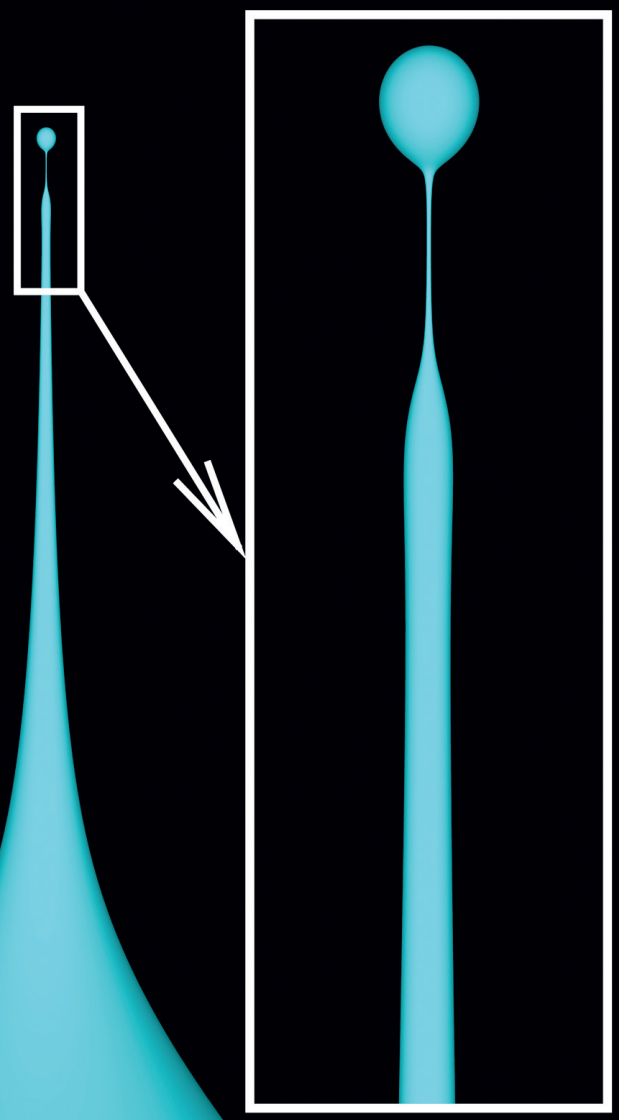
A TARTALOMBÓL:


- Imidazolinok szintézise
- Család és kutatás
- Kémiatanár-képzés az ELTE-n
- A periódusos rendszer a földtudományokban
- IgNobel-díjak
- Királyi kutatók


# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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

## Egy cseppnyi kémia



A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült

# UNICUBE elemanalizátor

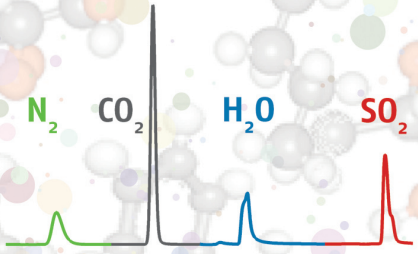
elementar Analysensysteme GmbH
EXCELLENCE IN ELEMENTS

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

## Elemanalízis soha nem volt egyszerűbb

## C - H - N - S - O - Cl

a szerkezetkutatás és a minőségellenőrzés nélkülözhetetlen eszköze




* TPD technológia: biztos elválasztás, éles peak detektálás
* digitális, zavarmentes mérőjel
* 10 év kemence-garancia !
* 10 év detektor-garancia !

- Extrém széles dinamikus méréstartomány: 0,1mg-1g
- Vakmentes golyóscsapos rendszer (szabadalmaztatva)
- Akár 12000:1-es C:N és C: S elemtartalom arányú minták meghatározása
- Egyetlen kalibráció minden mintára - évekig stabil
- Széleskörű variálhatóság és bővíthetőség
- Alacsony költségek, egyszerű kezelés
- Integrált 120 pozíciós automata mintaváltó
- Minimális és szerszám-mentes karbantartás
- Biztonságos, felügyelet nélküli automata működés, 24/7 órás, folyamatos üzem
- Szilárd és folyadék mintákhoz

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA
HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

*LXXIV. évf., 9. szám, 2019. szeptember*

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

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

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

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

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

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

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA
Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.
Nyomás: 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 számaink tartalma, az összefoglalók és egyesületi híreink, illetve archivált számaink honlapunkon (www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2019.09

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

## KEDVES OLVASÓK!

*Az elmúlt hat évben az a megtiszteltetés ért, hogy a nem akadémikus közgyűlési képviselők megbízásából a Magyar Tudományos Akadémia Elnökségének tagja voltam. Így közelről, az események résztvevőjeként tapasztalhattam meg azt a minden túlzás nélkül heroikus küzdelmet, amit az MTA vezetői és Elnöksége a kutatás szabadságának megőrzéséért folytatott. A részletekkel minden bizonnyal sokan tisztában vannak, ezért csak néhány momentumot érdemes feleleveníteni. Kezdődött minden 2018-ban, amikor az MTA-kutatóhálózat támogatását miniszteri hatáskörbe tették át. Palkovics László miniszter (Innovációs és Technológiai Minisztérium) kezdetben többször kijelentette, hogy ez pusztán technikai ügy, a kormánynak nem áll szándékában az intézményi autonómia csorbítása, sőt szóba se jöhet az intézmények kivonása az MTA alól. Később egy Palkovics által jegyzett munkaanyag elismerően minősítette az MTA kutatóhálózatának teljesítményét. Ma már tudjuk, a valódi szándékok nem is lehettek volna távolabb a deklarációktól. Persze már a kezdetek kezdetén gyanakvásra adott okot, hogy az MTA 54 percet kapott a támogatás einstandolását megalapozó törvény véleményezésére. Palkovicsnak miniszterként, de az MTA rendes tagjaként is tisztában kellett lennie azzal, hogy ennyi idő alatt képtelenség felelős véleményt mondani, azaz az egész színjáték csakis az MTA alázását szolgálta.*

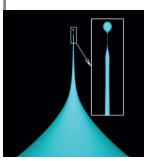
*Az elmúlt év történései pontos korrajzot (inkább kórrajzot) adnak hazai viszonyainkról. Az ügyben számos, a magyar tudományosság jövőjéért felelősséget érző testület és személy megnyilvánult, számtalan külföldi szervezet és tudós biztosította támogatásáról az MTA-t (lásd MTA honlapja), a Lendület-kutatócsoportok vezetői többször is kiálltak a tudományos értékrend mellett, az Akadémiai Dolgozók Fóruma is világosan kinyilvánította, hogy a kutatóhálózat hatékony működése csak az MTA fennhatósága alatt képzelhető el. Emellett a tekintélyes német tudományos szövetségek a leghatározottabban cáfolták Palkovics állítását, miszerint a tervezett átalakítások valamiféle német modellnek felelnek meg. Időközben már a miniszter is visszakozott, de akkor mi az átalakítás alapja? Mindegy is! Az észérvek, a nemzetközi példák, a tiltakozások és az MTA melletti kiállások ellenére is érvényesült a nyers politikai akarat. A Parlament 2019. július 2-án elfogadta az MTA kutatóintézeti hálózatát megsemmisítő törvényt és létrehozta az egyelőre csak papíron létező Eötvös Loránd Kutatási Hálózatot.*

*Az ügyben a Magyar Kémikusok Egyesülete is megfogalmazott egy állásfoglalást, amiben kiáll a kutatás autonómiája és a tudomány alapértékei mellett (lásd az MKL megelőző számát). Időközben megérkezett Palkovics válasza is, ami a mostani számban található. Nos, a válasszal nem vagyunk beljebb. A levél megállapítja, hogy hazánk innovációs teljesítménye siralmas (sajnos ez igaz), de kísérletet sem tesz arra, hogy világosan megfogalmazza, milyen módon javítják az innovációs teljesítményt és mennyiben biztosítják a minőségi kutatómunka feltételeit a tervezett változások. Ebben persze semmi meglepő nincs. Az elmúlt egy év alatt egyetlen elemzést sem hoztak nyilvánosságra arról, hogy mik az említett innovációs deficit okai és hatástanulmányok sem ismertek arról, hogy az MTA kutatóhálózatának elvétele milyen módon fogja javítani a helyzetet. Különösen érdekes lenne annak a kérdésnek a tisztázása, hogy ösztönző-e az innovációs környezet a gazdasági szféra számára. Sokak szerint nem! Pedig köztudott, hogy fejlesztésre „éhes” partnerek nélkül a legtehetségesebb és legmotiváltabb kutatók sem képesek innoválni. Bízzunk abban, hogy ezt a miniszter is érti!*

*Fábián István*
*egyetemi tanár*
*az MKE Intézőbizottság tagja*

## TARTALOM

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY
**Huszár Csaba, Kis-Tamás Attila, Gajáry Antal:** Imidazolinok szintézise 266
**Braun Tibor:** Egy cseppnyi kémia. Folyadékfázisú reakciók ultramikrotérfogatban 271
A család és a kutatómunka összhangja. Beszélgetés **Csapó Edit** L'Oréal-díjas kutatóval 275
KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM
**Riedel Miklós, Rózsahegyi Márta, Wajand Judit:** Kémiatanár-képzés az Eötvös Loránd Tudományegyetemen a 2000-es évekig 277
AZ ELEMEK PERIÓDUSOS RENDSZERÉNEK NEMZETKÖZI ÉVE
**Raucsikné Varga Andrea Beáta:** A periódusos rendszer jelentősége a földtudományokban: a (geo)kémiai ismeretek bázisa 282
KITEKINTÉS
**Silberer Vera:** Királyi kutatók. Tudományos akadémiák születése 286
**Lente Gábor:** A 2018-as IgNobel-díjak: szív küldi szívnek 288
ISMERETTERJESZTÉS
**Boros László:** Filatéliai kalandozások. A drágakövek varázsa 289
VEGYÉSZLELETEK
**Lente Gábor** rovata 290
EGYESÜLETI ÉLET 292
A HÓNAP HÍREI 293



**Címlapunkon:** Cseppképzés folyadékból elektromos tér hatására. A kép matematikai modellezés alapján készült (Purdue University, School of Chemical Engineering)

Huszár Csaba – Kis-Tamás Attila – Gajáry Antal
Sanofi-Chinoin Zrt.

