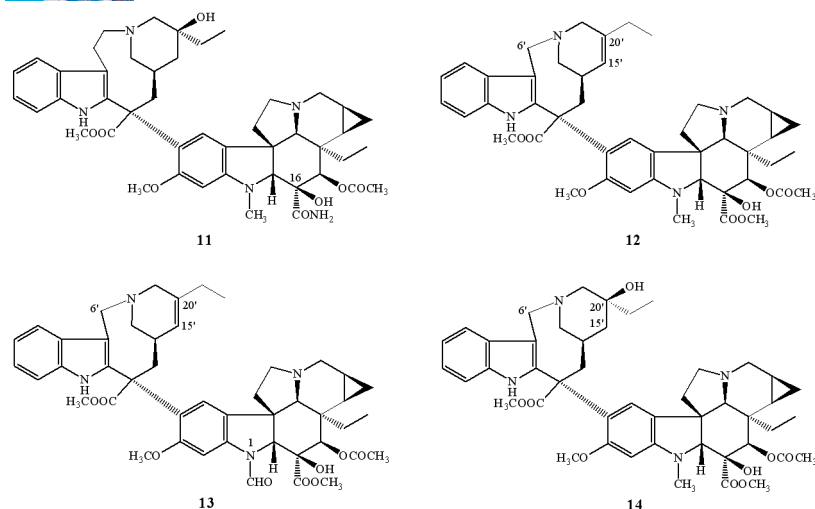
1. ábra. Monomer és dimer *Vinca* alkaloidok szerkezete

Először közvetlenül próbáltuk ciklopropanálni a vinblasztint (3), de ez nem sikerült az ismert módszerekkel. Ezután a mo-

nomer vindolint (1) reagáltattuk dietil-cinkkel és diiodometánnal, melyet a 10-es helyzetben halogén helyettesítővel védünk a

2. ábra. Ciklopropanovinblasztin és ciklopropanovinkrisztin szintézise





3. ábra. Ciklopropángyűrűvel kondenzált daganatellenes hatású vinblasztinszármazékok

dijódmétánon keresztül történő dimerizálás elkerülésére. Így közvetett úton 5 lépéses szintézissel [4,5,6] jutottunk a kívánt 14,15-ciklopropanovinblasztinhoz (9).

A reakciót a 2. ábrán foglaltuk össze. A 14,15-ciklopropanovinkrisztint (10) a vinblasztin ciklopropán-származékából (6) állítottuk elő króm-trioxiddal történő oxidációval.

Az eredményeink alapján sikerült további, ciklopropángyűrűvel kondenzált dimer alkaloidokat előállítani (3. ábra). [7]

Az általunk szintetizált dimer ciklopropano-származékokat az amerikai National Institutes of Health (NIH) vizsgálta. A teszteket 9 gyakori tumor típus 60 különböző sejtvonalán végezték el. A 14,15-ciklopropano-vinblasztin (9) leukémia, nem-kissejtes tüdőrák, vastagbélrák, melanóma és mellrák, míg a 14,15-ciklopropanovinkrisztin (10) vastagbélrák, melanóma, petefészekrák és prosztatarák esetén mutat kiemelkedő daganatellenes hatást. A vinorel-

binszármazékok közül a 14,15-ciklopropanovinorelbin (12) rendelkezik a legjelentősebb hatással, nem-kissejtes tüdőrák, vastagbélrák, központi idegrendszeri daganatok, melanóma és mellrák esetén szignifikáns sejtpusztulást okoz. Az 1-N-formil-14,15-ciklopropanovinorelbin (13) a COLO-205 vastagbélrák sejtvonalon jelentős aktivitást és igen nagyfokú szelektivitást mutat. [7]

Az utóbbi években nagy érdeklődés mutatkozott a *hibrid* molekulák iránt. Különösen a daganatellenes hatású vegyületek között találhatók olyan szerkezetek, melyekben egy daganatellenes molekularész egy másik farmakoforral kapcsolak össze. Vegyületeink közül elsőként a vindolint (1) kötöttük össze aminosavészterekkel. [8]

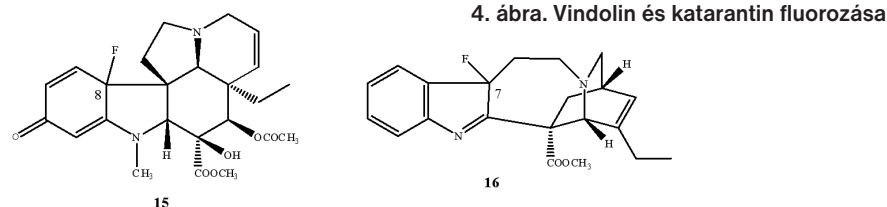
A 10-bróm-vindolint hidrazinolízissel vetettük alá, és a kapott 16-karbonsavhidrazidot a peptidkémiai ismert azidos módszerrel (*L*- illetve (*D*)-triptofán-metilészterekkel kapcsolunk az N-terminális ke-

resztül. Számos vindolinszármazékokat alkalmaztunk, melyek citosztatikus hatását HL-60 leukémia sejteken vizsgálták, és megállapították, hogy a legjelentősebb aktivitást a 10-es helyen hidrogént és 16-os helyen pedig (*L*)-triptofánt tartalmazó vegyület eredményezte. Lényegesen nagyobb aktivitást mutattak azok a származékok, melyekben vinblasztint kapcsolunk a vindolinrészben keresztül (*L*)-triptofán-metilészterrel, és az észter hidrolízise után kapott karbonsavon keresztül a vegyületet oktaarginin hordozó peptiddel konjugáltuk. [9]

Tanulmányoztuk a monomer indol alkaloidok, a vindolin (1) és a katarantin (2) *halogénezési* reakcióit, elsősorban a fluor bevitelét vizsgáltuk. A reakciók mindkét esetben egy-egy nem várt szerkezetű anyagot eredményeztek. Vindolin (1) esetén a 15 fluortartalmú kinon-származékot, katarantin (2) esetén pedig a 16 fluor-szubsztituált indolenint (4. ábra) sikerült izolálni. [10]

IRODALOM

- [1] Bölskei, H.; Szabó, L.; Szántay, Cs.: *Frontiers Nat. Prod. Chem.* (2005) 1, 43–49.
- [2] Keglevich, P.; Hazai, L.; Kalaus, Gy.; Szántay, Cs.: *Molecules* (2012) 17, 5893–5914.
- [3] Noble, R. L.; Beer, M. D. C. T.; McIntyre, R. W.: *Cancer* (1967) 20, 885–890.
- [4] Keglevich, P.; Hazai, L.; Kalaus, Gy.; Szántay, Cs.: *Periodica Polytechnica Chem. Eng.* (2015) 59, 3–15.
- [5] Keglevich, P.; Hazai, L.; Dubrovay, Zs.; Dékány, M.; Szántay, Cs., Jr.; Kalaus, Gy.; Szántay, Cs.: *Heterocycles* (2014) 89, 653–668.
- [6] Keglevich, P.; Hazai, L.; Dubrovay, Zs.; Sánta, Zs.; Dékány, M.; Szántay, Cs., Jr.; Kalaus, Gy.; Szántay, Cs.: *Heterocycles* (2015) 90, 316–326.
- [7] Szántay Cs., Hazai L., Kalaus Gy., Keglevich P.: *New bis-indol alkaloids as anticancer drugs*. 2014 (szabadalom, WO 2014/191964 A1).
- [8] Keglevich, P.; Hazai, L.; Gorka-Kereskényi, Á.; Péter, L.; Gyenese, J.; Lengyel, Zs.; Kalaus, Gy.; Dubrovay, Zs.; Dékány, M.; Orbán, E.; Szabó, I.; Bánóczy, Z.; Szántay, Cs., Jr.; Szántay, Cs.: *Heterocycles* (2013) 87, 2299–2317.
- [9] Bánóczy, Z.; Gorka-Kereskényi, Á.; Reményi, J.; Orbán, E.; Hazai, L.; Tőkési, N.; Oláh, J.; Ovádi, J.; Béni, Z.; Háda, V.; Szántay, Cs., Jr.; Hudecz, E.; Kalaus, Gy.; Szántay, Cs.: *Bioconjugate Chem.* (2010) 21, 1948–1955.
- [10] Keglevich, A.; Hegedűs, L.; Péter, L.; Gyenese, J.; Szántay, Cs., Jr.; Dubrovay, Zs.; Dékány, M.; Szigetvári, Á.; Martins, A.; Molnár, J.; Hunyadi, A.; Keglevich, P.; Hazai, L.: *Curr. Org. Chem.* (2016) 20, 2639–2646.



4. ábra. Vindolin és katarantin fluorozása

Magas hőmérsékletű hőszigetelő alumínium-oxidból

Az NKFI Hivatal „Vállalatok K+F+I tevékenységének támogatása” című pályázatán a H-ION Kft. 367,6 millió Ft összegű visszatérítési kötelezettség nélküli támogatást nyert. A pályázat címe: Nagy hőállóságú alumínium-oxid szálanyag kutatás-fejlesztés.

Cégünk különböző formában és együttműködések keretében 2011 óta foglalkozik az alumínium és az alumínium-oxid speciális felhasználási területeinek kutatásával. A világon jelenleg ismert technológiákkal és anyagokból előállított magas hőmérsékletű hőszigetelő anyagok előállítási költsége 1300 °C felett exponenciálisan emelkedik, mivel a gyártásukhoz szintén nagyon magas hőmérséklet szükséges.

Korábbi saját, valamint partnereink alap- és alkalmazott kutatásaira alapozva az a kiindulási hipotézisünk, hogy lehetséges 100% alumínium-oxidból akár 1800–1900 °C-on történő alkalmazást lehetővé tevő szálal hőszigetelő alapanyagot készíteni alacsony előállítási hőmérsékleten. Az eddigi eredmények alapján ez az anyag a legtöbb tulajdonságában jobb a jelenleg ismerteknél, az előállítási költsége pedig alacsonyabb.

Jelen projekt célja a gyártástechnológia és a szálak hőmérsékletfüggési paramétereinek kutatása, vizsgálata, valamint egy feldolgozási lehetővé tevő TRL-6 szintű félüzemi szálaló berendezés prototípusának kifejlesztése és tesztelése.

A projekt tervezett befejezési dátuma: 2019. 06. 30.



Huszár Csaba – Sperber Ferenc – †Garamszegi Ferenc
– Mihalovics György – Németh Attila

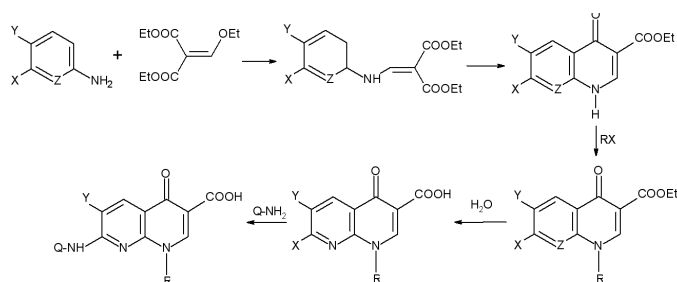
■ Sanofi-Chinoin Zrt.

Új szintézisek a Chinoin Kémia 10 üzemében Második rész

Folytatjuk a Chinoin Gyógyszer és Vegyészeti Termékek Gyára (ma: Sanofi-Chinoin Zrt.) Kémia 10 üzemében 1968 és 1993 között folyó fejlesztőmunka ismertetését. Az itt bemutatott új kémiai eljárás legtöbbje szabadalmi oltalmat nyert, néhány azonban nem. Ez utóbbinak az az oka, hogy az eljárás tulajdonosa a magyar szabadalmi törvény adta lehetőséggel élve, „know how”-ra való hivatkozással, a módszert titkosította. 20 év után ezek már nem képeznek titkot. Ezen időszak volt az élénk fantáziára és a széles körű szakmai ismeretekre épülő generikus kémia fénykora, ekkor még nem lévén anyagszabadalom, ha valaki elő tudott állni egy olyan szintézissel, amely korábban még senkinek nem jutott eszébe, akkor rögtön piaci szereplővé válhatott.

Oxacinok szintézise

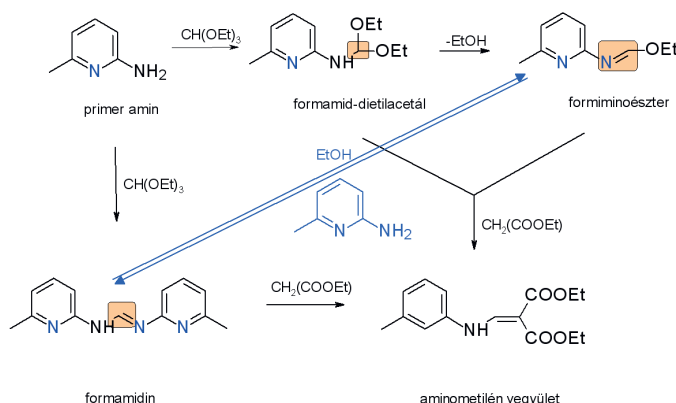
A Gram-negatív kórokozók ellen is hatásos 4-kinolon (1,8-naftiridon)-3-karbonsavak szintézise az alábbi lépésekből állt össze: aminometilénmalonészter előállítása → ennek biciklussá zárása → N-alkilezés az 1-s pozícióban → aminálás a 7-s helyen (7. ábra).



7. ábra. Oxacinok szintézise

Az aminometilén-vegyületeket kezdetben kényelmi szempontból C–C–N kötési sorrendben állították elő, s ennek megfelelően kiindulási anyagként a drága és nehezen szintetizálható etoximetilénmalonésztert (EMME) használták. Tekintettel arra, hogy egy amin és valamilyen orthoangyasavészter közötti reakció kvantitatíve lejártszódik, jobbnak tartottuk az N–C–C kapcsolási sorrendet követni (8. ábra).

További motiváció volt, hogy az előbb említett két anyag reagáltatásából keletkező termékek: amidacetálok, iminosavészterek és amidinek, továbbá a más módon szintetizálható alkoximetilén- és klórmetilénammónium-sók felfoghatók nitrogénanalóg karbonilvegyületekként, amelyek elektrofil karakterüknek meg-

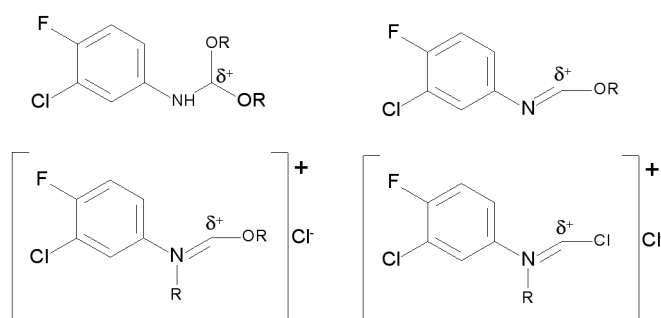


8. ábra. Aminok reakciója orthoangyasav-észterekkel

felelően képesek addicionálódni a nukleofil hajlamú enolizált malonészterre (9. ábra).

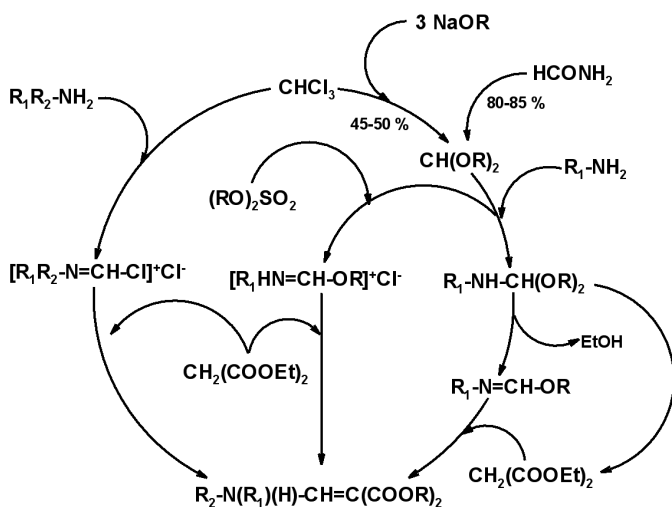
Amikor egy aromás primer aminet orthoangyasavtriethylészterrel reagáltattunk kénsav jelenlétében, akkor meglepő módon egy N-aryl-N-etilformamidot kaptunk, amelyet hidrolizálva szek. aminhoz jutottunk. Az előbbi dialkilsulfáttal vagy trialkiloxónium-fluoroboráttal reagáltatva alkoximetilénammónium-sót kaptunk, amelyet alkoholos Na-alkohollal kezelve N,N-diszubsztituált formamiddiacetálhoz jutottunk. A Reimer–Tiemann-reakció adaptációjával kloroformból és szek. aminből klórmetilénammóniumkloridot szintetizáltunk. Ez utóbbi két sószerű vegyületből, hogy addícióra készítsük, a kationos (elektrofil) részt szabadbá kellett tenni, amire legalkalmasabbnak egy alkálilhidroxid oldattal való kezelés tűnt. Azonban, elkerülendő a formilcsoport-hoz vezető reakciót (OH^- -ion nukleofil támadása az elektrofil metilénszénatom ellen), az ammóniumsó és a malonészter elegyét

9. ábra. Nitrogénanalóg karbonilvegyületek





lúgoldat helyett *újszerűen* toluolban szuszpendált finom eloszlású szilárd NaOH feleslegével kezeltük, hasznosítva ennek enolizáló és szikkasztó hatását (egy mól víz keletkezik a reakcióban). A fenti nitrogénanalóg karbonilvegyületek és egy aktív metilén-csoport tartalmazó malonészter (ciánecetszter) között lejátszódó folyamatokat a *Knoevenagel-reakció* kiterjesztésének tekintetjük (10. ábra).