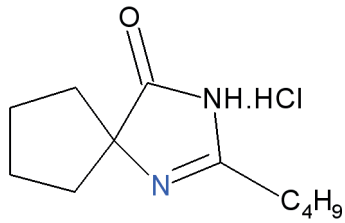
# Imidazolinok szintézise

A Chinoin történetében 1991-ben kardinális változás történt: privatizálták. Az új tulajdonos első intézkedései közé tartozott, hogy belenyúlt a termékstruktúrába, és olyan élvonalbeli termékeket, mint az Albendazol, Ethambutol, Nalidixsav, Norfloxacin, Flumequin, Ciprofloxacin, valamint a növényvédő szerek, kidobott a hajóból. Ezzel párhuzamosan született egy másik döntés is, miszerint a megmaradó gyártásokat koncentrálják egy újonnan kialakítandó, ún. többcélú üzemben (multi purpose plant; MPP). Ez kb. két év alatt el is készült, de ennek végére az új tulajdonosnál bevett gyakori vezetőváltás következtében a korábbi döntéshozók már nem voltak potens helyzetben, az újak pedig tovább „racionalizáltak”, aminek az lett a vége, hogy az elkészült új üzemcsarnokban nem lett mit csinálni. Ekkor komolyan előtérbe került annak lehetősége, hogy a Chinoinban megszüntetik a kémiai gyártást, s az a jövőben csak disztribúciós központként fog funkcionálni.

Ebben a meglehetősen faramuci helyzetben az új tulajdonos, „jóindulata” jeleként, mint egy mentőövet, felajánlott egy molekulát, amely a karrierje elején levő vérnyomáscsökkentő, az *Irbesartan* gyártásának egyik intermediere volt. Ezzel együtt azonban meghatározta a peremfeltételeket is. Kaptunk egy technológiát reprodukcióra, amellyel dolgozva az anyagköltség kb. 840 FF (francia frank) lett volna. Közölték velünk, hogy van egy ajánlatuk a Lonzától 320 FF-ra, s ha mi 300 FF alá tudunk menni, akár egy új technológia kidolgozása révén is, és ezt bele tudjuk applikálni az ürességtől tátongó MPP-be évi 110 t kapacitással, akkor elállnak eredeti szándékuktól. Erre kaptunk kegyesen 3 hónapot.

Mi, újkori „végvári vitézként” lenyúltunk ez elébünk dobott kesztyűért, és a rendelkezésünkre álló rövid idő alatt 3 olyan új eljárással rukkoltunk elő, amelyek mindegyike később még az USA-ban is szabadalmi oltalmat nyert. Ebből kettő analógiák alapján született, egy viszont egy új kémiai gondolat gyermeke volt. Közös volt bennük, hogy mindegyik magában hordta annak a lehetőségét, hogy a gyártási költség 300 FF alatt maradjon, és betelepíthető legyen a kész üzembe. Az alábbiakban a „vajúdás” idejéről szeretnénk beszámolni.

A célmolekula akkor az SR 48001/A kódjelű, kémiai nevén 2-butil-1,3-diazaspiro[4,4]non-1-én-4-on hidroklorid **(1. ábra)**, volt. Ez a vegyület az Irbesartan szintézisének harmadik intermediere.




**1. ábra. Az SR 48001/A képlete**

Az Irbesartan eredeti totálszintézise **(2. ábra)** az intermediereket illetően alig változott az évek során, az intermedierek előállítására kidolgozott módszerek viszont igen. Valamilyen módosítás mindegyik gyártásánál történt, amelyek oka minden esetben költségcsökkentés volt.

Az első lépésénél, az aminonitril előállításánál annyival változtattuk az eredeti *Stadnikov–Zelinszkij*-módszert, hogy ammónium-klorid helyett ammónium-acetátot használtunk annak okán, hogy az acetátok oldékonysága kb. négyszerese a kloridénak, s ezáltal töményíteni lehetett a reakcióelegyet, megháromszorozva ezzel a kapacitást.

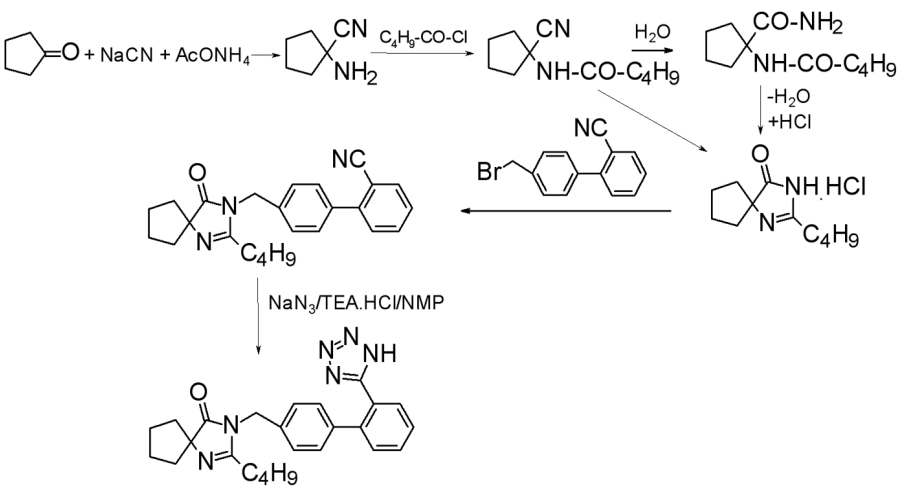
Az amino-nitrilek szintézisekor mindenkor keletkező diketopiperzin szerkezetű szennyeződések eltávolítására újszerűen alkalmaztunk egy lúgos extrakciót **(3. ábra)**.

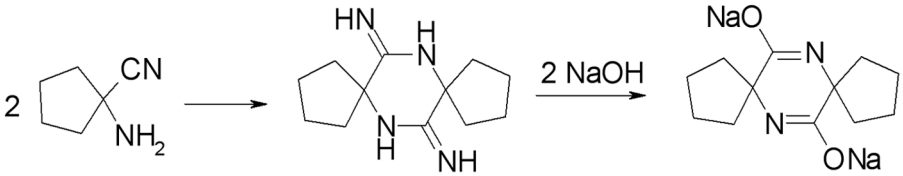
Az eredetileg abszolút közegben kivitelezett acilezési reakciót kétfázisú, a *Schotten–Baumann*-módszer által meghatározott körülmények között hajtottuk végre. Ez technológiai egyszerűsítést jelentett.

A következő lépés az imidazolinongyűrű kialakítása. A reprodukcióra rendelkezésünkre bocsátott eljárás szerint az aminonitrilt 96%-os kénsavban aminosavamiddá alakítják, ezt kipreparálják, majd acilezik, végül tömény lúgos közegben alakítják ki a gyűrűs szerkezetet. E módszer legnagyobb korlátja a nagy tömegű kénsav semlegesítése, amelyet a kevertethetőség miatt kell nagy feleslegben alkalmazni. Kicsi a térfogategységre vonatkoztatott kapacitás, és nagy ráfordítást igényel a szennyvizek kezelése (1 kg termék előállítása során 38 kg sóoldat keletkezik, amit, jobb híján, jó pénzért el kell „égettetni”).

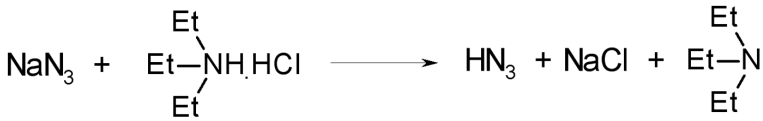
A megfelelő benzil-bromidot először dibrómdimetil-hidantoinnal gyökkeltő jelenlétében szintetizálták. Ma egy fotokémiai reakciót alkalmaznak, amelyhez az

**2. ábra. Az Irbesartan totálszintézise**

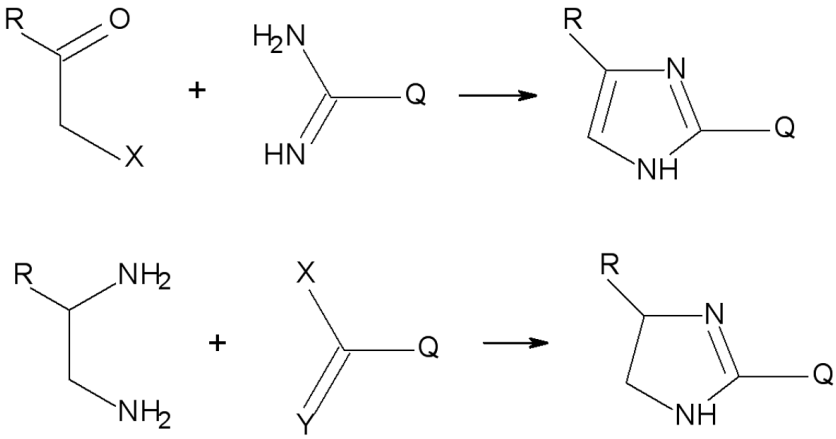




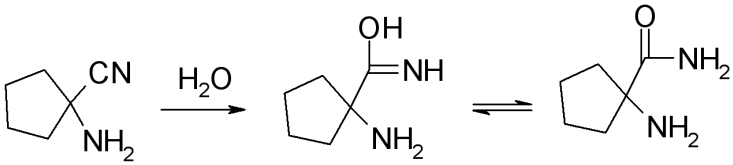

**3. ábra. Diketopiperazin kinyerése**




**4. ábra. Azoimid generálása**




**5. ábra. Imidazol(imidazolin)-gyűrű kialakítása**




**6. ábra. 1-Amino-ciklopentán-karbonitril hidrolízise**

elemi brómot hidrogén-bromidból perbromátos oxidációval nyerik.

Az N-benzilezést diklór-metánból és vizes kálium-hidroxid-oldatból képzett kétfázisú rendszerben valósítják meg.

A tetrazolgyűrű kialakítását nátrium-azid és trietilamin-sósavsó cserebomlásában keletkező azoimid addíciójával hajtják végre **(4. ábra)**, célszerűen ez utóbbival komplex képződésére alkalmas oldószerben (NMP, DMF) a TEA és az azoimid forráspontja feletti hőmérsékleten (Kb. 135 °C).

A tetrazolgyűrű kialakítása után a nyersterméket kinyerik, amit aztán átkristályosítanak.

## Imidazolinongyűrű kialakítása új reakciókkal

Ezen kitérő után térjünk vissza az alapproblémához, az SR 48001/A kódjelű imidazolinongyűrűt tartalmazó molekula szintéziséhez.

Az imidazol(imidazolin)-gyűrűt viszonylag egyszerűen kétféle módon lehet kialakítani.

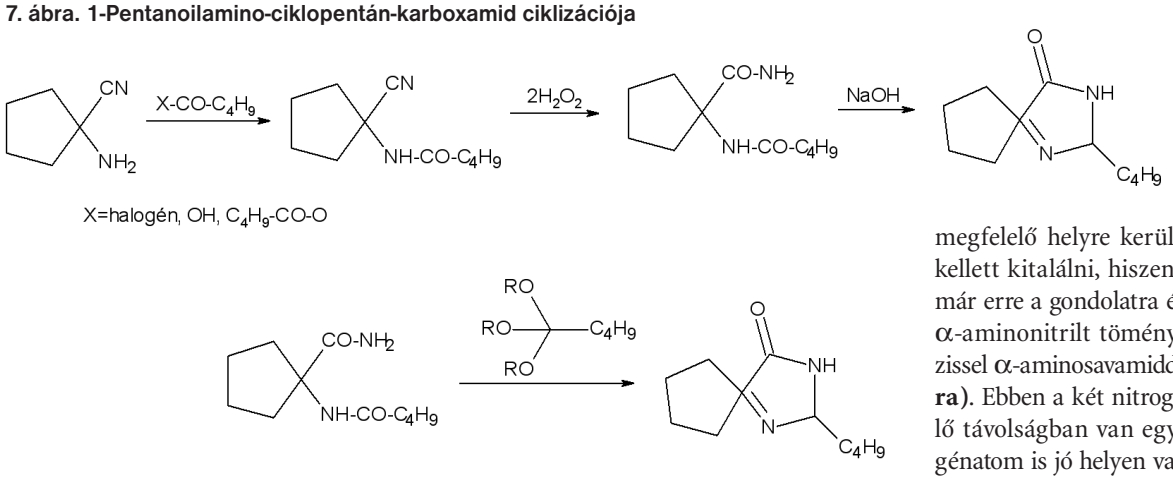
Az egyik szerint egy amidint reagáltatnak egy α-hidroxi- vagy α-halogén-ketonnal (X = OH, halogén). A másik módszernél egy 1,2-diamin típusú molekulát hoznak össze egy karbonsavval, vagy annak valamelyik származékával: savkloriddal, imidsavkloriddal vagy ortoészterrel (X = OH, halogén; Y= O, NH, 2 RO) **(5. ábra)** [1].

A fentebb bemutatott két reakció által kínált lehetőségek közül az előbbit az első körben félretettük, mert az aromás rendszerhez vezet, nekünk pedig 2-imidazolinszerkezetre volt szükségünk. A szűk három hónapos időkeret nem adott lehetőséget az elmélkedésre. Pedig első közelítésben szimpatikusnak tűnt ez a megoldás, mert amidinek előállításában nagy gyakorlatunk volt, amelyre a $B_1$-vitamin és az Amprolium gyártásakor tettünk szert.

A második megoldás adaptációját nehezítette, hogy a 2-imidazolin-gyűrű 4-es pozíciójában végül egy oxo-helyettesítésnek kell lenni. Ez a szerkezet legegyszerűbben úgy alakítható ki, hogy az oxigénatomot egy karboxilcsoport (vagy annak reakcióképes származéka: savklorid, észter, amid) hordozza. Továbbá jól hasznosíthatók erre a célra a karboxilcsoportnak heteroanalóg változatai (nitril, imidsavészter, amidin) is.

Az említett előfeltételnek megfelelni látszott az ismertetett Irbesartan-gyártástechnológia első intermediere, az 1-aminociklopentánkarbonitril, amelyben a nitrogénatomok formailag a kívánatos 1,2-helyzetben vannak, továbbá a nitrilcsoportot úgy lehet alakítani, hogy az oxigénatom a megfelelő helyre kerüljön. Ezt már nem kellett kitalálni, hiszen az átadott eljárás már erre a gondolatra épült fel, amikor az α-aminonitrilt tömény kénsavas hidrolízissel α-aminosavamiddá alakította **(6. ábra)**. Ebben a két nitrogénatom a megfelelő távolságban van egymástól, és az oxigénatom is jó helyen van.

**7. ábra. 1-Pentanoilamino-ciklopentán-karboxamid ciklizációja**

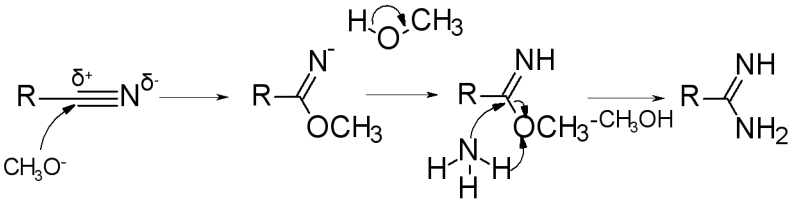


A savamidból többféle reagenssel el tudtuk végezni a ciklizációt. Így alkalmaztunk valeriánsavat és ennek származékait: savhalogenidet, észtert, anhidridet és ortosavésztert [2][3] **(7. ábra)**.

A hangsúly ezután a miről áttevődött a hogyanra: miképpen lehetne megszabadulni attól a töméntelen mennyiségű kénsavtól és a használatából eredő következményektől, amelyet a savamid előállításánál alkalmaznak? Nem lehetne-e valamilyen frappáns módon a nitrilt amiddá konvertálni?

Először megint a tudástárból merítettünk. Nitrilek savamiddá történő konvertálásának egyik egyszerű és hatékony módja a hidroxidionnál reakcióképesebb peroxidanionnak a nitrilre történő addíciója, majd a kapott peroxisavnak egy másik molekula peroxidmolekulával való redukciója. Ezt a reakciót az acilezezett aminonitrillel kellett kivitelezni, elkerülendő az oxidációra érzékeny primer aminocsoport károsodását. Oxidálószerként alakalmaztunk hidrigénperoxid-oldatot, s ennek molekulavegyületeit: nátriumperkarbonátot, nátrium-perborátot és hyperolt **(7. ábra)** [2].

Közben tovább tépelődtünk, s valami megint beugrott a történelemből. Mint azt korábban már említettük, a $B_1$-vitamin és az Amprolium szintéziseiben intermedierként amidinek jelentek meg. Ennek okán tudtuk azt, hogy imidsavésztereket nemcsak a savas miliőben kivitelezett *Pinner*-reakcióval, hanem lúgos közegben alkoholátaddícióval is elő lehet állítani **(8. ábra)**.




**8. ábra. Amidinek előállítása alkoholáttal**

Ezek kíméletes hidrolízise viszont már a hőn óhajtott savamidhoz vezethet bennünket. Tovább gördítve a gondolatot, ha helyesen értelmeztük az imidsavészterek képződését, akkor célszerű lenne az acilezést nem az amidon, hanem a nitrilen elvégezni, mert ily módon elkerülhetnénk egy mellékreakciót, a szekunder savamid keletkezését. Az már minden képzeletet felülmúlna, ha a lúgos közegben kialakított N-acilamino-karbonsavamidot ugyanabban az edényben ciklizációra is bírnánk. Erre megvan minden esély, hiszen az eredeti Irbesartan-szintézisben így valósítják meg az imidazolinongyűrű kialakítását.