10. ábra. Nitrogénanalóg Knoevenagel-reakciók

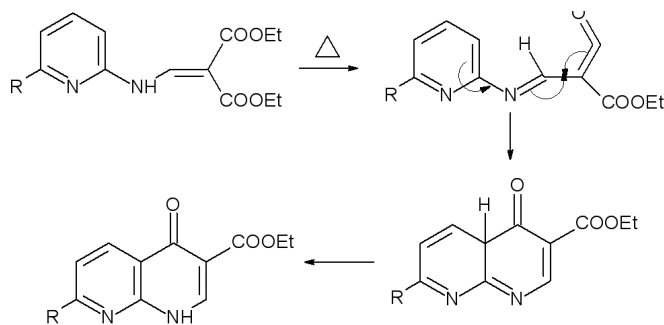
Az előzőekben vázolt lehetséges megoldások közül az az eljárás lett az üzemi befutó, amelyben ekvivalens mennyiségű primer vagy szekunder aromás amin, ortohangyasavészter és malonészter elegyét Na-acetát/ecetsav puffer jelenlétében forraltunk a reakcióban keletkező alkohol kidesztillálása mellett. A terméket metanolból kristályosítottuk. A termelés kvantitatív volt [26]. Ezzel a módszerrel PAMM-ből (pikolilaminometilénmalonát) a saját felhasználásra szánt (200 t) mennyiség mellett további 500 t gyártottunk évente exportra. A módszer kiválóan működött más aminometilénmalonészter típusú molekulák szintézisében is [27] [28].

A PAMM-gyártás kiindulási anyagát, az *aminopikolint* módosított Csicsibabin-reakcióval állítottuk elő. Elkerülendő a hidrogénáz fejlődését, a reakcióban σ -komplexből keletkező hidrid-aniont egy oxidálószerrel, nátriumnitráttal fogtuk meg.

Ha az *Oxolinsav* intermedier 3,4-metiléndioxinitrobenzolt etanolban hidrogéneztek úgy, hogy a palládiumkatalizátort több részletben szobahőmérséklet helyett 70–80 °C-on adagoltuk a reakcióelegybe, akkor nem várt módon 3,4-metiléndioxianilin helyett *N-etil-3,4-metiléndioxianilint* kaptunk. Az így nyert szek. aminból indítva az *Oxolinsav* szintézisét, az *N-etilezési* reakciót meg lehetett spórolni.

A biciklus kialakítására két út lehetséges: aminometilén-vegyületből kiindulva cikloacilezéssel (Nalidixsav, Oxolinsav, Norfloxacin, Pefloxacin, Ofloxacin), β -ketosav-észterből pedig cikloaminálással (Ciprofloxacín). Az 1,8-naftiridon-gyűrűt csak termikusan ($T > 250$ °C), a kinolon-gyűrűt pedig termikusan és savas milióban lehet előállítani.

A Nalidixsav intermedier pikolilaminometilénmalonátot (PAMM) csak max. 5%-os oldatban lehetett ciklizálni a töményebb oldatokban tapasztalt nagyfokú kátrányosodás miatt. Ez nagyon kedvezőtlen volt, mert nagy mennyiségű oldószert (95%) kellett 250 °C fölé melegíteni. Miután tisztáztuk a gyűrűzáródás lehetséges mechanizmusát – az észtercsoport pirolitikus bomlást szenved, és egy alkoholmolekula kilépésével egy iminoketén köz-



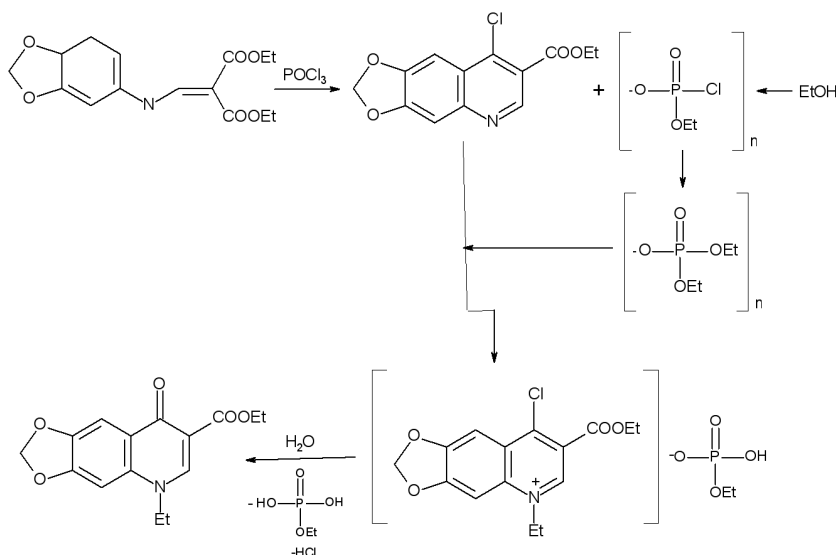
11. ábra. Termikus ciklizáció mechanizmusa

benső termék keletkezik, amelyet aztán szinte pillanatszerűen egy (4+2) cikloaddíció követ, végül egy 1,5-protonvándorlással alakul ki az 1,8-naftiridon-gyűrű –, megkomponáltunk egy nagyon hatékony technológiát a célvegyület előállítására (11. ábra).

Egy indukciós fűtési készülékben (4000 l) 0,5 rész Dawtherm A-t reflux hőmérsékletre (256 °C) melegítettünk, és ehhez csurgattunk a hőfok tartása mellett 0,5 rész Dawtherm A-ban 140 °C-on oldott 1,0 rész PAMM-ot. 15 perc utóreagáltatás után hűtéssel és centrifugálással nyertük ki a terméket. Az adagolási technikával biztosítani tudtuk, hogy a pillanatszerűen képződő és kumulált kötérendszer miatt igen reakcióképes iminoketén koncentrációját a ciklizáció egész ideje alatt „meghígítva” zérus közelében tartjuk, kivéve így a kátrányosodást. A sarzsanyag 1900 kg gyűrűzárt termék volt. Ezzel a módszerrel a naftiridin-észtert gyártó üzem kapacitását az évi 40 tonnáról 200 tonnára tudtuk növelni. Ebben az eljárásban a szubsztátum:oldószer arány 5:95-ről 1:1-re változott. Ez tette lehetővé, hogy a múlt század 70-es, 80-as éveiben a Chinoi a világ legnagyobb Nalidixsav előállítója legyen. Ez volt a mi egyik nagy titkunk!

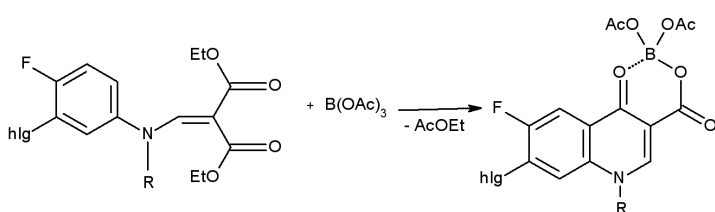
A 4-kinolon biciklust a megfelelő aminometilén-vegyületből POCl₃-ban történő forralással alakítottuk ki. Ilyenkor 4-klórkinolin-származék keletkezik, és a klóratom hidrolízisét (erre szükség van, hogy visszaálljon a kinolonszerkezet, hogy a nitrogénatom alkilezhető legyen) *újszerűen*, az észtercsoport károsodása nélkül, nátriumacetáttiridráttal etanolos oldatával valósítottuk meg (egyébként a keletkező sav is fogyasztana alkilezőszert, ami veszteség) [29]. Egy másik érdekes megoldásban a gyűrűzáródási reakcióelegyet etanol nagy feleslegével bontottuk meg, amikor is különböző polimerizációs fokú, jó alkilező szernek tekinthető polifoszorsavetilésztetek elegye is keletkezett, így az illó részek kidesztillálása után visszamaradó részt 150 °C-ra melegítve egy etilcsoporttal kvaternerizálni tudtuk a 4-klórkinolin-gyűrűben levő 1-es nitrogénatomot. Ennek savas hidrolízise szolgáltatja az *Oxolinsavat*. Ily módon egy korábban hulladékként kezelt anyag hasznosításával (az intermedier MAMM gyártásból származó melléktermék etanollal) egy edényben tudtuk megvalósítani a ciklizációt és az *N*-alkilezést (a közvetlen költségek 40%-kal csökkentek). 1-alkil-4-kinolonok szintézisére mi alkalmaztuk *először* az *N*-kvaterner-kinolin-vegyületen keresztüli reakciót (12. ábra) [30].

Felfedeztünk egy új módszert *N*-fenil-*N*-alkilaminometilén-malonészterek ciklizálására. Amikor az ilyen szerkezettel rendelkező molekulákat bórtiacetát ecetsavas oldatával melegítettük, akkor a 4-kinolon-3-karbonsav bórkélat komplexét kaptuk kristályos formában (ciklizáció és kelátképzés egy edényben). Ez rendkívül kedvező, ha az Oxacin típusú molekulában, a 7-es pozícióban aminhelyettesítés van, mert ezt egy halogén →. nitrogén cserével lehet megvalósítani. A kelátkomplexben az elektronhiányos



12. ábra. Alkilezés kvaterner vegyületen keresztül

bóratom konjugációban van a 7-es szénatommal növelve annak elektrofil jellegét (nő a szubsztitúció szelektivitása, ha 6-fluor helyettesítés is van a 4-kinolon-molekulában (pl. Norfloxacin, Pefloxacin, Ciprofloxacin) (13. ábra).

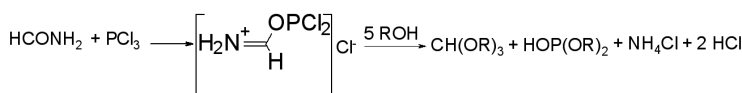


13. ábra. Kinolon-gyűrű és bórkelát komplex kialakítása bórtriacetáttal

A bórkomplexet acetonitrilben oldva az aminálás elvégezhető. Végül hidrolízissal megfelelő 1-alkil-7-amino-6-fluor-4-kinolon-3-karbonsavhoz jutunk [31].

Az Oxacinok N-etilezését a Chinoinban szabadalmi okokból magas forrponthoz (< 200 °C) alkilezőszerekkel, trietilfoszfáttal és dietilfoszfáttal valósították meg (az originátor szabadalmában 200 °C-nál limitálták az alkilezés felső határát; ez óriási hiba volt). A dietilfoszfát szintézisére kidolgoztunk egy nagyon érdekes módszert. Az aminometilén-vegyületek szintézisében használt orto-hangyasavészterek előállítására ismert volt az a módszer, amely szerint formamid és benzoilklorid reakciójában keletkező O-benzoilmetilénammóniumkloridot alkoholokkal bontanak meg. Mi ezt úgy módosítottuk, hogy a benzoilkloridot a jóval olcsóbb foszfortrikloriddal helyettesítettük, a képződött immóniumsót alkoholok nagy feleslegével kezeltük reakcióközegként benzint alkalmazva, amelyben a keletkező sósavgáz nem tud szolvatálódni, tehát kipezseg a rendszerből (nincs szükség savmegkötőre), és így orto-hangyasavtriészter mellett dialkilfoszfát is keletkezett (14. ábra).

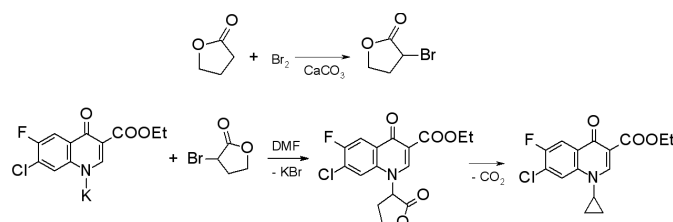
14. ábra. Ortohangyasavészter és dialkilfoszfát együttes szintézise



Etanol esetében azt a desztillátumot használtuk el, amely az aminometilén-vegyület gyártása során melléktermékként keletkezett. Az etilszármarazékok forrponthoz kb. 60 °C a különbség, tehát vígan szétfrakcionálhatók (a termelés ortoészterre 80–82%, dialkilfoszfátra 78–80%). Ily módon két legyet sikerült leütni egy csapással [32]! A módosított ortoészterképzési reakciót a későbbiekben nagy haszonnal tudtuk alkalmazni a csontritkulás elleni originális találmány, az Ip-riflavon szintézisében szerepet játszó orto-hangyasavtriészter előállításakor. Az új eljárás hozama 30%-kal előz minden korábban ismert orto-hangyasavészter szintézisére szolgáló módszert.

A Ciprofloxacin felfedezése új ciklizálási és alkilezési módszer megalkotására készítette a feltalálókat, mert a leginkább számba vehető ciklopropilcsoportot tartalmazó alkilezőszer, a ciklopropilbromid nem hajlandó elektrofilként viselkedni. Ezért kerülőútra kényszerültek: egy többlépéses eljárással β-ketoészter szintetizáltak, amelyből etoximetilén-vegyületen keresztül ciklopropilamminnal aminometilén molekulát képeztek, amelyet azután lúg jelenlétében ciklizáltak.

Egy érdekes gondolattal sikerült visszakerülni a cikloaminálásra az egyszerűbb cikloacilezésre. Felhasználva azt az ismeretet, hogy a dipoláris aprotikus oldószerekben erős nukleofil tulajdonsággal bíró halogenidek képesek felnyitni egy laktongyűrűt, a megfelelő aminometilén-vegyületből cikloacilezéssel előállított 4-kinolon molekula N-káliumsóját (laktim-laktám tautomerizáció) DMF-ben brómbutirolaktonnal reagáltattuk. Ekkor megtörtént a szubsztitúció butirolaktonnal a nitrogénatomon, majd a reakcióban keletkezett káliumbromid hatására a laktongyűrű felnyílása, amelyet egy dekarboxileződés követett, végezetül a visszamaradó karbanion intramolekulárisan ciklopropil-gyűrűvé záródott (15. ábra).

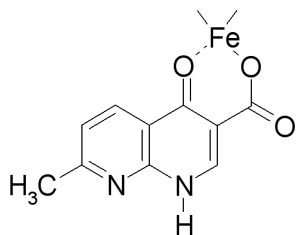


15. ábra. Ciklopropil-gyűrű kialakítása butirolaktonnal

E reakció felfedezésével minden Oxacin típusú molekulát egy-egy stratégiai tudunk szintetizálni, nem kényszerültünk kerülőútra. Ezzel a módszerrel a Bayernél 45%-kal olcsóbban tudunk Ciprofloxacin szintetizálni. Sajnos a módszer kidolgozása után nem sokkal tulajdonosváltás történt a Chinoinnál, és profiltisztítás okán az Oxacin témát törölték. Az említettekén kívül kidolgozott laboratóriumi eljárásokkal rendelkezünk Ofloxacin, Levofloxacin, Sparfloxacin és Moxifloxacin szintézisére is.

A fehér Nalidixsav felfedezése

A Nalidixsavat az USA-ban sárgásfehér (yellowish) anyagként törzskönyvezték. Mi megállapítottuk, hogy a Nalidixsav hófehér anyag, a termék elszíneződését a melléktermékként jelen levő vas-kelátkomplex okozza (16. ábra).