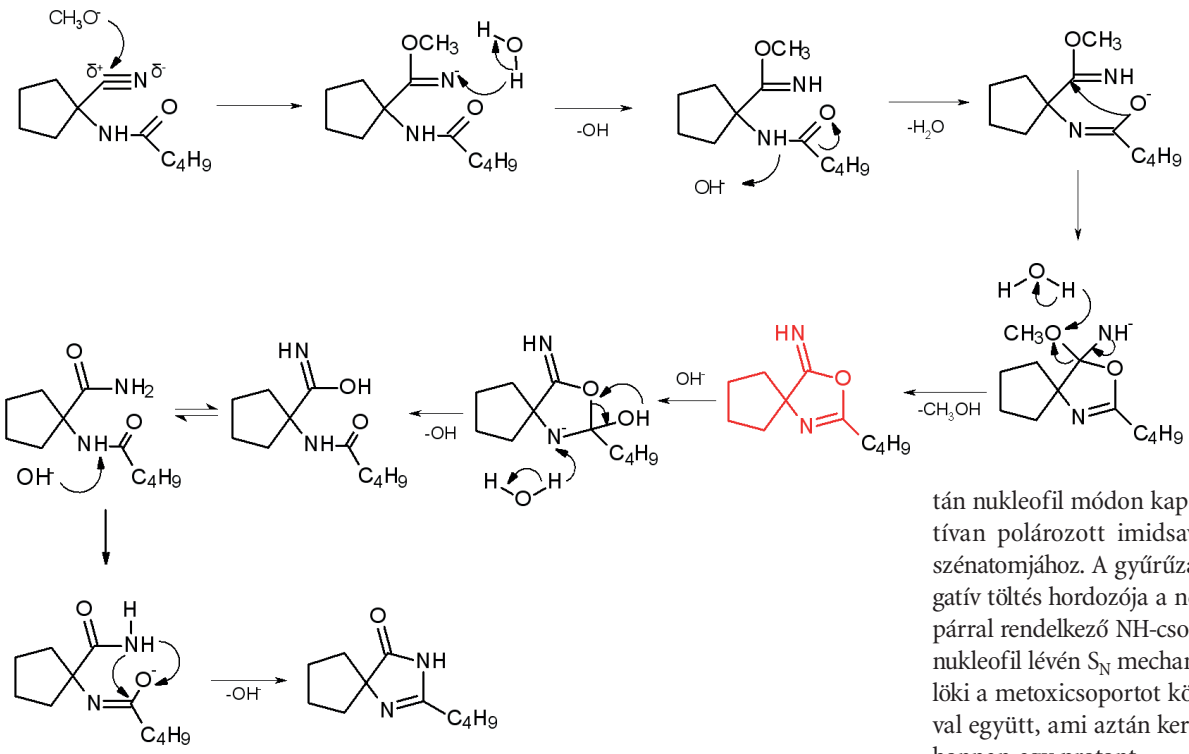
Némi irodalmi tájékozódás és megerősítés után összeállt egy *csodálatos* kép, amelyet a **9. ábra** képletsorával tudtunk illusztrálni.

A reakciót célszerűnek tartottuk metanol és 40%-os nátrium-hidroxid elegyében kivitelezni. Ekkor lehet számolni metilátanionok jelenlétével az alábbi egyensúly szerint:

$$CH_3OH + Na^+ + OH^- \rightleftharpoons CH_3O^- + Na^+ + H_2O$$

A nukleofil karakterű alkoholátanion azután képes addicionálódni a nitrilcsoport pozitívan polározott szénatomjára. Az így keletkezett negatív töltésű iminion nemcsak erős nukleofil, hanem nagyon erős bázis is, ezért környezetéből magához ragad egy protont, amely származhat az oldószerből is, és létrejön az imidsavészter szerkezeti elem.

De közben történik valami az acilaminocsoport környezetében is. A rá jellemző amidszerkezetben a nitrogénatom nemkötő elektronpárja enged a C=O csoport csábításának, és delokalizálódik a három atomtörzsön, amelynek eredményeként a nitrogénen elektronhiány, az oxigénen elektronfelesleg fog jelentkezni. Ennek mozgatórugója nemcsak az oxigénatom erősebb elektronvonzása, hanem a nagyobb mozgási szabadságra vágyó delokalizálódási kedv is. A nitrogénatom úgy próbál segíteni magán elektronhiányos állapotában, hogy magához vonzza a hidrogénatom kötő elektronpárját, polarizálja az N–H kötést. Ennek következményeként egy erős bázis, pl. hidroxidion, hatására a proton lehasadhat. A visszamaradó negatív töltésű amidionban a legnagyobb elektronsűrűség az oxigénatom környezetében van, amely aztán nukleofil módon kapcsolódhat a pozitívan polározott imidsavészter centrális szénatomjához. A gyűrűzáródás után a negatív töltés hordozója a nemkötő elektronpárral rendelkező NH-csoport lesz. Ez erős nukleofil lévén $S_N$ mechanizmus szerint lelöki a metoxicsoportot kötő elektronpárjával együtt, ami aztán kerít magának valahonnan egy protont.




**9. ábra. Imidazolinongyűrű kialakulása. 1. hipotézis**

A képződött 2-oxazolin-gyűrűben nem nehéz felfedezni az imidsavészterekre jellemző kötésrendszert, aminek következményeként a centrális szénatom erősen elektrofil karakterű, amelyre könnyen addicionálódhat egy nukleofil hidroxidion. Az így keletkező ciklofélacetál gyűrűje azonban spontán felnyílhat, mert ezek képződése jellemzően egyensúlyi folyamat. A nyitott szerkezetben előálló negatív töltésű amidion egy proton felvételével stabilizálódhat. E folyamatok végeredménye a hőn áhított α-acilamino-karbonsavamid lenne, amely lúgos miliőben 4-oxo-2-imidazolin-gyűrűvé záródhat. Ha a molekulák tudják az általunk elképzelt kémiát, akkor egy egyedényes reakcióban nitrilből kiindulva lúgos közegben eljuthatunk a 2-butil-1,3-diaza-spiro[4,4]non-1-én-4-on célvegyülethez.

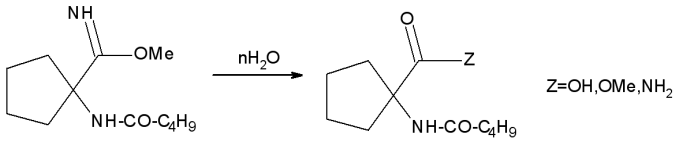
Tekintettel arra, hogy a hidroxidionok hidrogénkötésekkel jobban tudnak szolvatálódni, mint a metoxidionok, a reakcióelegyet úgy komponáltuk meg, hogy összetétele 80% metanol és 20% víz legyen (kb. 25 molekula metanolra 1 molekula víz). A kiindulási 1-cian-1-pentanoilamino-ciklopentán koncentrációját ebben az elegyben kb. 30%-ra állítottuk be.

A kísérletek azt mutatták, hogy célszerű a reakciót két hőmérsékleten futtatni: először 30 percig 50–60 °C-on, majd 2,5 órát refluxértéken. A reakcióelegy lúgosságát ammónium-klorid adagolásával tompítottuk, a terméket a reakcióelegyből toluollal extraháltuk, az extraktumról az oldószert lehajtottuk, a maradékot acetonban felvettük és cc. sósavoldat adagolásával kicsaptuk a 2-butil-1,3-diaza-spiro[4,4]-non-1-én-4-on hidrokloridsót. A termelés 60–62% között mozgott.

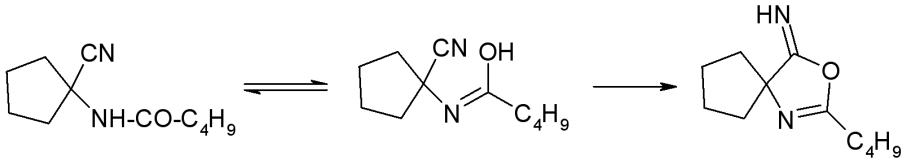
A laboratóriumi munka után 2 hónapon belül elvégezték az eljárás kísérleti üzemi üzemesítését és kidolgozták a minősítést szolgáló analitikai szabványokat, majd rá egy hónapra elkezdődött a nagyüzemi termelés 420 kg-os gyártási tételekben. Üzemi kollégák ezt rövidesen 800 kg fölé tornázták. A Chinoin megmenekült a bezárástól!

A gyorsított tempójú munka ideje alatt néhány kérdés, amely a feltételezett reakciómechanizmusra vonatkozott, nyitva maradt. Amikor már volt időnk ezekre visszatérnünk, megpróbáltuk a választ megkeresni.

Érdekes tapasztalat volt, hogy az első melegítési ciklusban a reakcióelegyből vett minták VRK-s kromatogramját uralta egy nagy kiterjedésű, intenzíven fluoreszkáló folt, amely a reflux ideje alatt eltűnt a rendszerből. Ez azt súgta nekünk, hogy átmeneti termékkel van dolgunk. Vajon mi lehet ez?




**10. ábra. Imidsavszármazékok hidrolízise**




**11. ábra. 2-Butil-3-aza-1-oxo-spiro[4,4]non-1-én-4-imin-hidroklorid képződése**

A másik kérdés, ami foglalkoztatott bennünket, az volt, hogy a reakcióelegyben sem VRK-s sem HPLC-s vizsgálattal nem tudtunk detektálni olyan komponenst, amely ciklopentán-karbonsavra utalt volna. Azt elképzelhetetlennek tartottuk, hogy ha az imidsavészter reális intermediere a folyamatnak, belőle a lúgos forralás ideje alatt ne keletkeznének az előbb említett származékok együtt vagy magánosan **(10. ábra)**.

Megerősítendő feltételezésünket más módon 1-pentanoilamino-ciklopentán-karbonsavat és annak metilészterét szintetizáltuk, és ezek jelenlétét kutattuk a reakcióelegyben az említett módszerekkel, de nem találtuk. Akkor viszont baj van az általunk feltételezett reakciómechanizmussal!

Ezután a reakciót szobahőfokon katalitikus mennyiségű nátrium-hidroxiddal indítottuk. A VRK-s kromatogramban ekkor is megjelent a magasabb hőmérsékleten később fantomizálódó folt. Ekkor a reakcióelegyet ecetsavval neutralizáltuk, ugyanezen a hőfokon finom vákuumban bepároltuk, a maradékot acetonban felvettük, és a kapott oldatot derítés után sósavgázzal telítettük. Fehér kristályos anyagot kaptunk, amelyet elemanalízis, IR-, $H^1$NMR- és tömegspektrum alapján 2-butil-3-aza-1-oxo-spiro[4,4]non-1-én-4-imin- hidrokloridként sikerült azonosítottunk **(11. ábra)**. Üstökön ragadtuk a fantomot!

Ezt követően az így szintetizált anyagot az eredeti oldószerelegyben nátrium-hidroxid feleslegével forraltuk, majd a feldolgozás végeztével 2-butil-1,3-diaza-spiro[4,4]-non-1-én-4-on-hidrokloridhoz jutottunk, tehát a célvegyülethez, az SR 48001/A kódjelű intermedierhez.

Ezután nem maradt más hátra, mint hogy új értelmezését adjuk a lejátszódott átalakulásnak **(12. ábra)**.

Újra átgondolva a folyamatokat lehetségesnek tűnt, hogy a nitrilcsoport pozitívan polározott szénatomját nukleofil módon nemcsak az alkoholátanion támadhatja, hanem az a negatív töltésű amidion is, amely úgy keletkezhet, hogy a delokalizáció miatt lazított N–H kötésről egy erős bázis, nevezetesen egy hidroxidion, lehasítja a protont. Ilyenképpen kialakulhat az a piros színnel jelzett 4-imino-2-oxazolin-szerkezet, amely az előző értelmezésben is előtérbe került. Ebből aztán a már korábbi hipotézis szerint eljuthatunk a célvegyülethez. Ez az értelmezés már választ ad arra a korábban felvetett kérdésre is, hogy miért nem találunk ciklopentán-karbonsavat a reakcióelegyben.

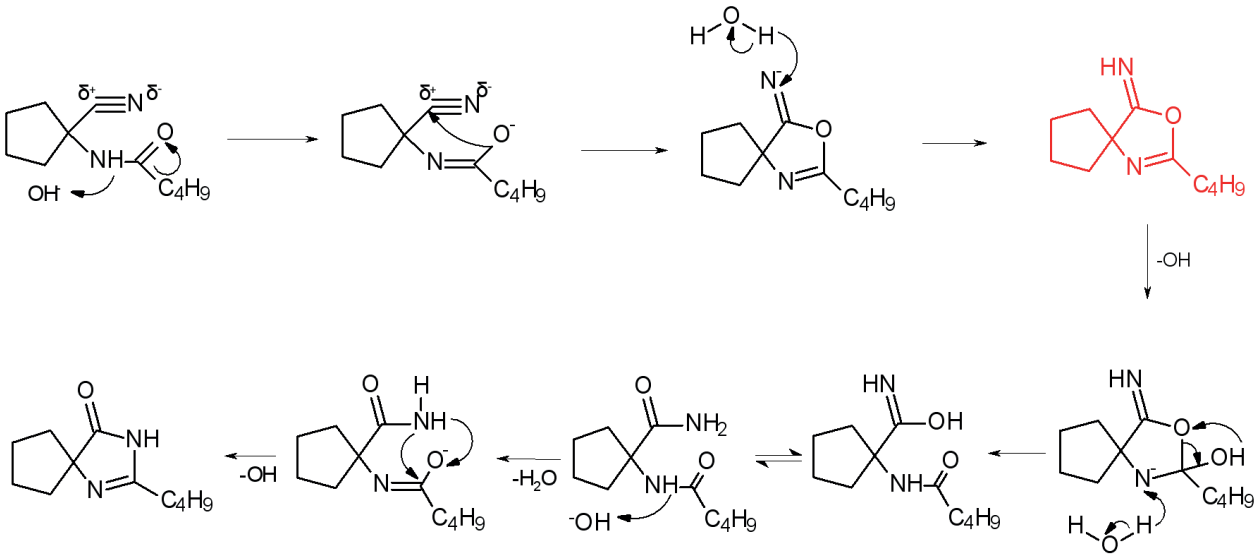
Tudománytörténeti érdekességként elmondható, hogy a képletsorban megjelenő félacetál típusú molekula intermediere a *Bruckner Győző* által felfedezett, β-aminoalkoholok monoacilezett származékainál észlelt reverzibilis N↔O acilvándorlásnak. Ez volt az elindítója a magyar sztereokémiai kutatásoknak.

A 2-oxazolin-szerkezet megjelenése adhat magyarázatot arra a korábban már jelzett kísérleti megtapasztalásra, hogy célszerű az 2-imidazolin-gyűrű kialakítását két eltérő hőmérsékleten elvégezni.

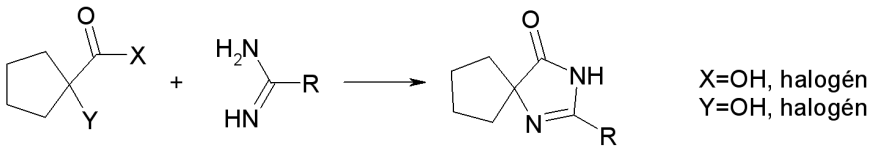
Ismert az a tény, hogy a 2-es helyzetben szubsztituálatlan 2-oxazolinok a gyűrű feszültsége miatt már a gyengén nukleofil vizet is képesek addicionálni, aminek folyományaként a képződött ciklofélacetál gyűrűje spontán módon fel is nyílhat.

Ettől eltérő a helyzet a 2-alkil-2-oxazolinok esetében. Az alkilcsoportok elektronküldő hatása miatt az elektronsűrűség már nagyobb a gyűrűs szénatomon, mint a nem helyettesített molekulában. Ezért van az, hogy az ilyen típusú vegyületek esetében magasabb hőmérséklet igényeltetik gyűrű felhasításához még lúgos közegben is [5].

A kísérleti adatokra támaszkodva tudtunk egy új értelmezését adni ennek az *új 2-imidazolin-gyűrűkialakítási módszer-*




**12. ábra. Imidazolinongyűrű kialakulása. 2. hipotézis**




**13. ábra. Imidazolinongyűrű kialakítása amidinnel – 1**

*nek*. Ennek óriási előnye, hogy a nitrilből nem kell külön eljárásban szintetizálni az amidot, mert belőle közvetlenül is kiváltható a 4-oxo-2-imidazolin-gyűrű kialakulása 2-oxazolin intermedieren keresztül. Ez az átrendeződési folyamat idáig ismeretlen volt a kémiai reakciók között [4].

Ha a vegyész agyába beveszi magát egy *röpke gondolat*, nehéz azt onnan kiűzni. Már említettük, hogy elég jó tájékozottsággal bírtunk az amidinek szintézisét illetően, és izgatott bennünket a kérdés: hogyan lehetne ebből valami hasznot kovácsolni, hiszen az irodalmi példák alapján ezekből könnyen lehet fabrikálni imidazolokat, ha azokat egy α-hidroxi- vagy α-halogén-ketonnal (X = OH, halogén) reagáltatjuk. A baj csak az, hogy ezekkel a reagensekkel soha nem jön létre az igényelt 4-oxo-2-imidazolin-szerkezet. Akkor viszont változtatni kell valamit rajtuk, hogy célba is jussunk.

Formailag a következő látszott a szerkezeti képletek alapján. Az aromatizáció oka az, hogy a karbonilcsoport oxigénje reagál az amidin egyik felével vízkilépés közben (nukleofil addíció, elimináció), ami nekünk rossz. Ha viszont a karbonil-szénatomhoz csatlakozó alkilcsoportot hidroxilra cserélnénk, azzal kettős célt érnénk el. Az így megkonstruált karboxilcsoportban már nem az oxigénatom lenne a reaktív részlet, hanem a hidroxil, és ezzel az eljárással a 4-oxo-helyettesítésnek is jól meg tudnánk ágyazni. Röviden: α-hidroxi- vagy α-halogén-keton helyett α-hidroxi-vagy α-halogénsavat kell bevetni **(13. ábra)**.

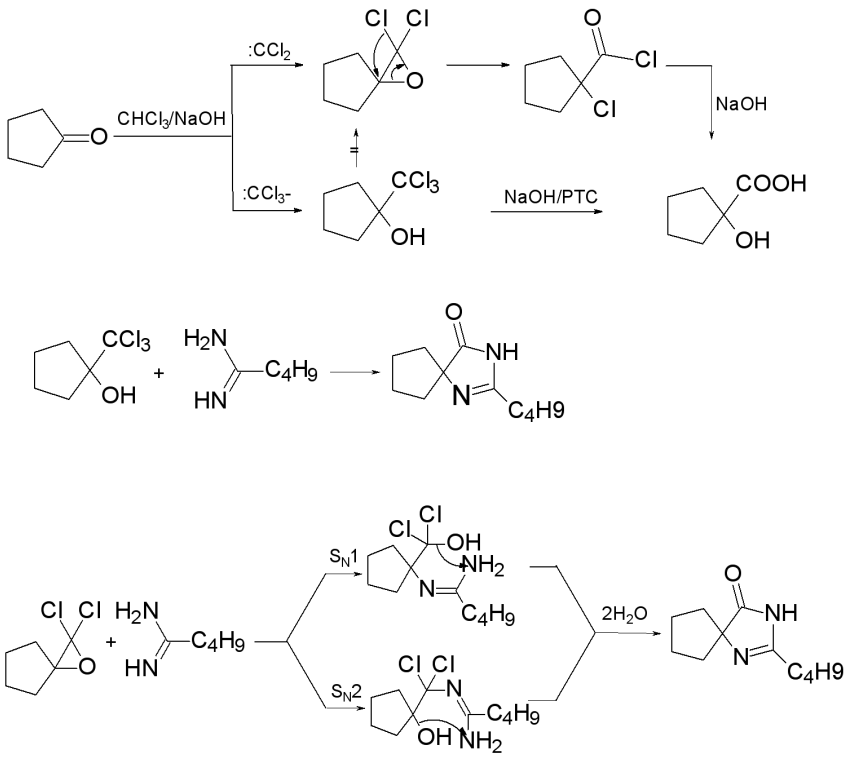
A karbonsavakkal viszont van egy kis baj. A karboxilcsoportban ugyanis a karbonil-részlet oxigénatomja jó delokalizálódási lehetőséget teremt a hidroxil-részlet oxigénatomja egyik nem kötő elektronpárjának. Így egy háromcentrumos rendszer jöhet létre, amelyben a centrális szénatom már nem szenved annyira az elektronhiánytól, mint egy sima oxo-vegyületben. Ez az oka annak, hogy ezekkel ellentétben a karboxilcsoport inkább hajlamos nukleofil szubsztitúcióra, mint nukleofil addícióra, vagyis a nukleofil reagens támadását egy anion lehasadása követi, nem pedig egy másik reakciótárs addíciója az oxigénatomra. A tapasztalat az, hogy a hidroxilcsoportot csak viszonylag nagyobb energiaközléssel lehet távozásra bírni. Erre jó példa a karbonsavamidok szintézise karbonsavból és aminból >100 °C hőmérsékleten.