16. ábra. Nalidixsav
Fe(III)-kelátkomplex

Eljárásokat dolgoztunk ki a sárgás színű Nalidixsav kifehérítésére. Az egyikben alkalmaztuk azt az analitikai módszert, amelyet „azonos anionú sók oldószeres elválasztása” névvel jelölnek (pl. vas(III)-rodanid kirázása amilalkohollal) [33]. Eszerint a színes Nalidixsavat híg ammóniumhidroxid oldatban oldottunk, ehhez vízben korlátoltan oldódó n-butanol adtunk, majd ecetsav adagolásával kicsaptuk a terméket. A kiszűrt anyag színe hófehér volt, a két fázisra elkülönülő anyalúg szerves része viszont sárgán tündökölt [34]. Megjegyzendő, hogy a Fe(III)-nalidixát komplexben olyan nagy a koordinatív erő, hogy Na-nalidixát oldattal borok vastartama is titrálható, pedig azokban igen feszes a vasion illeszkedése [35]. Ez az oka annak, hogy ebben az esetben az egyébként hatásos komplexképzők (pl. Selecton B, Complexon) használata vastalanításra sikertelen. A másik vastalanítási technológia kidolgozásánál abból a tényből indultunk ki, hogy a Fe(III)-ion koordinációs száma 6. A Nalidixsav vaskomplexében ebből csupán 4 foglalt, tehát ha olyan oldószerekből kristályosítanánk át a sárgás Nalidixsavat, amely nemkötő elektronnárral rendelkezik, akkor lenne esély arra, hogy az a vasionnal datív kötést kialakítva a Nadixsav vaskomplexét oldatban tartsa. Ennek a kíváncságnak tökéletesen megfelelték a különböző magasabb forráspontú amid típusú oldószerek: dimetilformamid, N-metilpirrolidon, dimetilacetamid. A gondolat kivitelezése nagyon egyszerű volt. A sárgás színű Nalidixsavat kétszeres mennyiségű oldószereben melegítéssel feloldottunk, majd minden kezelés nélkül visszahűtöttük az oldatot. A kiszűrt nedves anyagot híg ammóniumhidroxidban oldottuk, szénrel de-ritettük, majd ecetsavval kicsaptuk az immáron fehér terméket. A módszer Oxolinsav esetében is hasonlóan működött [36]. A fehér Nalidixsav megjelenése a piacon akkora világszenzáció volt, hogy a Takeda 140 tonnát rögtön lekötött az éves termelésünkéből, és hajlandó volt érte 40% felárat is fizetni. Az első 5 évre kalkulált megtakarítás Nalidixsavra és intermediereire vetítve a múlt század hetvenes éveiben akkori áron számolva több mint 1,2 milliárd forint volt. A Chinoin történetében ez volt a valaha megvalósult, legnagyobb értékű megtakarítás. Nalidixsavat (160 t/év), Oxolinsavat (20 t/év), Norfloxacin (10 t/év) és Pefloxacin (3 t/év) a Chinoin több mint 20 éven át gyártott. Az eredetileg 12 t/év Nalidixsav kapacitásra tervezett ún. AD-csarnokba, az új technológiáknak köszönhetően, mindezek átalakítás nélkül befértek.

Az oxacin típusú molekulák egységes stratégiával történő szintézisét lehetővé tevő, a 4 alapreakcióra (aminometilén-vegyület előállítása, cikloacilezés, N-alkilezés, 7-aminálás kelát-komplexből) általunk megalkotott, szabadalmakba foglalt eljárások közel kvantitativ hatásfokkal működnek, s ezek jelentik azokat az „alap-szabadalmakat” – és nem mások –, amelyek révén a Chinoin vezetővé vált a 4-kinolon-3-karbonsav szerkezetű kemoterapeutikumok piacán.

Új Ipriflavin szintézisek

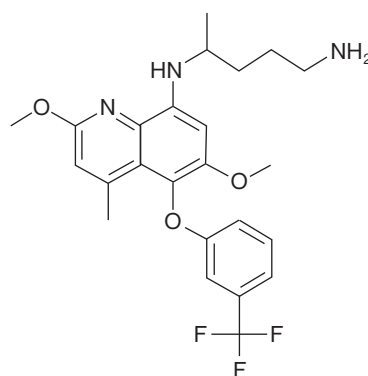
Az originális, csonttritkulás kezelésére hatékony Ipriflavin szintézisének egyik intermediere a 7-hidroxiizoflavin, amelyben a piranongyűrűt először egy (2,4-dihidroxi-fenil)-benzilketon és orthoangyasavtrietilészter reakciójával alakították ki. A szomorú tény az, hogy ebben a folyamatban 2-3% mennyiségben 7-etoxi

származék is keletkezik, amit átkristályosítással el kell távolítani, mivel a termék 7-izopropoxiizoflavin, amelyet a 7-hidroxiizoflavin izopropilbromiddal történő O-alkilezésével nyernek. A mi első módosításunk szerint, elkerülendő a 7-etoxitermék keletkezését, orthoangyasavtrietilészter helyett orthoangyasavtriizopropilésztert alkalmaztunk, amelyet a korábban már említett, és minden eljárást überelő módszerrel állítottunk elő formamidból és foszfortrikloridból. Ebben az esetben a „mellékreakció” is a terméket szolgáltatja. A második módosítás abból az elgondolásból származott, hogy egy erős sav (trifluorecetsav) oly mértékben tudja protonálni az orthoangyasavészter egyik nemkötő elektronnárral rendelkező oxigénatomját, hogy a hozzá kapcsolódó alkilcsoport elektronnhiányos lesz, s mint ilyen karbokationként elválva képes lesz a fenolos hidroxilcsoport nemkötő elektronnárral rendelkező nukleofil habitusú oxigénatomjához kapcsolódni. Amikor a benzil-(2,4-dihidroxi-fenil)ketont feleslegben vett orthoangyasavtriizopropilészterrel reagáltattuk először morfolin, majd trifluorecetsav jelenlétében, akkor megtörtént a gyűrűzáródás és az O-alkilezés is [37][38]. Sajnos az Ipriflavin is áldozata lett a Chinoinban bekövetkezett tulajdonosváltásnak.

Egyebek

A Pfizer kérésére független eljárásokat dolgoztunk ki metil- és etilmaltol szintézisére.

Az USA hadserege gyógyszerkutató intézményének, a Walter Reed Army Medical Center felkérésére a WR 225448-succinate kódjelű (17. ábra), malária ellen kifejlesztett új molekulának a szintézisére, az eredetileg 16 lépésből összeálló eljárás helyett,



17. ábra. A WR 225448 képlete

megalkottunk egy 8 lépésből felépülő új reakciósor. Erre azért volt szükség, mert az eredeti módszer szerint dolgozva nem lehetett piacképes anyagot előállítani a magas költségek miatt.

Új, független eljárást dolgoztunk ki az antidiabetikus hatású Glipizid szintézisére.

Újszerűen oldottuk meg a nikotinsav-amid és a pirazinkarbonsavamid elő-

állítását a megfelelő nitrilből. A kényelmetlen kénsavas hidrolízis helyett MnO₂/H₂O rendszerben forraltuk a kiindulási anyagokat. A mangándioxid és a víz egymásra hatásából felületi reakcióban hidrogénperoxid keletkezhet, a peroxidanion viszont köztudottan kb. tízezerszer gyorsabban addicionálódik a nitrilcsoportra, mint a hidroxil. A peroxiamid redukcióját a keletkező MnO végezheti el.

Az Atabay cég kérésére eljárást dolgoztunk ki a Paracetamol intermediérének, a p-aminofenolnak a szintézisére a nagy környezeti terhet jelentő p-nitrozofenolos eljárás helyett nitrobenzol savas közegben végzett katalitikus hidrogénezésével. A célvegyület ilyenkor a redukció közttitermékének, az N-fenilhidroxilaminnak intermolekuláris átrendeződésével keletkezik. Ezt a módszert vette át tőlünk az Aventis.

A fenti eljárások értelemeszerűen a megbízó szellemi tulajdonát képezik.



Összegzés

Huszonöt év alatt egy üzemi „garázslaboratóriumból” kikerült technológiák az évek során összességükben igen jelentős profitot biztosítottak a vállalatnak. Az előzőekben bemutatott technológiák megalkotásával az orvoslás élvonalába tartozó gyógyszereket tettünk mindenki számára hozzáférhetővé Magyarországon. Ezenfelül exportjuk révén növeltük az állam tőkés deviza jellegű bevételeit is.

A szabadalmaink témáját képező eljárások közül több addig fel nem ismert új kémiai reakció volt.

A Sanofi-éra (1993–2014) fejlesztéseit külön dolgozatban ismertettük.



IRODALOM

- [26] Huszár Csaba, Garamszegi Ferenc, Lehoczy Gábor: Process for preparing pyridine compounds containing aminomethylene-carbonyl group, HU 182474.
- [27] Huszár Csaba, Garamszegi Ferenc, Lehoczy Gábor: Process for preparing pyridine compounds containing aminomethylene-carbonyl group, HU 182767.
- [28] Huszár Csaba, Mihalovics György, Sperber Ferenc, Somfai Éva, Dervalicsné Zrínyi Ilona, Szendrei Tiborné: Process for producing anilinomethylene derivatives, HU 206078.

- [29] Huszár Csaba, Bán Károly, Garamszegi Ferenc, Hernádi Gyuláné, Sperber Ferenc, Mórász Ferenc, Óri János, Dervalicsné Zrínyi Ilona, Páli Lajosné: New process for producing 3-carboxy-4-hydroxy-6,7-methylenedioxy-quinoline, HU 205610.
- [30] Huszár Csaba, Kruppa Márta, Sperber Ferenc, Somfai Éva, Páli Lajosné, Giber János: Új eljárás aminok alkilezésére, HU 1637/88.
- [31] Mihalovics György, Kovács Gáborné, Sperber Ferenc, Dervalicsné Zrínyi Ilona, Szendrei Tiborné, Mármarosi Tamásné: New process for preparation of Norfloxacin, HU 1397/90.
- [32] Huszár Csaba, Sperber Ferenc, Kruppa Márta, Páli Lajosné, Giber János: Eljárás dialkil-foszfitok előállítására, HU 199149.
- [33] Burger: Szerves reagensek a fémanalízisben.
- [34] Huszár Csaba, Bán Károly, Garamszegi Ferenc, Hernádi Gyuláné, Somfai Éva, Páli Lajosné: Process for preparing Nalidixic acid, HU 192325.
- [35] Ruzicka: Chem. Zvesti 29, 517.
- [36] Huszár Csaba, Garamszegi Ferenc, Bán Károly, Hernádi Gyuláné, Márkus Ferenc, Páli Lajosné: New process for production of Oxolinic acid, HU 196072.
- [37] Huszár Csaba, Németh Attila, Gyüre Károly, Páli Lajosné: Process for producing 7-hydroxyisoflavon, HU P9702504.
- [38] Huszár Csaba, Németh Attila, Gyüre Károly, Páli Lajosné: Process for producing O-alkyl-phenolethers, HU 219546.
- [39] Stefan Senger, Luca Bartek, George Papadatos, Anna Gaulton, Journal of Cheminformatics (2015) 7, 49.
- [40] Tömösközi István, Guiczoghy Lajos, Puklics Mária: Eljárás 1-[4'-amino-5'-pirimidil]-metil-piridinium-származékok előállítására, HU160477.

Lente Gábor

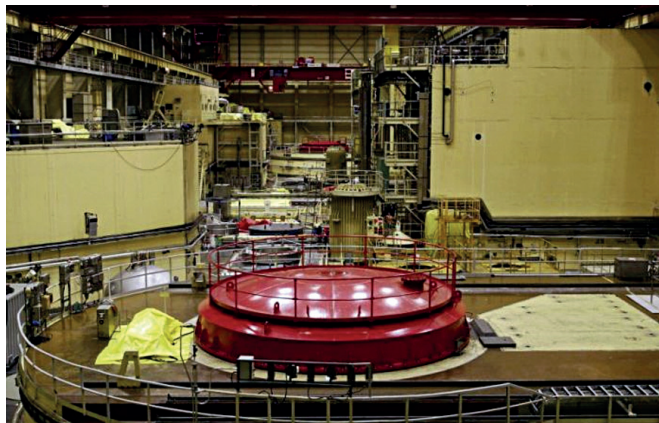
Látogatás a Paksi Atomerőműben

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2018. június 26-án látta vendégül a Tudományos Újságírók Klubjának néhány tagját. A program a látogatóközpontban kezdődött, ahol az erőmű kommunikációs vezetője tartott rövid előadást napjaink magyar energetikai kérdéseiről, s Paks szerepéről ezekben. Megtudhattuk, hogy az elmúlt években telenként mindig van egy-két olyan kockázatos nap, amikor a magyar villamosenergia-ellátó rendszer tartalékkapacitása 1% alá csökken. Az előadásban elhangzó egyéb információk alapján készültek keretes írásaink.

A rövid előadást követően a csoport egy vezetővel és fegyveres kísérőkkel ment be az üzemi területre. Ennek kapujában a repülőtérsi biztonsági ellenőrzéshez hasonló, fémdetektoros ellenőrzésen kellett átmenni. Elektronikus eszközöket (mobiltelefon, fényképezőgép, számítógép) ide tilos volt bevinni. Az üzemi terület hatalmas, a csoportot ezen belül autóbusszal szállították.

Reaktortér

Az első megálló a 3-as és 4-es blokkot (vagyis magát az atomreaktort) magába foglaló reaktorcsarnok látogatófolyosója volt. Ez elég nagy magasságban van, így ide a nagy csoport szállítására is alkalmas teherlifttel lehetett feljutni. A folyosó egyik falán a nukleáris reaktorok működési elveit összefoglaló, magyar és angol magyarázó feliratokat tartalmazó ábrák voltak, a másik oldalon vastag üvegfalon át a két reaktor fedelét lehetett látni (az itt látható fényképen feltűnő piros színűek); ezek valós, majdnem 25 méteres magasságából semmit nem lehetett érzékelni. A reaktork



rokba hűtőközeget vezető csövek helyzete sem látszott közvetlenül, a csoport vezetőjének magyarázataiból lehetett csak követni az elhelyezkedésüket. A falakon lévő információkból az is kiderült, hogy a reaktortartályokat az inkább autógyártóként ismert cseh Škoda cég építette.

Vezénylő

A reaktortér látogatófolyosójáról visszaeszkedve mintegy két emeletnyi magasságba az egyik vezénylő mögött lévő, üvegfalú teremből lehetett megnézni az operátorok tevékenységét. A vezénylő természetesen még mindig az 1970-es évek technológiájának megfelelő benyomást kelt a szemlélődőben: analóg kijelzők



és pultokba rendezett kézi kapcsolók tömkelege uralja a látványt. Az itt dolgozó szakemberek előtt viszont már korszerű számítógépes képernyők és billentyűzetek tanúskodnak arról, hogy a vezérlőrendszerek igazából jelentős változásokon mehetek át az



üzembe helyezés óta. Egyszerre 4-6 szakember dolgozik a teremben, ők a munkaidő alatt csak nagyon korlátozottan és rövid időre hagyhatják el helyüket. A legtöbb szó az ő képzésükről esett: általában már eleve ma-

gasan kvalifikált szakemberek, de a közvetlen operátori munkához szükséges ismereteket és tapasztalatot természetesen csak az erőművön belül lehet megszerezni. Külön figyelmet kell fordítani az itt dolgozók mentális egészségére, mert magas képzettségük ellenére munkájuk meglehetősen monoton: fő része a jól működő reaktor nem változó üzemi paramétereinek nyomon követése.

Turbinacsarnok

A vezénlyőből a látogatócsoport útja a közvetlen áram-előállításnak he-lyet adó turbinacsarnok-ba vezetett. Itt a védősisakok mellett füldugók használatára is szükség volt a nagy zaj miatt. A nagyon hosszú csarnok az összes blokkal kapcsolatban van, nyolc gőzturbina található benne (tehát reaktoronként kettő). A reak-



A német megújulás árnyoldala

Németország 2022-től végleg leállítja az országban működő atomerőműveket, s már manapság is a világ vezetője a megújuló energiaforrások felhasználásában. Ugyanakkor ennek vannak olyan következményei is, amelyekről ritkán esik szó. A legutóbbi, 2017 második felére vonatkozó Eurostat-adatok szerint az Európai Unió belül az elektromos áram lakossági ára Németországban (0,3048 euro/kWh) a legmagasabb, nagyjából másfélszerese az EU-átlagnak (0,2048 euro/kWh) és mintegy háromszorosa a magyarnak (0,1134 euro/kWh, a 2017 végén érvényes forint-euro árfolyamon számolva). Ráadásul a német ár az utóbbi két évben 3,5%-kal növekedett, miközben az EU-átlag 2,6%-kal, a magyar ár pedig 1%-kal csökkent. Jelenleg Németországban a villamos energia lakossági árában mindössze 17% a tényleges előállítási költség, a többit a villamosenergia-rendszer szabályozása és kiegyenlítése emésztí fel. A nap- és szélenergia-termeléshez kedvező időjárási viszonyok között az előállított (egyébként általában éppen akkor szükségtelen) energiát a német állam nemcsak megvásárolja a termelőktől, hanem még a szállításáért és a felhasználásáért (!) is külön fizet. A névleges német erőmű-teljesítmény 55%-a megújuló forrásokon alapul, de ezek valós részese-dése az energiatermelésben csak 33%. Kicsit más oldalról megközelítve ezt a jelenséget: a megújuló erőforrásokon alapuló kapacitást Németország 22%-os hatékonysággal tudja kihasználni, míg ugyanez a szám a (még) működő német nukleáris erőmű-vekre 81%. Ez a nemzeti stratégia még jelentős pluszköltségek árán is csak addig tartható fenn, amíg Németország nagy szomszédjai (Lengyelország, Ausztria, Franciaország) egészen más energiapolitikát követnek.

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics

<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>

Paks II

A Magyar Országgyűlés 2014. február 6-án a jelen lévő képviselők 89,2%-ának támogatásával elfogadta a Paks II néven közis-mertté vált beruházás alapját szolgáló magyar-orosz atomenergetikai együttműködésről szóló egyezmény kihirdetését (2014. évi XXIV. törvény). Ebben az írásban a tervek tudományos-műszaki részéről lehet majd olvasni röviden. A mai magyar közéletben a beruházás politikai vetületeiről sokkal több szó esik, erről itt csak egyetlen, meglepően kevésbé közismert tényről idézünk fel: az új paksi atomerőművi blokkok létesítésének megvizsgálását lehetővé tevő, 25/2009. (IV. 2.) országgyűlési határozatot még egy egészen más összetételű parlament hagyta jóvá 2009. március 30-án a jelen lévő képviselők 95,4%-ának támogatásával.

Becslések azt mutatják, hogy 2031-re a jelenleg meglévő magyar villamosenergia-termelési kapacitás szűk kétharmada lesz még mindig üzemképes, s 2032 és 2037 között a jelenlegi négy paksi reaktor közelmúltban meghosszabbított élettartama is véget ér. Ugyanakkor Magyarország villamosenergia-igénye várhatóan évi 1%-kal növekedik ebben az időszakban. Ezt a problémát a Paks II beruházás két új, VVER-1200 típusú, egyenként 1200 MW villamos teljesítményű, 60 éves tervezett élettartamú blokk révén tervezi megoldani, amelyek építését 2020-ban kezdik, s várhatóan 2026-ban, illetve 2027-ben helyezik őket üzembe. A jelenleg működőkhöz hasonlóan az új reaktorok is nyomottvízes technológián alapulnak, a reaktortartály tömege 330 tonna, belső átmérője 4,25 méter, magassága több mint 11 méter, jellemző falvastagsága pedig 20 cm (ezek a jelenlegi, kisebb teljesítményű VVER-440 reaktoroknál lényegesen kisebb fizikai méretek!). Az új reaktorokat építtető Paks II. Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénytársaság formailag független a jelenlegi erőművet üzemeltető MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-től.



tor primer köri, 123 bar nyomású vize hőcserélőn keresztül a már csak 46 bar nyomású szekunder körben fejleszt gőzt, ez tarja működésben a percnként közel 3000-es fordulatszámú turbinákat.

Atomenergetikai múzeum

Az üzemi terület látogatását az Atomenergetikai Múzeumban fejeztük be, amely a Paksi Atomerőmű 1992-ben létrehozott Üzemtörténeti Gyűjteményén alapulva 1999-ben kapott múzeumi rangot, a jelenlegi formájában pedig 2012 óta várja a látogatókat. Az atomerőmű építésével és korai üzemeltetésével kapcsolatos dokumentumok összegyűjtésén kívül az intézmény komoly múzeumpedagógiai feladatokat is ellát: az óvodáskortól kezdődően különböző korosztályok számára teszi érthetővé egy atomerőmű működését. Az állandó és időszakos kiállításokon kívül fontos tevékenység a rendezvényszervezés: a múzeum nyári táboroknak, kihelyezett fizikaóráknak, illetve tanulmányi versenyeknek is rendszeresen otthont ad. Sajnos a Paks II beruházás (amelynek egyelőre csak a tervezett helyét lehet megtekinteni) miatt a múzeum nem maradhat jelenlegi épületében, átköltöztetéséről néhány éven belül gondoskodni kell majd.



Minden fotót az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. archívuma bocsátott rendelkezésünkre

A Paksi Atomerőművet a nagyközönség is megtekintheti. A látogatóközpont az üzemi területen kívül van, hétköznap reggel nyolctól délután háromig, szombaton pedig kilenctől egy óráig folyamatosan nyitva van. Internetes regisztráció után csoportosan, vezetővel az üzemi területre is be lehet lépni. Ilyen programra egyénileg sem reménytelen jelentkezni, mert már egyeztetett, de a maximális létszámot el nem érő csoportokhoz csatlakozni lehet. A látogatás ingyenes.



Paks a tények tükrében

- Napjainkban Paks a magyar áramtermelés bő felét adja, de a magyar fogyasztásnak csak egyharmadát, vagyis a fogyasztás egyharmadát import áram fedezi.
- 2017-ben a paksi teljes kapacitás 91%-át használták ki (az elvileg egyébként a karbantartási leállások miatt amúgy is lehetetlen, folyamatos működés mellett 100%-nak).
- Az erőmű alkalmazottainak száma 2600 körül mozog.
- A paksi erőmű legnagyobb környezetszennyezése az, hogy kb. 100 m³/s sebességgel vételez vizet a Dunából (ez a folyó átlagos vízhozamának kb. egytizede), majd kémiai változás (így szennyezés) nélkül, de néhány fokkal magasabb hőmérsékleten engedi vissza.
- A négy jelenlegi paksi, VVER-440 reaktor egyforma, hőteljesítményük 1485 MW, elektromos teljesítményük eredetileg 440 MW volt, ez a korszerűsítéseknek köszönhetően jelenleg 500 MW. Így a teljes erőmű egy év alatt lakossági áron számolva mintegy 500 milliárd forint értékű villamos energiát állít elő.
- Egy reaktor üres tömege 472 tonna, a töltet 42 tonna 3,82%-os ²³⁵U-tartalomra dúsított UO₂, amely a néhány éve befejezett korszerűsítés óta 15 hónapos folyamatos működést biztosít.
- A paksi atomerőmű alapkövét 1975. október 3-án tették le, az 1-es blokkot 1982. december 28-án 0 óra 30 perckor kapcsolták rá az országos hálózatra.
- A reaktorok eredetileg tervezett élettartama 30 év volt, ez az üzemidő-hosszabbítási programnak köszönhetően újabb 20 évvel meghosszabbodott.
- Az erőműben tárolt stratégiai fűtőelem-tartalék önmagában is kétéves folyamatos működést tesz lehetővé.
- A 2003. áprilisi súlyos üzemzavarból visszamaradt radioaktív hulladékot 2014 augusztusában szállították el a 2-es blokk épületéből.

Atom Anti

„Élsportoló voltam” – jegyezte meg előadásának vége felé az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. kommunikációs vezetője, Dr. Kovács Antal. Ez elég szerény megnyilvánulás volt a magyar cselgáncssport egyetlen olimpiai bajnokától, aki 1992-ben Barcelonában szerzett aranyérmet. Nevéhez fűződik még egy világbajnoki első (1993) és második (2001) hely is, valamint Európa-bajnokságokon két ezüst- és öt bronzérem. Sportoló korában beceneve Atom Anti volt; ez arra utalt, hogy Pakson született és a Paksi Atomerőmű SE színeiben lett versenysportoló. Az élsportot 2005-ben fejezte be. 2010-ben szerzett doktori fokozatot a Pécsi Tudományegyetem Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskolájában „Kommunikáció a társadalommal mint atomenergia-fogyasztóval” című értekezésével. Jelenleg is rendszeresen publikál tudományos közleményeket elsősorban a sport és egészség kapcsolatának témakörében.

Tér és Társadalom 23. évf. 2009/1. 101-117. p.

TÉT XXIII. évf. 2009 ■ 1

Gyors ténykép

101

AZ ATOMERŐMŰ A DUNA BAL PARTJÁRÓL NÉZVE

(The Nuclear Power Plant as Seen from the Left Bank of the Danube)

KOVÁCS ANTAL

Próder István

■ Várpalota

A magyar galliumgyártás tudományos megalapozója: Papp Elemér

50 éve állították elő ez első magyar gallium-arzenid-egykristályt

Bevezetés

A 20. század közepén állami ipari kutatóintézetek sora létesült Magyarországon. A vegyipari kutatóintézetekről *Szekeres Gábor*



Papp Elemér portréja

(Szkok Iván alkotása, MMKM Vegyészeti Múzeuma)

(1924–2010), az MKL örökös főszerkesztője írt megemlékezést [1,2]. Bevezetőjében említi, hogy már a két világháború között is komoly kutatások folytak a Műegyetem tanszékein, az ipar több ágazatában és a magánszférában. 1948-ban kezdődött meg az állami kutatóintézetek alapítása. Az 1990-es években közülük sokat megszüntettek, de működésük alatt figyelemre méltó eredmények is születtek. Írásunk *Dr. Papp Elemér* (1906–1974) vegyészmérnök, címzetes egyetemi tanár munkásságával foglalkozik, aki az 1948-ban alapított Magyar Alumínium és Könnyűfémipari Kutató Intézetben (1951-től Fémipari Kutató Intézet, röviden FKI) folytatta legsikeresebb, nemzetközi figyelmet keltő kutatásait. 1959-ben az ő tudományos munkája nyomán indult meg a galliumgyártás Magyarországon. 50 évvel ezelőtt pedig, a galliumgyártást követően, munkatársaival együtt ő állította elő az első magyar gallium-arzenid-egykristályt.

tó Intézet, röviden FKI) folytatta legsikeresebb, nemzetközi figyelmet keltő kutatásait. 1959-ben az ő tudományos munkája nyomán indult meg a galliumgyártás Magyarországon. 50 évvel ezelőtt pedig, a galliumgyártást követően, munkatársaival együtt ő állította elő az első magyar gallium-arzenid-egykristályt.

Kutatói feladatok

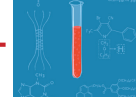
Az FKI céljaként a timföldgyártás, az alumíniumkohászat és a fémmezmunkálás területén felmerülő feladatok megoldását határozták meg. Az intézetvezetők: *Gillemot László* és *Lányi Béla* mellett itt lett tudományos osztályvezető *Papp Elemér*, az elektrokémiai technológia gyakorlott szakembere. *Papp Elemér* a múlt századi tudós-mérnök generáció tagjaként szaktudását mind a tudományos kutatásban, mind az ipari gyakorlatban kamatoztatni tudta, és ezt a tudást évtizedeken keresztül egyetemi oktatóként hallgatóinak is átadta. A két világháborút is magában foglaló időszak, majd az 1950-es évek nagy kihívások elé állították a kutatókat. A háborúk, az elcsatolt területekkel elvesztett nyersanyagforrások, a rossz politikai környezet súlyosan nehezítették munkájukat. Az adott körülmények között *Szarvasy Imréhez*,

Varga Józsefhez, *Lányi Bélához* és még sok más pályatársához hasonlóan *Papp Elemér* is arra törekedett, hogy munkájával a leg hatékonyabban járuljon hozzá hazai nyersanyagforrásaink hasznosításához. Kutatásai előremutató módon arra irányultak, hogy kisebb értékű hazai nyersanyagokból értékes anyagokat vonjon ki és ezek feldolgozásával a jövő számára nagyon fontos új termékeket lehessen előállítani.

Életrajza

Papp Elemér 1906. november 13-án született Budapesten. A budai Érseki Katolikus Főgimnáziumban érettségizett 1924-ben. Tanulmányait a budapesti Királyi József Műegyetemen folytatta, ahol 1928-ban vegyészmérnöki oklevelet szerzett. 1928-tól 1934-ig a Műegyetemen *Szarvasy Imre* (1872–1942) Elektrokémiai Tanszékén elektrokémiai technológiát oktatott, eleinte mint kisegítő tanársegéd, 1930-tól mint kinevezett tanársegéd. (*Szarvasy Imre* tanszéke az erdélyi földgáz ipari hasznosításával is foglalkozott. Sikeres kísérleteiket, mint a metán klórozása, a metil-kloridnak metil-alkohollá való átalakítása, a metán termikus bontása aktív szén előállítása céljából, az I. világháború befejezése utáni békediktátum következtében le kellett állítani.) *Papp Elemér* 1930-ban tanulmányutat tett Zürichbe, *William Duprè Treadwell* laboratóriumát kereste fel. 1933-ban lett műszaki doktor, értekezését „Moissan-féle vasolvadékok vizsgálata” címmel nyújtotta be [3]. 1942-ben az egyetem magántanárrá habilitálta.

1934 augusztusában a Hydroxigén Gázválasztó Oxigén, Nitrogén, Hidrogén és Egyéb Gázokat Gyártó Rt.-nél helyezkedett el. Kezdetben üzemvezető mérnök, majd főmérnök volt, 1940-ben a vállalat műszaki igazgatójává nevezték ki. Ellátta a kutatólaboratórium vezetését is. Az 1910-ben alapított Hydroxigén Rt. 1933-ban 19 db De Nora-cella felállításával alkáli-klorid elektrolízisüzemet létesített. Ezzel sikerült a hazai cseppfolyós klór-, marónátrón-, klórmész- és hipoklorit-szükséglet jelentős részét fedezni. Az igények tartós kielégítésére *Papp Elemér* az elektrolízisüzem vezetőjeként a 19 cellás üzemet 44 cellás üzemmé bővítette. 1937-ban megtervezte a Péti Nitrogén Műtrágyagyár Rt. klórgyárát, majd irányította üzembe helyezését. A Hydroxigén Rt.-nél eltöltött évek során szabadalmat nyújtott be állékony klórmészkesztmény előállítására [4], foglalkozott a Hypó mosószer, a hidroxigén fertőtlenítő lúg gyártásával, a sellak fehérítésével, a



forrásvízből történő jó kinyerésével, a ferri-klorid és ón-klorid előállításával [5].

1945-ben megvált a Hydroxigén Rt.-től, tovább oktatott a Műegyetemen. 1946-tól szaktanácsadó és szakértői feladatokat látott el az „Alba Chemia” Vegyipari Rt.-nél, a Péti Nitrogénművek Rt.-nél, a Magyar Viscosagyár Rt.-nél, a Vadásztöltény, Gyutacs- és Fémáru gyár Rt.-nél és a Vegyipari Igazgatóságnál.

1948 augusztusában lett az Alumínium Kutató/Fémipari Kutató Intézet Kémia Osztályának tudományos osztályvezetője. 1951-től a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szeretlen Kémiai Technológia Tanszékének (1956-tól Kémiai Technológia Tanszék) meghívására elektrokémiai technológiát adott elő az egyetemen. 1965-ben címzetes egyetemi tanárrá nevezték ki.

1952-ben a „kémiai tudományok kandidátusa”, 1957-ben a „kémiai tudományok doktora” tudományos fokozatot nyerte el. Disszertációját a timföld- és alumíniumipar újabb vizsgálati módszerei témakörben készítette [6]. 1967-ben vonult nyugállományba, nyugdíjaként is segítette a Fémipari Kutató Intézet munkáját, egyúttal 1972-ig a Veszprémi Vegyipari Egyetemen tanított. 1974. március 20-án hunyt el Budapesten.

A Fémipari Kutató Intézetben

1948-tól 1967-ig volt az intézet tudományos osztályvezetője, majd ugyanott tudományos tanácsadó. Vezetésével a hazai timföld- és alumíniumgyártás korszerűsítésének számos kérdését eredményesen oldották meg. „A timföld- és alumíniumipar alap- és segédanyagai, valamint a melléktermékei területén végzett kutatások” című tanulmányában az intézet első húsz évét két részre osztja [7]. Az első tíz év a „hőskorszak” volt, amikor az ország timföldgyártása évi 40 000 tonnáról 220 000 tonnára növekedett. Az üzemekben hiányoztak a megfelelő ellenőrzési módszerek, a műszaki dolgozók főként a termelés növelésével voltak elfoglalva, és szívesen vették a Fémipari Kutató Intézet adta segítséget. A második tíz évben, amikor a termelés hatékonysága, a munkaerő képzettsége olyan szintet ért el, hogy az ipari kutatásokat a termelőhelyeken is végezhették, már más jellegű támogatást is elvártak a kutatóintézettől.

- Az alábbi területeken jött létre együttműködés a vállalatokkal:
- vizsgálati módszerek kidolgozása és szabványosítása,
 - üzemi problémák megoldása és a gyártástechnológiák javítása,
 - új eljárások kidolgozása.