Ezen a problémán úgy lehet segíteni, hogy a hidroxil-részletet egy oxigénnél elektronegatívabb gyökkel helyettesítjük; ezek a karbonsavhaloidok a maguk valóságában. Ezekben a karbonilcsoport és a hozzákapcsolt magános elektronpárt is tartalmazó halogénatom közötti konjugációs kölcsönhatás csökkenni fog (de nem szűnik meg teljesen) ez utóbbi nagyobb elektronaffinitása miatt, aminek az lesz a következménye, hogy a centrális szénatom elektrofilebbé válik, mint a karboxil-állapotban volt, mert két oldalról is húzzák-vonják tőle az elektronokat. (Kísérleti tapasztalatok alapján a karbonsavhaloidok reakciókészsége a halogénatom elektronegativitással egyenes, a polározhatóságával fordított arányban változik. Mivel az elektronvonzásra a F > Cl > Br > J sorrend érvényes, érthető, hogy a savhalogenidek reakciókészségére is ez a sorrend érvényes).

Ezek után vegyük számba, hogyan tudnánk gazdaságosan α-hidroxi-karbonsavkloridot előállítani. A legkézenfekvőbb út az lenne, hogy a ciklopentanonból egy ciánhidrint, majd ebből 1-hidroxi-ciklopentán-karbonsavat szintetizálnánk, végezetül ezt alakítanánk át egy reaktívabb savkloriddá. (Ekkor az α-hidroxil-vegyület is átalakulhat α-halogénné, de ez a reakciólépések számát nem befolyásolja). Ez, akárhogyan is számoljuk, három lépés, ami nem biztos, hogy a gazdaságosság irányába mutatna. Tehát akkor zárjuk le a témát?

Semmi esetre sem, mert ott van nekünk a kloroform, amelyből tömény lúgos közegben olyan reagenseket – diklórkarbént vagy triklórkarbaniont – tudunk generálni, amelyek egy oxovegyületre, például ciklopentanonra addicionálódva olyan köztitermékeket – diklórepoxidot vagy triklórmetilkarbinolt – szolgáltatnak, amelyekből egy lépésben eljuthatunk a 2-butil-1,3-diaza-spiro[4,4]non-1-én-4-on célvegyülethez, ha butiramidinnel reagáltatjuk azokat **(14. ábra)**.

A reakció megfelelő vezetésével a folyamat a diklór-epoxid és a triklórmetil-karbinol intermediernél is megállítható. Ez utóbbi előbbivé való átalakulása lúgos miliőben nem lehetséges.




**14. ábra. Imidazolinongyűrű kialakítása amidinnel – 2**

Érdekes megtapasztalás volt, hogy az irodalomban a triklórmetil-karbinol típusú molekuláknak csak kéntartalmú bifunkciós nukleofilekkel (tiokarbamid, tiobenzhidrazin, o-aminotiofenol) való reakciójára találtunk példát. Ha tiokarbamiddal megy a reakció, miért ne menne amidinnel is?

Amikor az 1-hidroxi-triklórmetil-ciklopentánt, amely rejtett savklorid funkciót hordoz magában, valeriánsavamidinnel reagáltattuk, a termék 2-butil-1,3-diaza-spiro-[4,4]non-1-én-4-on volt. Ugyanerre az eredményre jutottunk, amikor a diklór-epoxid-molekulát reagáltattuk a nukleofil tulajdonságú bifunkciós amidinnel.

Az adott epoxid gyűrűhasadási reakciója a körülményektől függően struktúrizomerek keletkezéséhez vezethet. Ez azonban nem baj, mert az átmeneti termék ciklizációja, a klóratomok hidrolízise, majd a molekulában történő átrendeződése (szimmetrikus mezoméria) mindkét esetben ugyanazt a végterméket szolgáltatja. Amidin.HCl-lel $S_N1$, amidin bázissal $S_N2$ mechanizmus szerint mehet végbe a reakció.

Triklórmetil-karbinolt és diklór-epoxidot mi reagáltattunk először amidinnel 4-oxo-2-imidazolin előállítása céljából.

Érdekes ennek a gondolatnak a megszületése. Mint már említettük, az elsődleges célunk 1-hidroxi-ciklopentán-karbonsav előállítása volt, s erre jó megoldásként ajánlotta magát a triklórmetilkarbinol. Egy reggel az öltözőben Árvai kollega a készülődés közben felvetette, mi lenne, ha ez utóbbi molekulát reagáltatnánk amidinnel. Erre elővettem éjszakai jegyzeteimet, amely tartalmazta az említett reakciót. Ez is bizonyítja, hogy a „bölcsek kövének” birtoklása nemcsak néhány kiválasztott privilégiuma, hanem kellő felkészültség mellett bárki felfedezhet bármit.

IRODALOM

[1] Bruckner Győző: Szerves kémia, III–1. Tankönyvkiadó, Budapest, 1964, 281–287.

[2] Csaba Huszar, Attila Kis-Tamas, Attila Nemeth, Antal Gajary, Lajosné Pali, Process for preparation of imidazolones, US 6162923.

[3] Csaba Huszar, Attila Kis-Tamas, Attila Nemeth, Zsuzsanna Nad, Zoltán Makovi, Endre Kollar, Peter Aranyosi, Károly Gyüre, Zsuzsanna Csetriné Hári, Attila Supic, Ilona Dervalicsné Zrínyi, Katalin Dubovszki, Lajosné Pali, Agnes Kunsztné Kárász, Erzsebet Bognár, Process for the preparation of 1,3-diaza-spiro-(4.4)non-1-en-4-one derivatives and 1-cyano-1-acylaminocyclopentane intermediates, US 6239286.

[4] Csaba Huszar, Attila Kis-Tamas, Bertrand Castro, Attila Nemeth, Peter Aranyosi, Karoly Gyüre, Istvan Meszaros, Ilona Dervalicsné Zrínyi, Katalin Dubovszki, Antal Gajary, Attila Supic, Zsuzsanna Nad, Zoltan Makovi, Endre Kollar, Zsuzsanna Csetrine Hari, Agnes Kunsztne Karasz, Erzsebet Bognar, Process for the preparation of 1,3-diaza-spiro-(4.4)non-1-en-4-one derivatives and 1-cyano-1-acylaminocyclopentane intermediates, US 6211382.

[5] Bruckner Győző, Szerves kémia, III–1. Tankönyvkiadó, Budapest, 1964, 225.

Braun Tibor

ELTE Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Informatikai Központ | dr.braun.tibor@gmail.com

## Egy cseppnyi kémia

# Folyadékfázisú reakciók ultramikrotérfogatban

### Előszó

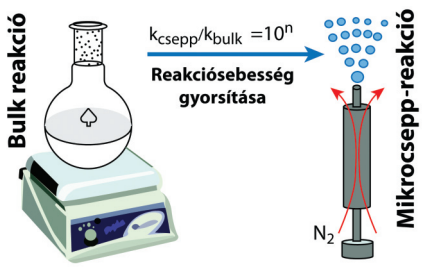
Természetesen nem azt akartuk kifejezni e dolgozat címében, hogy a kémiából (a kémia tudományából) a következőkben be kívánunk mutatni „egy keveset”. Ezek után bevallhatjuk, hogy az „egy csepp kémia” az angol „one drop chemistry” magyarra fordítása. Ezt kiegészíthetjük azzal, hogy a szakirodalomban a „microdrop chemistry” („microdroplet chemistry”) kifejezésekkel is aránylag gyakran találkozhattunk. Használhattuk volna mi is a „cseppecske (microdroplets)” fordítást, de a „cseppecske-kémia” nem tetszett, főleg a „-ke, -ké” ismétlődés miatt. Ezért a dolgozatban végig a „cseppkémia” elnevezést használjuk.