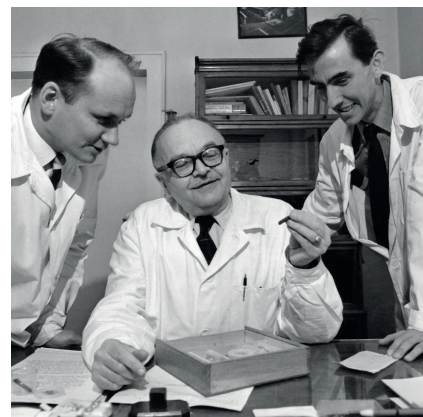
Papp Elemér és munkatársai analitikai és technológiai munkáikkal nagymértékben hozzájárultak a magyar timföld- és alumíniumipar fejlesztéséhez [8]. Kutatásaikról hazai és külföldi szaklapokban számoltak be, illetve eredményeiket szabadalmaztatták. Szabadalmat jelentettek be a timföldgyártás nátronvesztésének, alumínium-oxid-vesztésének csökkentésére, az eljárás egyszerűsítésére, a termelési kapacitás növelésére [9]. Eljárást dolgoztak ki a timföldgyártás hulladéktermékeinek, főként a vörösiszapnak a feldolgozására [10] és a gázgyári világítógáz kénmentesítésére [11,12].

Az „új eljárások kidolgozása” témacsoporton belül fontos szerep jutott a magyar bauxitokban található ritkafémek kinyerésével kapcsolatos munkának. A téma első iránymutató cikkét Papp Elemér az „Alumínium” című folyóirat-mellékletben tette közzé [13]. Szorgalmazta a galliumdúsítás és -kinyerés technikájának fejlesztését. Nem tartotta indokoltnak a cirkónium és a berillium kinyerését [14]. Az intézet első közleménye a Bayer-féle timföldgyártási körfolyamatból való gallium kinyerésére 1955-ben jelent

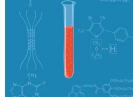
meg [15]. A cikk a gallium elemzési módszerén kívül ismertette a magyar bauxitokban előforduló gallium mennyiségét (0,003–0,004%). Felmérte a Bayer-körfolyamat egyes ágainak galliumtartalmát. Foglalkozott a dúsítás és az elektrolízis lehetőségeivel és az ezekhez kapcsolódó kísérletekkel. Bemutatta az első, alumínátlúgból elektrolitikusan kinyert fémgallium fényképét (1954. dec. 15.). Ezt követően a gyakorlati galliumkinyerés megvalósítására került sor. A kidolgozott eljárásokat szolgálati találmányként szabadalmaztatták [16–20]. Foglalkoztak a nagy tisztaságú galliumgyártás előállításának problémáival is [21]. A Veszprémi Vegyipari Egyetem Kémiai Technológia Tanszéke kutatási témái közé tartozott a technológiai folyamatok intenzifikálása és a vegyipar nyersanyagbázisának kibővítése is. Így az egyetem is részt vett a Fémipari Kutató Intézet indította munkában. Az FKI és a Veszprémi Vegyipari Egyetem közösen dolgozta ki az Ajkai Timföldgyárban bevezetett galliumkinyerési technológiát, amely a timföldgyártás körfolyamatához kapcsolódott.

A galliumot tisztított timföldgyári alumínátlúgból higanykatódos elektrokémiai eljárással állították elő [22]. A galliumgyártás 1959-ben indult először kísérleti jelleggel, majd iparszerű termelés kezdődött. Az 1960-as évektől a gyártást a piaci igények határozták meg. 1963 és 1969 között az üzemet leállították, majd az 1970-es években két alkalommal is bővítették. Ekkor a termelés a kezdeti 200–300 kg/évről 2000 kg/évre nőtt. Az 1980-as, majd az 1990-es években több alkalommal korszerűsítették és bővítették az üzemet. A higanykatódos eljárás mellett környezetkímélő cementálásos technológiát vezettek be, fejlesztették a nyersgallium tisztítási technológiáját, amely lehetővé tette 7N tisztaságú fém gyártását. 2013-ban a hazai bauxitbányászat és -feldolgozás megszűnése, a hidrát és timföld külső forrásból való beszerzése új, ipartörténeti jelentőségű változást eredményezett, amely a galliumgyártást is megszüntette.

A nagy tisztaságú gallium gyártásának kidolgozása vezetett el Papp Elemér jelentős nemzetközi érdeklődést kiváltó kutatási eredményéhez, a gallium-arzenid-egy kristály egylépcsős húzással, zónás olvasztás útján történő előállításához, melyet Legáth Tibor, Zsindely Sándor és Klug Ottó munkatársaival együtt valószínűsített meg 1965–1968-ban. Eredményüket szabadalmaztatták [23]. A termék elektromos paraméterei a Műszaki Fizikai Kutató Intézet vizsgálatai szerint a nagy nyugati cégek (Monsanto, Kokusai) termékeivel azonosak voltak [24]. A gallium-arzenid (GaAs) kiemelkedő fizikai tulajdonságokkal rendelkező félvezető anyag. A szilíciumban tapasztalhatónál lényegesen nagyobb elektronmozgékonyosság miatt 5–6-szor gyorsabb áramkörök készíthetők belőle, mint szilíciumból. Napelemek készítésére is igen alkalmas magas fényabszorpciósi képessége miatt. Használatát behatárolja a szilíciuménál lényegesen magasabb ára, speciális területeken mégis alkalmazzák, pl. az űrkutatás napelemeiben, ahol igen nagy hatékonyságú cellákra van szükség. A szabadalom értékesítése amerikai, japán és nyugatnémet ér-



Munkatársaival az FKI-ben, 1965 (balról Zsindely Sándor, jobbról Legáth Tibor)



deklódás ellenére az akkori idők politikai, gazdaságpolitikai körülményei között nem valósulhatott meg.

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Munkája során széles körű szakmai kapcsolatai alakultak ki mind itthon, mind külföldön [25]. Több mint húsz éven át működött együtt a Veszprémi Vegyipari Egyetem oktatóival, kutatóival. Képünkön *László Antal* professzorral, az egyetem Vegyipari Műveletek Tanszéke vezetőjének társaságában látható 1962-ben. Részt vett a Nehézipari Minisztérium által létrehozott albizottság munkájában, amely a ritka és diszperz fémek távlati terveit állította össze (1958). Levelezett *A. I. Bjelajev* moszkvai professzorral, akinek a berillium technológiájával kapcsolatos kutatásait a Magyar Kémikusok Lapjában is ismertette [26]. *A. Lange* professzorral, a Bergakademie Freiberg Fémkohászati Intézetének vezetőjével megállapodtak az FKI eredményeinek publikálásáról a „Freiberger Forschungshefte” és a „Die Bergakademie” folyóiratokban [27,28].



Papp Elemér (jobbra) László Antallal, 1962

Két tanítványának, későbbi munkatársainak megemlékezése jól jellemzi személyiségét. Arra, hogy legendás jószívűségével a vizsgákon vissza lehetett-e élni, *Kerti József* sorai adnak választ: „Szakkérdésekben soha nem alkudott meg, tudományos igényességét nem adta fel ilyen áron való népszerűsítésért végett. Más kérdés, hogy egész egyéniségéből sugárzott a jóindulat, a biztatás, a bátorítás a vizsgadrukkot segítő. S tény az is, hogy ha meg volt elégedve a feleletünkkel, a dicséretben sem fukarkodott...” [29]. *Solymár Károly* emberségességét idézi: „Nagyszerű szakmai képességei kiváló emberi tulajdonságokkal párosultak: egyetemi éve alatt óraadással teremti elő tanulmányaihoz a pénzt, 1940-ben mint a Hydroxigén igazgatóját a zsidótörvény 32-szeri kijátszása miatt börtönbüntetésre ítélik, és később is ott van mindig mindenütt, ahol intézkedéssel, jó szóval, emberi melegséggel segíthet” [30, 31].

Publikációi

Papp Elemér eredményeit közel 50 tudományos dolgozatban tette közzé. A hazai szakfolyóiratok mellett külföldi folyóiratokban is publikált. Az említett freibergeri szaklapok mellett többek között a „Zeitschrift für Elektrochemie” és a „Zeitschrift für angewandte Chemie” közölte írásait [32]. Csaknem 30 szabadalom fűződik nevéhez. Fontosabb művei: Alkáli elektrolitikus vegyipar (1943), Színesfémek és ötvözeteik vegyi megtámadhatóságának táblázatai (1952); Sók, lúgok technológiája (I–II., 1953); Timföld-

gyártási eljárások analitikai problémái (1954); Újabb elemzési eljárások a timföld- és alumíniumiparban (1954), Elektrokémiai technológia (1964).

Kitüntetések, elismerések

Munkássága elismeréseként számos állami kitüntetésben részesült, 1967-ben a Munkaérendrend arany fokozatát is elnyerte. 1994-ben a várpalotai Vegyészeti Múzeum emlékkiállítását rendezett tiszteletére. Erre az alkalomra készült el arcképe, *Szokos Iván* festőművész alkotása. 2017. november 8-án emléktáblát helyeztek el egykori lakóházán (Budapest, Villányi út 10.).

Utószó

Papp Elemér munkásságának bemutatásával olyan személyiségre emlékeztünk, aki tudásával, oktatómunkájával, kutatói tapasztalataival hozzá tudott járulni egy nagy múlttal rendelkező iparág, a timföld- és alumíniumipar több területének fejlődéséhez. A kibányászható bauxitminőség romlása, a timföldgyárak leállítása, a szakterület teljes átalakulása, a közelmúlt nagy, ipari balesete sem feledtethetik el azokat az eredményeit, amelyek a maguk idejében a világ élvonalába tartoztak. Életútjának, munkásságának dokumentumai Papp Elemér akarata szerint a Vegyészeti Múzeum gyűjteményeiben kaptak helyet.

Köszönetnyilvánítás. A cikk írója köszönettel tartozik Riedel Miklósnak, az ELTE Fizikai Kémiai Tanszéke nyugalmazott docensének segítségéért és javaslataiért, amelyekkel az írás elkészítéséhez hozzájárult.

IRODALOM

- [1,2] Szekeres G.: MKL (2001) 56, 16–19., 88.
- [3] Papp E.: Magyar Kémiai Folyóirat (1933) 106–123.
- [4] Papp E.: Eljárás állékony klórmészéskészítmény előállítására. Magyar Szabadalom, 126768.sz. (1939).
- [5] Papp E.: Önéletrajz. MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum: Ld.2006.1830.1.
- [6] Papp E.: Újabb vizsgálati módszerek a timföld- és alumíniumiparban (1957).
- [7] Papp E.: Research in the Field of the Base and Auxiliary Mat. as well as of the By-products of the Alumina and Aluminium Industry. Különnyomat, MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum: Dgysz.: 19305. 29.
- [8] Korányi Gy.: Kémiai Közlemények (1971) 35, 361–365.
- [9] Dunay S., Lányi B., Papp E.: Timföldgyártási eljárás. Magyar Szabadalom, 142.581.sz. (1952).
- [10] Gillemot L., Lányi B., Papp E., Dunay S., Domony A., Jakoby L.: Magyar Szabadalom. 142.133 sz. (1950).
- [11] Domony A., Dunay S., Gedeon T., Gillemot L., Jakoby L., Lányi B., Papp E.: Magyar Szabadalom. 142.584 sz. (1950).
- [12] Dunay S., Lányi B., Papp E.: Magyar Szabadalom 144.162 sz. (1955).
- [13] Papp E.: Alumínium, Bányászati és Kohászati Lapok melléklete (1953) 45–48., 61–63.
- [14] Papp E.: A magyar bauxitok ritkafém tartalmának kinyerésével kapcsolatos munkák az FKI-ban (vázlatosan). Kézirat. MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum, Ld. 2006.1860. 1.
- [15] Papp E., Héjja A., Üveges J.: Acta Techn. Hung. (1956) 14, 55–78.
- [16–18] Papp E., Üveges J.: Magyar Szabadalom, 145.729 (1958); 145.919 (1958); 146.992 (1958).
- [19] Papp E., Solymár K., Üveges J.: Magyar Szabadalom, 147.787 (1959).
- [20] Papp E., Solymár K.: Magyar Szabadalom, 148.953 (1960).
- [21] Papp E., Solymár K.: Acta Chim. Hung. (1960) 24, 451–474.
- [22] Ajkai Timföld Kft.: Timföldgyártás és alumíniumkohászat Ajkán a XX. században. Ajka, (2000) 52–53.
- [23] Papp E., Legáth T., Zsindely S., Klug O.: Eljárás félévezető célokra használható galliumarzenid egykristály gyártására. Magyar Szabadalom, 155.192 (1965).
- [24] Papp E., Pődör B., Zsindely S., Legáth T.: Híradástechnika (1969) 20. 368–373.
- [25] Papp Elemér: 15 év munkájának dokumentumai (válogatás) MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum: Dgysz.:19303. 1–21.
- [26] Papp E.: MKL (1951) 1. 17–19.
- [27] E. Papp: Freiberger Forschungshefte (1964) B 82, 5–16.
- [28] K. Solymár, I. Somosi, E. Papp: Die Bergakademie (1962) 3, 159–162.
- [29] Kerti J.: Egy humanista tudós idézése. Emlékkiállításán elhangzott előadás. MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum, Dgysz.: 19261.2.
- [30] MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum, Ld. 2006. 1865. 1.
- [31] Solymár K.: Bányászati és Kohászati Lapok (1974) 107, 527.
- [32] Publikációs jegyzékek. MMKM Vegyészeti Múzeuma, Archivum, Dgysz.: 19258. 1–12.



Az SI mértékegységrendszer

A decimális mértékrendszer kialakítása a francia forradalom körüli évekre vezethető vissza. A hosszúság és a tömeg platinából készült etalonjait (méter és kilogramm) 1799. június 22-én helyezték el a párizsi Köztársasági Levéltárban.

Minden fizikai mennyiség egy számérték és egy egység szorzatából áll.

1832-ben *Carl Friedrich Gauss* (1777–1855) javasolta a metrikus rendszeren és a másodpercen alapuló mértékrendszer bevezetését a természettudományokba.



Ő végezte el a Föld mágneses terének abszolút mérését, amelynél a mechanikus egységekre (milliméter, gramm, szekundum) támaszkodó decimális mértékrendszert alkalmazta. *Gauss* és

Wilhelm Eduard Weber (1804–1891) ezt a módszert további elektromos mérésekre is kiterjesztette.

1874-ben bevezették a *Gauss* által kifejlesztett CGS mértékrendszert, amely a centiméter, a gramm, a szekundum és a mikrótól a megáig terjedő, a nagyságrendeket kifejező előtagok alkalmazásán alapul.



A Nemzetközi Mérésügyi Szervezet javaslatára 1875. május 20-án írták alá a *Méter egyezményt*, majd 1889-ben kötelezővé tették az új méter- és kilogrammetalonok használatát. Ezek 90% platina és 10% irídium ötvözetéből készültek.

A CGS mintájára bevezetett MKS rendszert 1946-ban *Gio-*



vanni Giorgi (1871–1950) javaslatára kiterjesztették az elektromágnesség területére is.

A mértékrendszerek alakulása elég kaotikusnak tűnik, pedig csak a technika fejlődését követte.



1960-ban vezették be az SI-mértékrendszert. Az SI rendszer alapegységei: méter (m), másodperc (s), kilogramm (kg), amper (A), kelvin (K), kandela (cd) és mól (mol). Kiegészítő egységei a síkszögre a radián (rad) és a térszögre a szteradian (sr).



Az alapegységekből származtatott egységek nagy része fizikusok nevét viseli, például az aktivitás egysége a becquerel (Bq), az elektromos töltésé a coulomb (C), az energiadózisá a gray (Gy), a frekvenciáé a hertz (Hz), az energiáé a joule (J), az erőé a newton (N), az elektromos ellenállásé az ohm (Ω), a nyomásé a pascal (Pa), az elektromos

vezetőképességé a siemens (S), a mágneses indukcióé a tesla (T), az elektromos feszültségé a volt (V) és az elektromos teljesítményé a watt (W).

A gyakorlatban továbbra is használnak az SI-n kívüli egységeket, például az Egyesült Államokban a hőmérsékletre a Fahrenheit-fokot (°F).

Az alapegységek meghatározásának közlése jelentősen meghaladná a cikk kereteit, de ezekre a gyakorlatban nincs is szükség, elég az egység nevének és jelének az ismerete

Az egységek definíciójának változását a hosszúság egységén, a méteren keresztül mutatjuk be.

1791-ben a métert önkényesen a Párizson áthaladó délkör negyedének a tízmilliomod részéként határozták meg. 1872-ben a méterrendszer alapegységeivel foglalkozó nemzetközi bizottság úgy döntött, hogy a hosszúság egységül az 1799-ben készült ősmétert fogadja el. Ebből 33 darabot készítettek. A 6. számú példány közelítette meg legjobban a francia levéltárban 1889



óta őrzött ősmétert, így ezt jelölték meg prototípusnak.



A továbbiakban arra törekedtek, hogy az etalont alapvető fizikai állandókkal definiálják. Ezért 1960-ban a méter prototípusaként a kripton-86 atom meghatározott energiaszintjei közti átmenet hullámhosszának 1 650 763,73-szorosát választották.



A pontosság növelésére interferométert és csúsztható mikroszkópot használtak, hogy az optikai utak különbségét az interferenciagyűrűk

számlálásával határozzák meg.

1983-ban ezt váltotta le a következő definíció: „A méter annak az útnak a hosszúsága, amelyet a fény vákuumban 1/299 792 458 másodperc alatt tesz meg.” A nevezőben lévő számérték a vákuumbeli m/s-ban mért fénysebesség.

Az idő, a termodinamikai hőmérséklet, az anyagmennyiség és a fényerősség egységeit (másodperc, kelvin, mól és kandela) már szintén alapvető fizikai állandókkal definiálják. **Boros László**



TÚL A KÉMIÁN

Tycho Brahe paleopatológiája



Tycho Brahe (1546–1601) dán csillagász maradványait 2010-ben exhumálták, és azóta számos tudományos igényű vizsgálatot végeztek rajta. Azt már biztosan lehet tudni, hogy – a korbeli híresztelésekkel ellentétben – halálának oka nem mérgezés volt. Csontjainak részletes felmérése, illetve a maradványokban a stabil szén- és nitrogénizotópok aránya egyértelműen arra utalt, hogy a korabeli viszonyokhoz képest Tycho Brahe gazdagon és változatosan táplálkozott, illetve határozottan túlsúlyos volt. Az a legvalószínűbb, hogy az ezzel kapcsolatos, ma civilizációsnek is nevezett betegségeknek meghatározó szerepe volt a halálában. Az eredmények nem mondanak ellent Kepler egykori beszámolójának, aki szemtanúja volt az eseményeknek, s arról számolt be, hogy a dán tudós egy nagy lakoma alatt az etikett miatt nagyon hosszú ideig visszatartotta vizeletét, s ennek a szövődményei lettek végzetesek. Egy másik tanulmányban a modern bűnüldözésben is használt módszerek segítségével megkísérelték

reprodukálni Tycho Brahe arcképét. Ehhez a csak részlegesen fennmaradt arccsontjait használták fel, de az egyezés a korabeli festményekkel így is megnyugtatóan bizonyult.

PLoS ONE 13, e0195920. (2018)

Forensic Sci. Intern. 292, 131. (2018)

Nikotinörökösök

Embereken végzett korábbi megfigyelések már utaltak arra, hogy a dohányzó férfiak gyermekei körében egyes betegségek gyakoribbak, mint a teljes népesség körében. Ezt a hatást nemrégiben egérkísérletekben is megfigyelték: a nikotinnal kezelt egérpák első generációs utódai között jelentős agyváltozásokat mutattak ki, míg az emberi tanulási nehézségekhez hasonló szindrómákat még a második generáción is észleltek. A hatásmechanizmus részleteit még nem sikerült tisztázni, de minden bizonnyal jelentős szerepe van benne annak, hogy a nikotin jelentősen módosítja a hímek ivarsejtjeiben lévő DNS metilzettségi mintázatát.

PLOS Biology 16, e2006497. (2018)

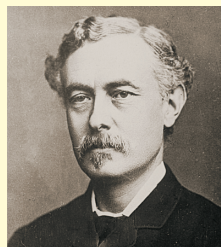


Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt

Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.

A rovatszerkesztő korábbi írásait tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html

CENTENÁRIUM



William A. Tilden: Absorption of Gases by Charcoal
Nature Vol. 103, Issue 2576, p. 24.
(1919. március 13.)

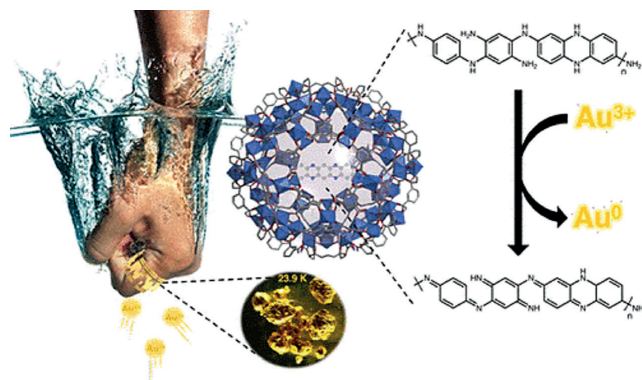
Sir William Augustus Tilden (1842–1926) angol kémikus volt. Birminghamben

és Londonban dolgozott kémiaprofesszorként, tagja volt a Royal Society-nek, s annak Davy-érmével is kitüntették. Egyik legnevezetesebb felfedezése az volt, hogy az izoprént terpenből is elő lehet állítani, bár erre a felismerésre nem tudott iparilag is hasznos módszert alapozni. 1921-ben egy könyvben foglalta össze számos híres kémikus életrajzát.

MOF-aranszivacs

Már a második világháborúban felmerült a gondolat, hogy a viágtengerek vízében rengeteg arany van, csak a nagyon kis koncentráció miatt szinte lehetetlen kinyerni. Egy para-fenilén-diaminból és vas-1,3,5-benzotrikarboxilát fémtartalmú szerves váz-szerkezetből (MOF) készülő polimer kompozit azonban minden bizonnyal ezt a feladatot is meg tudja majd oldani. Az új vegyület egy sok egyéb fém tartalmazó oldatból is igen szelektíven tud megkötöni nagyjából a saját tömegével megegyező mennyiségű aranyat, és közben redoxisajátságai révén még elemi formába is alakítja. A képződő terméket 900 °C-ra hevítve a szerves komponensek maradéktalanul eltávolíthatók, majd a vastartalom ásványi savban feloldható, így a folyamat végére 23,9 karátos aranyat lehet előállítani.

J. Am. Chem. Soc. 140, 16697. (2018)



PERIÓDUSOS KÜLÖNLEGESSÉG

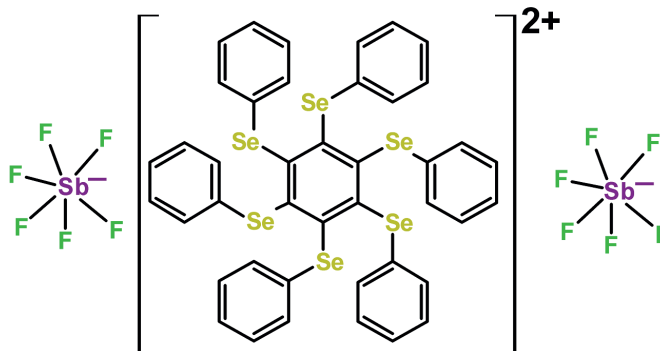




A HÓNAP MOLEKULÁJA

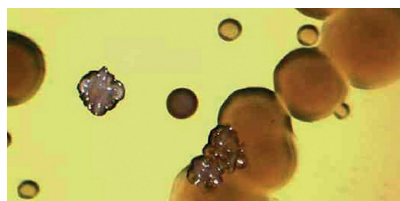
Az ábrán látható vegyület, a hexakisz(fenilszelenil)benzol hexafluoroantimonát ($C_{42}H_{30}F_{12}Sb_2Se_6$) egy érdekes szerkezeti típus első ismert, stabil képviselője. A kation központjában lévő gyűrűt kétszeresen aromásnak tartják, mert a szénatomok által alkotott hatos gyűrűt egy szelénatomokból álló külső gyűrű veszi körbe, amelyen belül szigma-kötések alakítanak ki aromás jelleget. A vegyület szén-13 NMR-spektruma egyértelműen igazolta, hogy a pozitív töltések a szén- és szelénatomokra is kiterjedve delokalizálódnak.

Commun. Chem. 1, 60. (2018)



Gallium antibacterica

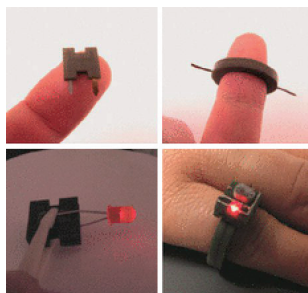
Napjainkban egy kivételes, új és a többihez képest nagyon egyszerű antibiotikum tesztelése folyik: az intravénásan beadott gallium-nitráté. Egy Washington államban lévő kórházban *Pseudomans aeruginosa* baktériumokkal fertőzött embereket kezelnek ezzel a terápiával, noha egyelőre placebóval való összehasonlítás nincsen. Az eddigi tapasztalatok szerint a vegyületnek nincs káros hatása az emberi szervezetre, viszont a fertőzés miatt leromlott tüdőfunkciók javulásnak indultak. A hatásmechanizmus minden bizonynyal az, hogy a gallium(III)ion szerkezeti-



leg könnyen a vas(III) helyére léphet, de funkcionálisan nem, mivel nincsenek redoxreakciói. Az azonban egyelőre még nem világos, hogy ez a hatás miért sokkal ártalmasabb a mikroorganizmusokra, mint a gazdaszervezetekre.

Sci. Trans. Med. 10, eaat7520. (2018)

Nyomtatható elemek



A háromdimenziós nyomtatás sokat fejlődött az utóbbi években, de az így készített tárgyak eddig elsősorban szerkezeti szerepeket töltek be. Ezen igyekszik változtatni a Harvard Egyetemen egy kutatócsoport, amely galvánelemek nyomtatására alkalmas anyagokat fejleszt. A lítiumelem működési elvét már 2013-ban sikerült nyomtatóra adaptálni, de a felhasznált anyagok tűzveszélyessége és vízzérkenysége nagyon megnehezítette a hétköznapi használatot. A legutóbbi tanulmányban viszont már gyorsan feltölthető, légköri körülmények között stabil cinkalapú elemek, illetve a hagyományos, cinket és mangán-dioxidot használó, egyszerű használatos elemek elkészítése is sikerült ezzel a technológiával.

Így a jövőben az elektromos készülékeknek nem kell alkalmazkodniuk az elem alakjához, hanem a helykihasználás szempontjából ideális alakú elemet lehet majd készíteni.

ACS Nano 12, 11838. (2018)

Folytonosan optimalizált szerves szintézis

A hagyományos optimalizálási eljárás a szerves kémiában gyakran igen hosszadalmas és egyhangú. Amerikai tudósok folyamatos áramlásos reaktorokkal jelentősen csökkentették az időigényt. A sokféle célra való felhasználhatóságot a készülék moduláris jellege segíti elő. A jelenlegi kiépítésben a reakcióelegy folyadékkromatográfiás analízise jelenti a leglassabb lépést, de ezt a jövőben akár gyorsabb tömegspektrometriás elemzéssel is fel lehet majd váltani.

Science 361, 1220. (2018)



Bronzszobor-korrózió

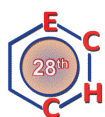
Auguste Rodin *Kulcsos ember* című szobra évtizedekig állt Oslo központjának egy igen forgalmas téren. A légszennyezés idővel a bronzot is kikezdte, s

igen fontos volt eldönteni, hogy a rajta kialakult réteg fő komponense brochantit ($Cu_4SO_4(OH)_6$) vagy antlerit ($Cu_3SO_4(OH)_4$), a két vegyület ugyanis nagyon hasonló színű, de eltérő kezelést igényel. Norvég kémikusok egy csoportja infravörös spektroszkópiát és képalkotást egyesítő módszert dolgozott ki, amelynek segítségével a műtárgy mozgatása és roncsolása nélkül el lehet végezni az elemzést. Az elv remélhetően más korróziós termékek azonosítására is alkalmas lesz.

J. Spectral Imaging 7, a10. (2018)



TUDOMÁNYOS ÉLET

28th European Colloquium on Heterocyclic Chemistry

Az igen komoly múltra visszatekintő European Colloquium on Heterocyclic Chemistry konferenciát 2018. szeptember 2. és 5. között rendezték meg a Salento Egyetem és az Olasz Kémikusok Egyesülete szervezésében. Ezút-

tal a festői szépségű mediterrán dél-olaszországi város, Lecce adott helyszínt a kollokviumnak.

Az immár 28. alkalommal megrendezett heterociklusos konferenciára Európa különböző országaiból érkeztek kutatók, sőt számos kontinensen kívüli nemzet is képviseltette magát, köztük a szakterület jeles művelői, professzorai: a svájci Erick Carreira, Thorsten Bach a Münchener Műszaki Egyetemről, Michael Hocek a Cseh Tudományos Akadémiáról és az igen fiatal, bár annál komolyabb tudományos eredményeket felmutató Nuno Maulide a Bécsi Egyetemről. Az olasz szervezők családias légkört teremtettek a konferencián, a kiváló előadások után lehetőség nyílt átfogó szakmai beszélgetésekre és a helyi kulináris élvezetek mellett kulturális nevezetességek megtekintésére is közös kirándulás keretében.

Magyarországot három különböző kutatóhelyről összesen öten képviseltük: az MTA TTK Szerves Kémiai Intézetéből Soós Tibor a konferencia nemzetközi tudományos bizottságának tagjaként, Palkó Roberta pedig poszterprezentációval, Kurtán Tibor a Debreceni Egyetemről, illetve Mátravölgyi Béla és jómagam a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemről előadás keretében. Előadásomat fluorazonok Tf_2O -aktivált intramolekuláris ciklizáción keresztüli újfajta előállításáról és one-pot borilezési/rézkokatalizált Suzuki-kapcsolásairól tartottam. Ez úton is szeretném megköszönni a Magyar Kémikusok Egyesületének a konferencián való részvételemmel nyújtott anyagi támogatást!

Hergert Tamás

Cornides István Tudományos Díj, 2018

Az MKE Tömegspektrometriai Társasága 2018. december 6-án tartotta rendszeres őszi Szakmai Napját az MTA Természettudományi Kutatóközpontjában. Lelik László, a Társaság elnöke köszöntője után a rendezvényen megjelent 64 résztvevő tíz előadást hallgathatott meg a hazai tömegspektrometriai kutatások legújabb eredményeiről. Egyebek mellett érdekes beszámolókat hallgathattunk a proteomika, a szervetlen, a képalkotási tömegspektrometria, a szerkezetmeghatározás, a metabolit- és az illóolaj-vizsgálat területéről.

Az őszi Szakmai Nap legjelentősebb eseménye minden évben a Cornides István Tudományos Díj átadása. Az idén a kitüntetést - nyolcadikként - Háda Viktor, a Richter Gedeon gyár biotechnológiai szerkezetkutatási csoportvezetője kapta meg. Háda Viktor diplomáját és PhD-fokozatát a BME-n szerezte. Egyéves hollandiai posztdoktori kutatómunka után 2003-ban a Richter Gedeon szerkezetkutatási osztályán kezdett el foglalkozni a kismolekulák tömegspektrometriás szerkezetvizsgálatával. Később munkaköre a biotechnológiai eredetű fehérjegyógyszerek vizsgálá-



A Cornides István Tudományos Díj 2018. évi átadása.
Balról: Lelik László, Androsits Beáta és Háda Viktor

latával bővült, majd 2015 óta modern tömegspektrometriai laboratóriumot és kutatócsoportot alakított ki, és így erős, emberileg és szakmailag is kiváló csapattal tudják támogatni a Richter bioszimiláris fejlesztéseit. A díjazottnak közel 40 tudományos közleménye jelent meg. Ez azért is figyelemre méltó, mert – miként azt köszönő szavaiban maga is megemlítette – az iparban dolgozó kutatók iparvédelmi okokból az eredményeik nyilvánosságra hozatala szempontjából hátrányos helyzetben vannak az akadémiai szférában dolgozókhöz képest.

Az MKE Tömegspektrometriai Társaság 2010-ben alapította meg a Cornides István Tudományos Díjat örökös tiszteletbeli elnöke, Cornides István emlékére, Müller Tibor, egykori tanítványa kezdeményezésére. A Díjat a Társaság elnöksége ítéli oda a tömegspektrometria területén kiemelkedő eredményt elérő magyar kutató, oktató számára évenként változóan, egy 45–50 év alatti, illetve feletti korosztályba tartozó szakembernek. Az Emlékéremmel járó pénzbeli jutalmat a tömegspektrométereket forgalmazó cégek (FlextraLab Kft., Kromat Kft., LABOREXPORT Kft., Perform Hungaria Kft., Simkon Kft., Unicam Magyarország Kft., Waters Kft.) biztosítják. Az idei Díjat Müller Tibor révén a LABOREXPORT Kft. finanszírozta.

Cornides István (1920–1999), a magyar tömegspektrometria megteremtője, nemzetközi hírvé szaktekintély, mindnyájunk „Pista bácsija” változatos, küzdelmekkel teli és sikeres életútjáról, példamutató emberi és szakmai egyéniségéről Staar Gyula interjújában olvashatunk [1, 2].