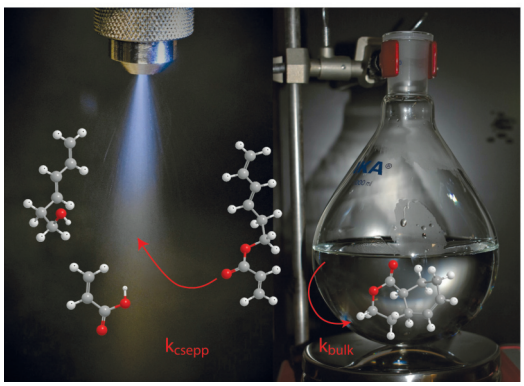
Jelen rövid összefoglaló dolgozatban be szeretnénk mutatni azt, amit *folyadékcsepp-, illetve cseppecske-kémiának* neveznek, és amit körülbelül a 21. század elején világszerte alkalmazni kezdtek [1–15]. Számunkra (mások számára is) rejtély, hogy miért ilyen későn. E területen azóta számos még újabb eredmény született és szakirodalma hatalmasra nőtt. Abból itt csak néhány példát említünk. Nem meggyőző magyarázatként, de valószínűnek tartjuk, hogy a cseppkémia, illetve annak első lépései a zöld kémiából indultak, amikor annak egyik fő célkitűzésévé vált a szerves kémiai szintézisekben és a kémiai iparban használt nagy oldattérfogatok kisebb folyadéktérfogatokra való csökkentése.

## Bevezetés

Ezek után rátérhetünk dolgozatunk fő témájára, és kiemelhetünk a már említett időpont eredményeiből (lásd a hivatkozások évszámait) néhányat. Ebből is kiderül, hogy a cseppkémia nagyon új és fiatal szakterülete a kémiának, ami rohamosan fejlődik, és kibontakozása még csak az elején tart. Mint tudjuk, a folyadék-folyadék reakciók a kémia történelme során mindig valamilyen reakcióedényben (lombik, pohár stb.) játszódtak le meglehetősen nagy (például liter) folyadéktérfogatokban. Az új felismerés abból az észrevételből állt, hogy minden folyadékcsepp önállóan zárt[1] *(self-confined)* mikroliter térfogatú reakcióedény analógja, aminek burkolat nélküli piciny térfogata mellett olyan más előnyei is vannak, mint a tartalom gyors keveredése, egyszerű kezelhetőség, automatizálási lehetőség stb. Önállóan zárt jellegükön túlmenően a cseppek használatával elkerülhető például a mintaveszteség és a szennyeződés, ami közismerten befolyásolhatja a terjedelmesebb oldattérfogatokat. Azt is kimutatták, hogy a mikrocseppekben lejátszódó analitikai és szintézis típusú műveletekben a kémiai reakciók váratlan jelenségeket is mutathatnak a nagyobb folyadékreakcióban lejátszódó oldatokkal *(bulk solutions)* szemben. Számos *bulk reakció*[2] sebessége körülbelül $10^3$–$10^6$ faktorral növelhető **(1. ábra)**, ha azokat mikrocseppekben végzik **(1. táblázat)**. Ehhez azt kell még hozzátenni, hogy folyadékokban a reakciók közege független a reagáló rendszer térfogatától, amennyiben a reagáló rendszer nagy térfogatú. Viszont kis cseppes térfogat esetében a sebességi állandó, mint említettük, jelentősen megnő. A mikrocsepp korlátozott környezete hozzájárul a reakciók gyorsulásához, de az olyan más fizikai tulajdonságoktól is függ, mint például a hőmérséklet, koncentráció, nyomás és sűrűség. Beszámoltak arról is, hogy a víz nem ugyanúgy viselkedik a csepp belseje és felülete között. Jóllehet a víz-levegő határfelület még mindig némiképpen vitatott, széles körben elfogadják, hogy a víz-levegő határfelületen a kötések erősebbek, mint a csepp belsejében.

**1. ábra. Reakciók cseppkémiában és bulk térfogatokban**




**1. táblázat. Mikrocseppek térfogata és tömege**

| Csepp átmérője (mikron) | Csepp térfogata (liter) | Csepp tömege (gramm) |
|---|---|---|
| 0,1 | $5{,}2 \times 10^{-19}$ | $5{,}2 \times 10^{-16}$ |
| 0,5 | $6{,}5 \times 10^{-17}$ | $6{,}5 \times 10^{-14}$ |
| 1,0 | $5{,}2 \times 10^{-16}$ | $5{,}2 \times 10^{-13}$ |
| 5,0 | $6{,}5 \times 10^{-14}$ | $6{,}5 \times 10^{-11}$ |
| 10,0 | $5{,}2 \times 10^{-13}$ | $5{,}2 \times 10^{-10}$ |
| 25,0 | $8{,}2 \times 10^{-12}$ | $8{,}2 \times 10^{-9}$ |
| 50,0 | $6{,}5 \times 10^{-11}$ | $6{,}5 \times 10^{-8}$ |
| 100,0 | $5{,}2 \times 10^{-10}$ | $5{,}2 \times 10^{-7}$ |

Valószínűleg a mikrocseppek egyik legfontosabb jellemzője a nagy felület/térfogat arány, ami kiváló környezetet szolgáltat ahhoz, hogy a reakciók a levegő-folyadék határfelületén vagy annak közelében történjenek. Ugyanis, ha 1 liter vizet aeroszolként elporlasztunk, és az aeroszol mikrocseppek átlagos átmérőjét 1,0 μm-nek feltételezzük, akkor 1 liter vízből vagy más folyadékból kialakított teljes aeroszolfelület körülbelül $3{,}0 \times 10^3$ $m^2$, ami jelentősen nagyobb, mint akármilyen alakú reakcióedényben tárolt 1 liter víz vagy más folyadék felülete. Persze, a fentiekhez még olyan más fontos jellemzők is hozzájárulnak, mint a csepp-párolgás és a mikrocsepp felületének változása.

## Folyadékcseppek előállítása

Cseppek előállítására a *spray (porlasztás, permetezés)* eljárást használják [19,20]. A sprayképzést atomizálásnak is nevezik. A spray-képzéshez fúvókát **(1. ábra, bal oldal)** alkalmaznak. Az első atomizáló fúvókát *Thomas A. DeWillis* találta fel az 1800-as években. A fúvókák működtetésére nyomást, centrifugálást, elektrosztatikus erőt, vagy ultrahangot használnak. Az elektrospray-ionizálás (*Electron Spray Ionization, ESI*) olyan eljárás, amit a tömegspektrometriában használnak töltött (*charged*) cseppek előállítására. Ezt elsőnek *Masamichi Yamashita* és *John Fenn* publikálták 1934-ben. Az ESI alkalmazásáért biológiai makromolekulák analízisénél *John Fenn*t 2002-ben kémiai Nobel-díjjal tüntették ki. A deszorpciós elektrospray-ionizáció (*Desorption Electron Spray Ionization, DESI*) az ESI egyik változata, amiben gyorsan áramló töltött oldószernyalábot bizonyos szögben valamely folyadék felületére sprayelnek annak érdekében, hogy onnan újabb, szekunder ionos cseppeket állítsanak elő. Ezt az eljárást a tandem tömegspektrometriában alkalmazzák. Lényegében a DESI az ESI és a deszorpciós ionizálás (Desorption Ioniza-

[1] Sajnos, az angol „self-confined" kifejezésre nem találtunk jobb fordítást. Ez irányú minden olvasói javaslatot örömmel fogadna a szerző.
[2] Az angol „bulk" szóra sem találtunk idevalóan megfelelő magyar fordítást. Ez irányú minden olvasói javaslatot örömmel fogadna a szerző.

**2. táblázat. Példák szerves reakciók gyorsulására cseppkémiai reakciók során [11]**

| Reakció | Gyorsulási tényező | Irodalom | Használt módszer |
|---|---|---|---|
| Girod T reagens reakciója ketoszteroidokkal | ~ $10^2$ | [12] | Disszociációs elektrospray-ioinizáció (DESI) |
| 1-Indanon bázis által katalizált Claisen–Schandt-kondenzáció | ~ $10^4$ | [13] | Elektrospray-ionizáció (ESI) |
| 1,4-Dihidropiridének Hantsch-szintézise | ~ $10^5$ | [4] | ESI |
| Iminszintézis | ~ 45 | [9] | Emulziócsepp |
| 2,6-Diklórfenolindoferol (DCIP) redukciója aszkorbinsavval | ~ $10^3$ | [14] | Mikrocsepp-fúzió |
| Citokróm k és maltóz közötti nemkovalens komplexálás | ~ $10^3$ | [3] | Mikrocsepp-fúzió |
| Izokinolin Pomerantz–Fritsch-féle szintézise | > $10^6$ | [5] | ESI |
| Szubsztituált kinolin Friedlander-féle szintézise | > $10^5$ | [5] | ESI |
| Combes-féle kinolinszintézis | > $10^3$ | [5] | ESI |

tion, DI) kombinációja. Az ionizálás úgy jön létre, hogy elektromosan töltött cseppnyalábot sugároznak folyadék felületére, ahol a képződött (fröcskölt) cseppek deszorbeálódott ionizált folyadékcseppenként jönnek létre. Ugyancsak a tömegspektrometriában használják a papírspray-ionizálást *(Paper Spray Ionization)*, ami az elektrospray-ionizálás 2017-ben publikált változata [21–22]. Ebben a mintafolyadék néhány mikroliternyijét egy papírdarabra helyezik, és ott oldószert adnak hozzá. Azután magas feszültséget kapcsolnak rá, ami ionos cseppeket hoz létre.