Riedel Miklós

IRODALOM

[1] <http://www.termeszettvilaga.hu/interjuk/cornides1.html>

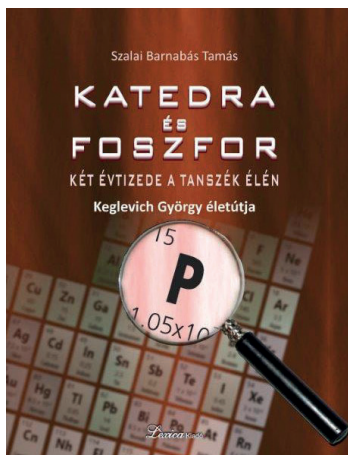
[2] <http://www.termeszettvilaga.hu/interjuk/cornides2.html>

KÖNYVISMERTETÉS

Katedra és foszfor

(Szalai Barnabás Tamás: *Katedra és foszfor. Két évtizede a tanszék élén. Keglevich György életpályája*, Lexica Kiadó, 2018.)

A Lexica kiadó „Magyar tudósok” sorozatának XII. kötete Keglevich György professzor, a BME Szerves Kémia és Technológia Tanszéke vezetőjének életét és szakmai pályafutását ismerteti. A



sorozat majd minden egyes kiadványa sajátosan más-más szerkesztési módszert követ, s ennek köszönhetően rendkívül sokszínű, széles spektrumú áttekintést nyújt az elmúlt évtizedek magyar tudományos közéletéről, a hazai kutatások témaköreiről, eredményeiről és a felsőoktatás szerkezetéről, működéséről s az ezekben bekövetkezett változásokról.

A Keglevich-könyv rendkívül részletesen mutatja be a

BME két tanszékének, a Szerves Kémia és a Szerves Kémia és Technológia Tanszékének oktatási és kutatási tevékenységét az egybeolvadásukat követő években, illetve utóbbi működését az azt megelőző néhány évben. Keglevich professzornak, régi korok nagy tekintélyű iskolateremtő egyetemi tanárokhoz hasonlóan, két évtizedes vezetői megbízatása révén – és legtöbb hazai tanszékvezető kortársával ellentétben – megadott a hosszabb távú építkezés, a saját kutatási és oktatási stratégia tervezésének és megvalósításának lehetősége, s ő élt is ezzel a lehetőséggel, és saját képére formálta a rá bízott intézeteket. Új előadásokat és laborgyakorlatokat, szakmai szemináriumokat, doktoranduszi be-számolókat vezetett be, évente kiadványokat állított össze tanszéke tevékenységéről. Megváltoztatva a (rossz) hagyományt, az azon témákból készült publikációknak, amelyekben részt vettek, doktoranduszai is társszerzői. A könyv részletesen ismerteti oktatás-szervezési, személyzeti, előadói, témavezetői munkáját, beleértve a két tanszék egybeolvasztásának és költöztetésének ropant szervezői munkáját és a személyi ügyekben nagy tapintatot, empátiát követelő sikeres, zökkenőmentes levelezélynését. Hasonló részletességgel ismerkedhet meg az olvasó Keglevich professzor tudományos munkásságával, kiemelkedő publikációs teljesítményével, tudományos közéleti tisztségeivel, nemzetközi és hazai tudományos intézményekkel, illetve vállalatokkal létesített együttműködéseivel, lektori és szerkesztőbizottsági működésével, konferenciaszervezőkénti sikereivel, szereplésével a nemzetközi tudományos életben szakmai konferenciákon való folyamatos részvételei révén, valamint kitüntetéseiével. Már-már egy pályázat vagy szakmai életrajz lexikális részletességével ismerhetjük meg a könyvből az oktatói és kutatói pályafutás állomásait, dokumentumokkal, számszerű adatokkal, munkatársak, tanítványok neveinek seregével alátámasztva.

A könyv további sajátossága, hogy többször is idézi a pályatársak, munkatársak, tanítványok és családtagok méltató írásait. Az igen bőséges, részletes szakmai információk, miközben sokat elárulnak a kutató és oktató személyiségéről, nézeteit, életelveit, magánéletének eseményeit s az egyéniségét jellemző mozzanatok talán túlzottan háttérbe szorítják. Pedig volna miről írni! Például valamivel többet a koncepciók perben történő ítélt édes-apa nélküli, négy testvérrel és édesanyjával átélt nehéz évekről, a pályakezdés anyagi és egyéb nehézségeiről, négy gyermekéről, unokáiról, vagy az egyetemi tanulmányairól, az USA-beli ösztöndíjas életéről, a katonai szolgálatról, kedvteléseiről.

A kötet értékes része a szerkesztő egyes fejezeteket bevezető, s az adott könyvrészlet témájával kapcsolatos tömör ismertetései. Valóságos miniatűr tanulmányok szólnak a Keglevichekről, a történelmi főnemesi családról, a Piarista Gimnáziumról, ahol

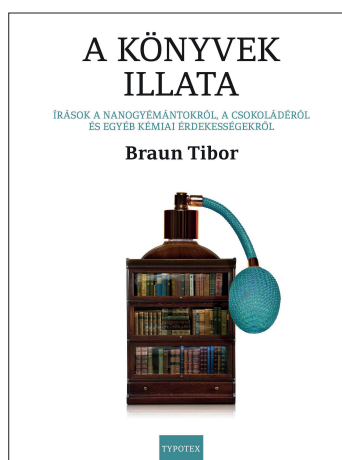
Keglevich György érettségizett, a Keglevich professzor vezette két tanszék történetéről, vagy a „Z-generációról”.

Keglevich professzor a foszforkémia vezető hazai s nemzetközileg is elismert szaktekintélye, invenciózus, elhivatott kutató, tanítványai által tisztelt és kedvelt oktató, kimagasló képességű szakember, páratlan munkabírási, kitűnő szervezői adottságokkal felvértezett vezető, szókimondó, elveihez keményen ragaszkodó, ha kell konfliktusokat is vállaló, de empatikus vitapartner. Az életéről és szakmai pályafutásáról készült könyv érdekes és tanulságos olvasmány.

Sohár Pál

A könyvek illata

(Braun Tibor: *A könyvek illata. Írások a nanogyémántról, a csokoládékról és egyéb kémiai érdekességekről*, Typotex Kiadó, 2018)



Braun Tibor lapunk egyik legfrekvenciáltabb írója. Széles látóköre és sokoldalúsága jóvoltából újabb és újabb cikkei jelennek meg nemcsak a Magyar Kémikusok Lapjában, hanem más hazai folyóiratokban is. Ezek az írások nem szócikkek, hanem közérdeklődésre számot tartó témák színes és közérthető ismertetései, illetve népszerűsítései. A mostani kötet a 2015 óta publikált írások összefoglalása, amelyet egy má-

sik gyűjtemény, *A Nobel-díjra érdemes taxisofőr* előzött meg három évvel ezelőtt. A hat fejezet olyan témákat jár körül, amelyek az elmúlt évtizedekben az érdeklődés középpontjában álltak, és ma is aktuálisak. A szöveges magyarázatok közérthetően vannak leírva, de a színvonalas ábrák is vonzóvá teszik a könyv elolvasását.

Az első fejezet a „Robbanás, csillogás” címet viseli. Meglepetésre ebben szerepel a könyv címadó írása. A mai világban, amikor a huszonegynéhány évesek (a Z generáció tagjai) már nem nagyon vesznek könyvet a kezükbe, hanem amit lehet, inkább az okostelefonjukon nézegetik, a hagyományos könyvek felértékelődnek. Hiszen ezeket karosszékekben hátradőlve, a lapokat tapintva és illatukat élvezve olvashatjuk. Megtudhatjuk, hogy a papír komponenseinek, illetve milyen bomlástermékeknek érezhetjük a szagát. Továbblapozva igen érdekes a detonációs nanogyémántok viszontagságos felfedezésének leírása, amihez végül nem is kell grafit. Viszont megdöbbenő, hová vezethet a tudományos életben az esztelen titkosítás (amit a Szovjetunióban gyakoroltak) és a kommunikáció hiánya. Eligazítást kapunk a kapcsolódó nagynyomású kémia alapjából, és a nanogyémántok orvosi biológiai alkalmazásából is.

A második fejezet a „Dimenziók” cím alatt számos érdekességet rejt, így olvashatunk a grafénről, a szén kvantumpöttyökről, az ionfolyadékokkal hajtott nanoműholdokról és két „nanotudós” vitájáról. A második fejezetben kissé kakukktójas, de igen érdekes a sok-sok tudományos felfedezés megkésett elismerésének összefoglalása. A tárgyalt „csipkerózsikák” (tudományos felfedezések) a királyfi megváltó csókjáig 5–97 éven át aludták ál-



mukat. A 97 éves álom 1903 és 2000 között következett be szuszpenziók membránok általi elválasztásának témájában. Ehhez képest az 5 éves késés elhanyagolhatónak tűnik az aromás nitrocsoport szubsztitúciójával megvalósított polimerszintézis témájában.

A „Sártekén, rajta és alatta” fejezet különféle válogatott érdekességeket tartalmaz. Rögtön az első szemelvényben a szerző kedvenc témája, a fullerének egy érdekes aspektusát tárgyalja, vagyis az olvasók számára kiderül, hogy a fulleréneknek volt-e szerepük a földtörténeti kihalások okai között. Megtudhatjuk továbbá, hogy mi köze van az artemizinin maláriaellenes szernek a kínai kulturális forradalomhoz és a biotechnológiához. A bátrabb olvasóknak ajánlható a Cserenkov-sugárzás felfedezésének elismerése körüli huzavona. Braun Tibor sokoldalúságára utal, hogy a fenntartható fejlődés is foglalkoztathatja, vagyis hogy mi lesz a világ ritkaföldfém-előállításával, ha a felhasználás üteme így folytatódik, vagy hogyan hasznosíthatók a mikroorganizmusok a biobányászat/biokioldás kapcsán. Betekintést nyerhetünk a kékfestés rejtelseibe, illetve abba, hogy mi az indigó és a farmernadrág kapcsolata. A művészi érdeklődésű olvasók örömeire szolgálhat a vendéglátó-vendég, avagy a börtön-rab szupramolekuláris kapcsolatokról szóló írás, valamint „A kémia szépsége a szabadtéri szobrokon, avagy atomok és molekulák a szobrász szemével”.

A negyedik fejezet a hasukat kedvelő olvasóknak lehet igazán szórakoztató, mert a gasztrokémiáról szól. Mint tudjuk, a főzés nem áll távol a vegyésztől, hisz az is egyfajta „kötvasztás”. Beavatást nyerhetünk a nyereg alatti húspuhítás és az ízfokozók rejtelseibe, továbbá desszertként a csokoládé gasztrokémiájába, toroköblítőként pedig a whisky kémiájába. Az erősebb idegzetűek megtudhatják, hogy ötezer éves ősünk, „Ötzi” mit fogyasztott utolsó vacsorájaként.

Az ötödik fejezetből kiderül, hogy a Kosztolányi által „Ez a marha közöttünk az egyetlen zseni”-ként jellemzett Karinthy Frigyesnek mi köze van a hálózatok tudományához, meg hogy melyik magyar szabadalmat kezelték itthon a legméltatlanabban. A „Felfedezés, találmány” fejezetet a „Labor egy kártyán” írás fejezi be, ami a gyógyszeriparban egyre jelentősebbé váló mikroaktorokról szól.

Az utolsó, hatodik fejezet a borzalmas aktualitást, a Szkripalmerényletet elemzi a kémikus szemszögéből bőséges háttérinformációt nyújtva, ami egyébként a többi cikkre is jellemző. Szerényen a végére került az az írás, amivel kezdeni lehetett volna, Silberer Vera interjút készített a szerzővel, Braun Tibor professzorral, amiben főleg editorial munkájáról mesél a páratlanul gazdag életművet maga mögött tudó interjúalany.

Keglevich György

• • • • •

OKTATÁS

Vegyésmérnökképzés a vegyipar szívében

Személyre szabott oktatási modell Miskolcon

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Kémiai Intézete (ki.uni-miskolc.hu) 2019 őszétől vegyésmérnöki alapszakot indít. Az alapszak sajátossága, hogy Magyarországon először, kísérleti jelleggel, személyre szabott oktatási modell alapján működik. Ennek lényege, hogy a hallgatók munkáját, páronként,

egy-egy fiatal oktató segíti. Ezek az ifjú „mentorok” heti rendszerességgel konzultálnak a hallgatókkal, és segítik sikeres előrehaladásukat tanulmányaik során.

Fontos megemlíteni, hogy Magyarországon a felsőfokú kémiaoktatás Selmezbányán kezdődött meg 1763-ban a Selmeci Akadémián, melyet Mária Terézia alapított. Már akkor is nagy hangsúlyt fektettek a képzés mérnöki jellegére, mely hagyományt, a jogutódként működő Miskolci Egyetemen, elődjéhez hasonlóan, mind a mai napig megőriztek. A vegyésmérnökképzés esetében is kiemelt szerepet kap a mérnöki jelleg. A tananyag, az oktatók és az ifjú mentorok mérnöki munkája mellett a régió vegyipari óriásai, a Wanhua-BorsodChem, a Mol Petrolkémia, a Kischemicals, is támogatják ezt a jellegű képzést. Az ipari partnerek havonta orientációs megbeszélésre invitálják a hallgatókat, lehetőséget biztosítva ezzel, hogy a hallgatók az ipari gyakorlatot, és a diploma megszerzése utáni munkát már jól ismert közegben tudják elkezdni.

Az ifjú vegyésmérnök-hallgatóknak lehetőségük van részt venni a „duális képzésben”, mely egy olyan újszerű felsőoktatási forma, ahol a hallgatók ipari környezetben szerzik meg a mérnöki gyakorlati ismereteket, és ezáltal a friss diploma mellé többéves ipari gyakorlat is társul.

A „vegyipar szívében”, a Miskolci Egyetemen megszerzett vegyésmérnöki diploma, – a személyre szabott oktatással és a duális képzéssel – a hazai mérnökképzés olyan speciális formáját valósítja meg, mely a mérnöki ismeretekre fókuszálva kiemelkedően jó elhelyezkedési lehetőséget biztosít a friss diplomásoknak.

Lakatos János, Mizsey Péter, Viskolcz Béla

• • • • •

TUDOMÁNY

Szénhidrátokkal a fertőzések ellen

A baktériumok elleni védekezésben jelenthet előrelépést a Debreceni Egyetem kutatóinak felfedezése. Olyan vegyületeket állítottak elő, amelyek megakadályozhatják a kórokozók által okozott fertőzés kialakulását. Eredményeiket a „Chemistry – A European Journal” szaklapban publikálták.

Laboratóriumi körülmények között olyan szénhidrátalapú ligandumokat állítottunk elő, amelyek alkalmasak lehetnek arra, hogy a baktérium fehérjével kölcsönhatásba lépjenek, és megakadályozzák, hogy a baktérium megtapadjon az emberi szervezetben. Végeredményben a baktériumok fertőzőképességét tudják meggátolni – számolt be a kutatási eredményről Csávás Magdolna adjunktus.

A Debreceni Egyetem Gyógyszerésztudományi Kar Gyógyszerészeti Kémiai Tanszék tudósai a 2015-ben indult alap kutatás során a szénhidrátok szintézisét valósították meg, és fehérjékkel való kölcsönhatását vizsgálták. A kutatások a Természettudományi és Technológiai Kar szakembereivel közösen, valamint egy cseh biológuscsoport együttműködésével zajlottak.

Több különböző ligandumot is előállítottak, majd az alaposabb kölcsönhatás-vizsgálatok során találtak egy olyan vegyületet, amelyik nemcsak speciálisan egy, hanem több baktérium ellen is egyfajta univerzális „védekezőszerként” vethető be. A vizsgált speciális fehérjék a baktériumok és a vírusok felületén is megtalálhatók, így a kutatási eredmények akár terápiás módszerekhez, diagnosztikai eljárások fejlesztéséhez is hozzájárulhatnak.



HÍREK AZ IPARBÓL

Piacon a polimeráz láncreakcióhoz újonnan kifejlesztett Hot-Start polimeráz-technológia

A TargetEx Kft. 2016-ban több mint 56 millió forint vissza nem térítendő támogatást nyert a „Közös EU-s kezdeményezésekbe való bekapcsolódás támogatása” című, NEMZ_15 kódszámú pályázaton. A több mint 74 millió forintos összköltségvetésből az „Új Hot-Start (HS) polimeráz technológiák kifejlesztése a polimeráz láncreakcióhoz (PCR)” című kutatás-fejlesztési projekt valósult meg és fejeződött be sikeresen. A kifejlesztett termékek és a technológia a közeljövőben elérhető lesz a nemzetközi piacon. A különféle megbetegedések diagnosztizálása és a biológiai kutatások kapcsán folyamatosan növekszik a kereslet a PCR-reagensek iránt. A klinikusok gyakorta alkalmazzák a PCR-technológiát az orvosi diagnosztikában biomarkerek azonosítására, tumorok korai felismerésére, és egyéb kórképek diagnosztizálására is. Jelenleg minden, diagnosztikai és qPCR (real-time PCR) kitben előforduló PCR-reagens tartalmaz egy HS-módosított DNS-polimerázt. A HS-polimerázok kifejlesztésének két alapvető módszere van, az antitestkapcsolat, valamint a kovalens módosítás. A kovalens módosított polimeráz nem alkalmas gyors PCR-reakcióra, mivel a nem módosított enzimhez képest jóval alacsonyabb polimerizációs sebességgel rendelkezik. Az antitestkapcsolat-alapú a legelterjedtebb HS-eljárás: Az antitestek gyártásának legolcsóbb módja, ha a *Taq* DNS-polimeráz elleni antitestet termelő hibridómasejteket egerek hasüregébe injektálják, majd az antitesteket a képződő ascitest folyadékból tisztítják. Ez a módszer állatok feláldozását igényli, emellett a tisztítási protokoll is bonyolult és igen költséges. Sok esetben a komoly gyártók által előállított antitestek is az egerek genomi DNS-ével szennyezettek. A különböző gyártási tételek ezért kismértékben eltérőek lehetnek. Ez komoly problémákat okozhat a kutatási felhasználások során, a klinikai diagnosztikai vizsgálatok tervezésénél.

„A projekt célja új minőségi osztályt képviselő PCR reagens előállítás volt – mondta Cseh Sándor, a magyar biotechnológiai kisvállalat ügyvezetője. – A projekt két egymást kiegészítő tudásbázissal rendelkező, együttműködő kkv tevékenységét egyesítette: a polimeráz láncreakcióhoz szükséges reagens piaci termékfejlesztést, melyet az angol PCR Biosystems Ltd., illetve a fehérje-biokémiát, melyet a TargetEx végzett a projektben. A TargetEx sejt kultúrában termelhető HS-antitesteket fejlesztett ki, míg a PCR Biosystems olyan új HS-tesztet fejlesztett ki, amely segítségével egy automatizált szűrést terveztek és adaptáltak ipari alkalmazásra. A szűrés általánosan alkalmazható fehérjék HS-tulajdonságainak mérésére. A projekt sikeres megvalósítása végül kiváló minőségű HS PCR és qPCR reagens kifejlesztéséhez vezetett.”

„A projekt során kidolgozott HS PCR- és qPCR-reagensek kiváló HS-tulajdonságokkal rendelkező, állati szennyezéstől mentes, alacsony DNS-tartalmú diagnosztikai termékek, amelyek iránt igen megnőtt a kereslet az utóbbi években – magyarázta Lőrincz Zsolt, a TargetEx tudományos igazgatója. – Az új kitek a továbbfejlesztett HS-antitesteknek és az alacsonyabb DNS-tartalomnak köszönhetően jelentenek új minőséget. A sikeres együttműködés révén a PCR Biosystems és a TargetEx lesznek a projektből származó szellemi termékek közös tulajdonosai. Nemcsak a kifejlesztett termékeket vittük piacra, hanem más cégek szá-

mára is elérhetővé tesszük a keletkező szellemi tulajdont (tech-transfer). Az a törekvésünk, hogy a HS eljárásunk ipari szabvánnyá váljon.”

A projektben felmerülő költségek kb. 76%-át negyedrészen az Európai Bizottság, háromnegyedrészen az NKFI Alap forrásából finanszírozza a magyar kormány.

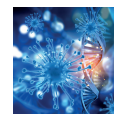
Cseh Sándor

• • • • •

Vegyipari mozaik

Gyógyszeripari nagyberuházás Magyarországon. A Ceva-Phylaxia Oltóanyagtermelő Zrt. új állatvakcina-gyártó üzem, valamint kutatási és fejlesztési központot épít a Pest megyei Monoron csaknem 10 milliárd forintból. A francia tulajdonú cég 8,17 milliárd forintos befektetését a kormány további 1,63 milliárd forinttal segíti. Az állami támogatást az indokolta, hogy az új üzem magasan képzett alkalmazottaknak fog munkát adni és innovatív technológiát hoz Magyarországra. Az állategészségügy ráadásul nemzetgazdasági jelentőségű ágazat, hiszen az állatállomány megbetegedése miatti kiviteli tilalmak jelentős bevételkieséseket okoznak.

A Magyarországon előállított gyógyszerkészítmények 84,5 százalékát külföldön értékesítik, a Ceva-Phylaxia azonban ennél is magasabb, csaknem 95 százalékos kiviteli arányt ér el a készítményeivel. A cég Magyarországon kívül csak Egyesült Államokban és Japánban folytat kutatási és fejlesztési tevékenységet, miközben a baromfi-oltóanyagok világpiacán a harmadik legnagyobb gyártó. (*origo.hu*)



Optofarmakológia: új irány a gyógyszerkutatásban. 599 millió forintos támogatású kutatási programot fejezett be Málnási Csizmadia András és kutatócsoportja, amely a világon egyedülálló kutatásokat végez az ELTE Biokémiai Tanszékén. A kutatók a Printnet Kft.-vel és a Semmelweis Egyetem kutatóival közösen dolgoztak.

Az optofarmakológia a gyógyszerkutatás új irányzata, amelynek segítségével a biológiailag aktív molekulák hatása célzott megvilágítással sejtszinten vagy akár ennél kisebb méretben lokalizálható, ami jelentősen csökkenti a molekulák nemkívánatos mellékhatásait.

A projekt eredményeként tucatnyi új fényaktiválható gyógyszer-származékot állítottak elő, valamint fejlesztettek egy olyan lézerhullámhossz-moduláló eszközt, amely megbízhatóan képes biztosítani a molekuláris tetoválási kísérletekhez szükséges speciális lézertípust. A kutatók eredményeik alapján arra számítanak, hogy az új eljárás a neurobiológia és a fejlődésbiológia területein is meghatározó szerepet fog betölteni. (*OTS-MTI*)



Potencianövelő étrend-kiegészítőt vont ki a forgalomból a Nébih: veszélyes gyógyszerhatóanyag-tartalma miatt tiltotta meg az Erotron nevű potencianövelő étrend-kiegészítő forgalmazását. A laboratóriumi vizsgálat tadalafilt és szildenafil mutatott ki a férfiak számára kifejlesztett étrend-kiegészítőben, noha az nem tartalmazhatna gyógyszerhatóanyagot. A keringési és idegrendszeri problémákat okozó hatóanyagokat élelmiszerben felhasznál-



nálni tilos, az ilyen készítmények kiadása Magyarországon orvosi rendelvényhez kötött.

A Nébih a készítményt forgalmazó Panda Vit Pharma Kft.-vel szemben élelmiszer-ellenőrzési bírságot szabott ki, és csak akkor engedélyezi számára újra a forgalmazást, ha bebizonyítja a készítmény hatóanyag-mentességét. (MTI)



A Richter és a Pantarhei licenc- és szállítási megállapodást kötött egy új, kombinált orális fogamzásgátló értékesítéséről. A vegyületet a Pantarhei fejlesztette ki, 30 µg ethinil est-radiolt, 150 µg levonorgestrelt és 50 mg dehydroepiandrosterone-t (DHEA) tartalmaz. A fejlesztés alatt álló készítmény, sikeres fázis II klinikai vizsgálat után, készen áll arra, hogy további klinikai vizsgálatokat folytassanak le a törzskönyvi engedély megszerzése érdekében. A megállapodás földrajzi hatálya Európára, Oroszországra, Latin-Amerikára, valamint Ausztráliára terjed ki.

A szerződés aláírásakor a Richter mérföldkő-kifizetést teljesít. Emellett, a termék fejlesztésének, valamint az értékesítés alakulásától függően a Pantarhei további mérföldkő-kifizetésekre is jogosulttá válik. Fentiekén túlmenően a termék piaci bevezetését követően a Pantarhei értékesítéshez kötött royalty kifizetésekre is igényt tarthat. A megállapodás értelmében a Richter felelős az előírt klinikai és engedélyezés utáni vizsgálatok valamennyi költségének finanszírozásáért.

A gyógyszer lehetővé teszi a Richter kiemelt nőgyógyászati portfóliójának a növelését. „A Richter a fogamzásgátlás új megközelítésének (ARC, azaz androgénpótlás a fogamzásgátlás során) piacra vitelében tökéletes partnere lehet a Pantarhei Bioscience-nek. A hormonális készítmények gyártásában és értékesítésében széles körben és hosszú távon megszerzett gyakorlata biztosítja a Pantarhei számára, hogy ez a kiemelkedő fontosságú új fogamzásgátló tabletta sikeres lehessen” – jelentette ki Herjan Coelingh Bennink, a Pantarhei Bioscience elnöke, az ARC megközelítés felfedezője.

Ritz Ferenc összeállítása

MKE-HÍREK

Konferenciák, rendezvények

Rendezvénynaptár – 2019

április 5–7.	LI. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny	Debrecen
április 23.	16. Magyar Magnézium Szimpózium	Kecskemét
május	MKE Biztonságtechnikai Szeminárium, 2019	
május	Tisztújító Küldöttközgyűlés	Budapest
június 24–26.	MKE Vegyészkonferencia, 2019	Eger
augusztus 26–29.	PERMEA 2019, Membrane Conference of Visegrad Countries	Budapest
október	Őszi Radiokémiai Napok	
november 21.	Kozmetikai Szimpózium 2019	Budapest

LI. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny

Debrecen, 2019. április 5–7.

VERSENYKÍRÁS: www.irinyiverseny.mke.org.hu

Permea 2019

2019. augusztus 26–29.

ELTE, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

Honlap és online jelentkezés: <https://www.mke.org.hu/>

PERMEA2019

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,

permea2019@mke.org.hu

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy

személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 673 982 forintot

utal át az APEH Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértenek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkánkkal. A felajánlott összeget ismételtén a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, a XVII. Országos Diákvagyész Napok, valamint a 2018-ban tizedszer 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 2018. 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 2019-ben az így befolyt összeget ismételtén a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, a LI. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, a 11. Kémikus Diákszimpozium, valamint a 2019-ben tizenegyedszer 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.

MKE egyéni tagdíj (2019)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy a **2019. évi tagdíj** befizetéséről szíveskedjenek gondoskodni annak érdekében, hogy a Magyar Kémikusok Lapját 2019 januárjától is zavartalanul postázhassuk Önöknek. A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:



• alaptagdíj:	9000 Ft/fő/év
• nyugdíjas (50%):	4500 Ft/fő/év
• közoktatásban dolgozó kémianár (50%):	4500 Ft/fő/év
• ifjúsági tag (25%):	2250 Ft/fő/év
• gyesen lévő (25%):	2250 Ft/fő/év

Tagdíjbefizetési lehetőségek:

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- az MKE Titkárságán igényelt csekken (mkl@mke.org.hu)
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/8.)

Banki átutalásos és csekkes tagdíjbefizetés esetén a **név, lakcím, összeg rendeltetése** adatokat kérjük jól olvashatóan feltüntetni.

Ahol a munkahely levonja a munkabérből a tagdíjat és listás átutalás formájában továbbítja az MKE-nek, ez a lista szolgálja a tagdíjbefizetés nyilvántartását.

Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2019. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2019. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönetet mondunk mindazoknak, akik 2018-ben kettős előfizetéssel hozzájárultak a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2019-ben is csatlakozzon a kettős előfizetés akcióhoz.

Jelölések egyesületi díjakra

Hagyományosan az MKE éves rendes Küldöttközgyűlésén, 2019 májusában kerül sor az egyesületi elismerések kiosztására. Az MKE Alapszabálya IV. 7.§ (2) bekezdése szerint: „Egyesületi elismerésre vonatkozó javaslatot tehet a szakosztály (ezen belül szakcsoport), a területi szervezet, vagy a munkahelyi csoport vezetője a szervezet vezetőségének javaslata alapján, valamint az Egyesületnek (Az Alapszabály) 20.§ (1) bekezdésében felsorolt bármely vezető tisztségviselője.” Utóbbiak az elnök, az alelnökök, a főtitkár, a főtitkárhelyettesek, az Intézőbizottság tagjai, a Felügyelő Bizottság elnöke és tagjai, az Etikai Bizottság elnöke és tagjai, valamint az ügyvezető igazgató.

Jelölés az MKE Díjszabályzat 2. melléklete szerinti JAVASLATI LAP kitöltésével tehető, amely letölthető az MKE-honlap (www.mke.org.hu) „Díjak, díjazottak→Díjszabályzat→MKE Díjszabályzat 2. melléklet” menüből. Javaslatoz a következő elismerésekre tehető:

Than Károly Emlékéremre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki az egyesületi élet fejlesztésében több éven át kiemelkedő tevékenységet fejtett ki.

Pfeifer Ignác Emlékéremre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki a vegyiparban (beleértve a gyógyszeripart) hosszú ideig (minimum 20 év) példamutató és eredményekben gazdag munkájával valamely iparág, vállalat vagy vezetése alatt álló részleg fejlődését számottevően elősegítette.

Preisich Miklós-díjra olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki az egyesületi életben és a vegyiparban (beleértve a gyógyszeripart) hosszú éveikig kiemelkedő tevékenységet folytatott.

Kiváló Egyesületi Munkáért oklevélre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki kiemelkedő társadalmi munkát végez az Egyesületben és minimum 5 éve (megszakításmentesen) tag.

Wartha Vince Emlékéremre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki **írásos pályázattal** bizonyítja, hogy a vegyészmérnöki alkotás terén kiemelkedő tevékenységet fejtett ki. A pályázatot több MKE-tagból álló csoport is benyújthatja. A pályázati feltételek a www.mke.org.hu honlapon olvashatók.

Náray Szabó István Tudományos Díj a kémia tudományában kifejtett kiemelkedő munkásságért adományozható. Aki az előző években már tett javaslatot, kérjük, erősítse meg azt, vagy a javaslati lapon ismételtén nyújtsa be.

A jelölések beküldési határideje: 2019. március 31.

A kitöltött JAVASLATI LAP, illetve a Wartha Vince Emlékéremre történő jelölés pályázata beküldhető

- elektronikusan, e-mail: **androsits@mke.org.hu**,
- levélben: **Magyar Kémikusok Egyesülete** (1015 Budapest, Hattyú u. 16.), ahol személyesen is leadható(k) a jelölés/jelölések.

Az MKE-tagsággal kapcsolatban felvilágosítással tud szolgálni Süli Erika (MKE Titkárság).

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL LXXIV. No. 3. March

CONTENTS

Dmitry Mendeleev's missing Nobel recognition	74
ISTVÁN HARGITTAI	
„New” double major teacher training programme at the ELTE Institute of Chemistry	76
LUCA SZALAY	
Theory and experiment in cooperation. An interview with theoretical chemist Gábor Czako	83
VERA SILBERER	
Expected and unexpected reactions of anticancer Vinca alkaloids	85
LÁSZLÓ HAZAI	
New syntheses in the „Chemistry 10” plant at Chinoin. Part II	87
CSABA HUSZÁR, FERENC SPERBER, FERENC GARAMSZEGI, GYÖRGY MIHALOVICS, and ATTILA NÉMETH	
Visiting the Paks Nuclear Power Plant	91
GÁBOR LENTE	
Elemér Papp, scientific founder of the Hungarian gallium production	94
ISTVÁN PRÓDER	
Science on stamps. The SI	97
LÁSZLÓ BOROS	
Chembits	98
GÁBOR LENTE	
The Society's Life	100
News of the Month	102

Helyesbítés

Februári számunk 45. és 48. oldalán Molnár Ferenc helyett tévesen Móra Ferenc szerepel.



Thermo Scientific:

AA, ICP-OES és ICP-MS spektrométerek

ED-XRF készülékek

Kompakt NMR spektrométerek

UV/látható spektrométerek

Automata fotometriás analizátorok

C, H, N, S, O elemanalizátor

FTIR, Raman és NIR spektrométerek, mikroszkópok

Hordozható Raman, NIR és XRF spektrométerek

GC, kvadrupol GC/MS és GC/MS/MS

Automatizált SPE és ASE mintaelőkészítők

HPLC, UHPLC, nano-LC

Kvadrupol és ioncsapdás LC/MS

Orbitrap hibrid HR/AM LC/MS és GC/MS

Ionkromatográfok

Kromatográfiás oszlopok, kiegészítők és fogyóanyagok

Thermo
S C I E N T I F I C
DISTRIBUTOR



Olympus:

Mikroszkópok

OLYMPUS
Your Vision, Our Future

Hitachi:

Elektronmikroszkópok

HITACHI

PS Analytical:

Atomfluoreszcenciás Hg, As, Se, stb. analizátorok

Trace Elemental Instruments:

TOC, TN, TS, TX, AOX meghatározók

HunterLab:

Színmérő készülékek

Peak Scientific:

Gázgenerátorok

iX Cameras:

Nagysebességű kamerák