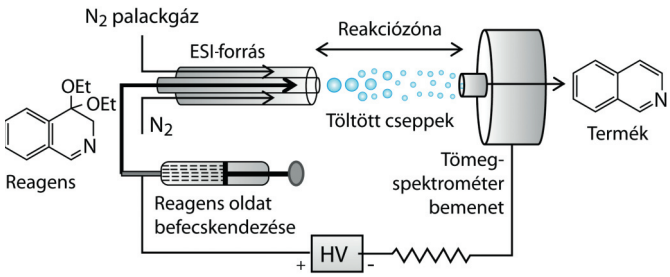
## Tömegspektrometria és cseppkémia

A szakirodalomban külön felhívják a figyelmet [9], hogy a cseppkémiában alkalmazott ESI által oldószercseppekben gyorsított reakciók nem tévesztendők össze az ESI és más cseppekre alapozott olyan kísérletekkel, amelyek analitikai célokra használják a tömegspektrometriát. Fontos ugyanis az, amit nem eléggé hangsúlyoznak, hogy különböző feltételek mellett a tömegspektrometria egyaránt alkalmazható bulk fázisú kémiai reakciók követésére vagy reakciók sebességének gyorsításának mérésére is. A megfelelő feltételek, amelyek a reakciók követésére vagy a reakciók gyorsítására való alkalmazásának döntő tényezője, a deszolvatációs folyamat jellege, természete. A folyamatos deszolvatáció ugyanis kedvező a reakciók gyorsításához [4].

## Cseppreakciók sebessége

Az utóbbi években számos bulk térfogatban végzett szerves reakció jelentős mértékű gyorsulását mutatták ki **(2. táblázat)**, ha azokat cseppreakcióként végezték. Ezek közül megemlíthetünk szerves addíciós reakciókat [11], kondenzációs reakciókat [12], kizárásos reakciókat [13], helyettesítési reakciókat [14], redoxreakciókat [15] és átrendezéses reakciókat [15]. Említésre érdemesek például a szervetlen cseppkémiai reakciók is [16].

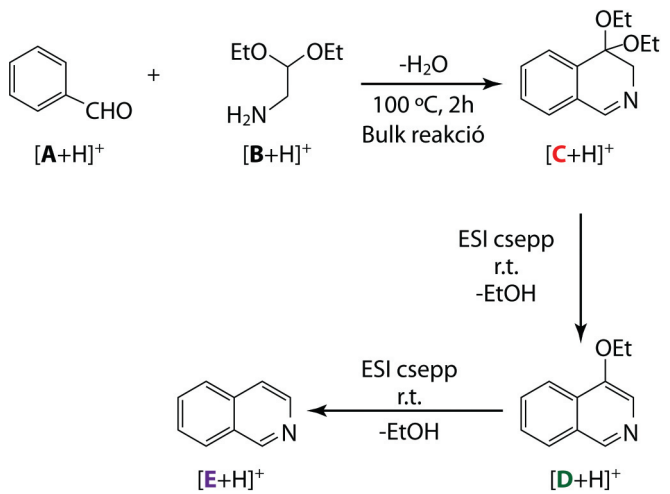
Példaként kiválasztottunk egy szerves kémiában régen közismert reakciót *(Pomerantz–Fritsch)* [17]. Ez a szokásos bulk reakciótérfogatban lényegében izokinolin kétlépéses szintézise benzaldehid és 2,2-dialkilokszietilénamin sav által segített reakcióval.



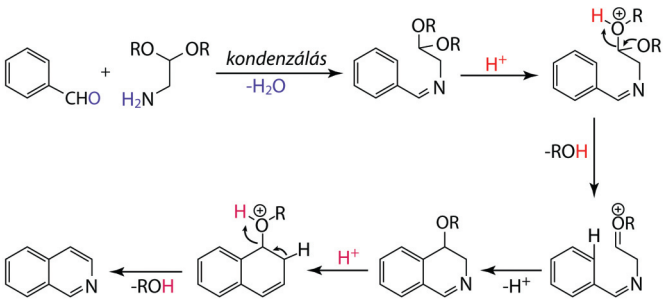

**2. ábra. Pomerantz–Fritsch-féle cseppszintézishez használt berendezés [3]**

A mikrocsepp-kémiában 2015-ben cseppfúziós reakcióval hozták létre ezt a szintézist elektrospray-ionizációs cseppekkel tömegspektrométer alkalmazásával **(2. ábra)** [15]. Az ESI által 1-2 µm-es pozitív ionként képzett benzaldehid és 2,2-dialkiloxietilénamin-ionként képzett cseppek a Pomerantz–Fritsch-reakcióban erősen savasak, és pH-juk fejlődésük során folyamatosan csökken (ismételt oldószerpárolgás és Coulomb-hasadás a hagyomá-

**3. ábra. Pomerantz–Fritsch-féle cseppkémiai szintézis elektrospray által előállított töltött cseppekben [3]**



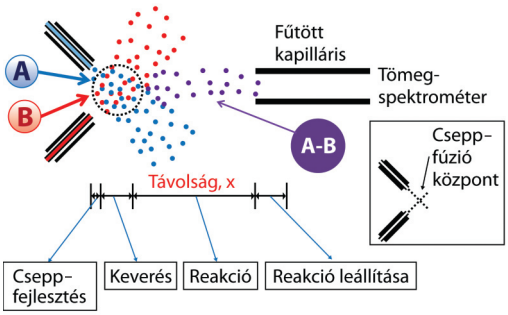
nyos ESI-ben) **(3. ábra)**. Nagy térfogatú oldatban a Pomerantz–Fritsch-szintézis lassú, több lépésben történik, az aldehid és az amin kondenzálódik imin képződésével, nagy savkoncentrációnál (70% kénsav), és lassú: órákig, néha napokig tart **(4. ábra)**. A cseppkémiában a Pomerantz–Fritsch-reakció sebességét a bulk oldatban végzettel szemben körülbelül egy milliószor gyorsabbnak észlelték.




**4. ábra. Pomerantz–Fritsch-féle izokinolinszintézis mechanizmusa bulk térfogatban**

## Mikrocseppek fúziójának és gyors reakció-kinetikájának tömegspektrometriás vizsgálata

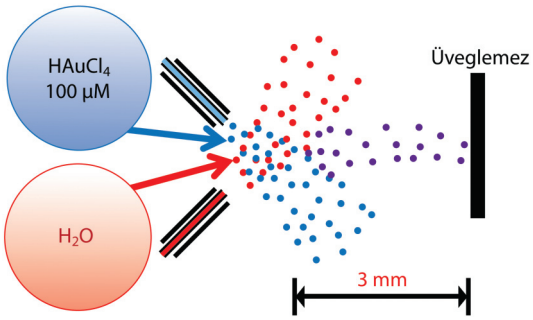
Folyadékfázisú µs sebességű kémiai reakciók kinetikáját gyors folyadékcseppek fúziójának tömegspektrometriás mérésével valósították meg [14]. Ehhez 2 µm méretű cseppek áramlatát ütköztették. Az ütközés kereszteződésénél keletkezett (13 µm átmérőjű) folyadékcseppeket tömegspektrométer melegített bejárati kapillárisába irányították. A létrejött tömegspektrumot a készülék bejárata és a cseppáramlatok keresztezésének helye közötti *x* távolság függvényében ábrázolták **(5. ábra)**. A fuzionált cseppek röppályáját nagy sebességű kamerával rögzítették, kimutatva, hogy a cseppek fúziója a körülbelül 500 µm átmérőjű körben történt, ami alatt a fuzionált cseppek mérete és sebessége viszonylag állandó volt. Mindezekhez járulékként azt is bizonyították, hogy a fuzionált cseppekben a reakció ténylegesen leállt, amikor a cseppek bejutottak a tömegspektrométer melegített bejáratába. Ennek megfelelően a reakcióidő *x*-szel arányos volt és ennek a távolságnak a mérésével a reakciósebesség is meghatározható volt. Mindez bizonyította, hogy a cseppkémia hatásos, és megfelelő fegyver a fuzionált cseppekben lejátszódó reakciók közti termékek µs-os sebességének mérésére.




**5. ábra. Tömegspektrometriai berendezés fuzionált cseppek reakcióinak tanulmányozására**

## Nanoszerkezetek képződése cseppkémiai fúzióval

Mint ahogy a fentiekben már említettük, és azt a teljes cseppkémiai szakirodalomra érvényesnek találtuk, e területen eddig többnyire bimolekuláris reakciókat vizsgáltak. További cseppkémiai példaként az arany nanoszerkezeti kristályosodását választottuk. Az arany nanoszerkezetek kutatása egyike a nanokémia legfelkapottabb témáinak, adva lévén ezek egyedi tulajdonságai és alkalmazásai, például a kvantumméret-effektusok, felületi plazmonrezonancia, jelentős katalitikus hatás stb. [16]. Arany nanorészecskék ($AuNP_S$) képződési sebessége általában másodpercektől órákig terjedhet. Legtöbb esetben stabilizálót adtak az oldathoz, ezáltal anizotrop nanoszerkezetek jöhetnek létre, mint ahogy nanoszálakban, nanolapokban és nanoprizmákban történik. A gyorsított kristályosodás és az ezt követő nanorészecskeképződés alapvetően különbözik a bimolekuláris reakcióktól, mivel az gyorsított reakciókat és sok száz egyéni species összetömörítődését igényli mikromásodpercek alatt. A cseppkémiás aranynanoszerkezet-szintézist, mint a **6. ábrán** látható, két mikrocsepp-áram arany-tetraklorid és nátrium-borohidrid ($NaBH_4$) fúziójával hajtották végre. A képződött ~7 µm átmérőjű cseppek 60 µs alatt jöttek létre. Utólag kimutatták, hogy arany nanorészecskék képezhetők mikrocseppekből redukálószerek nélkül is vízcseppek jelenlétében.




**6. ábra. Arany mikroszerkezet kialakítása cseppkémiai fúzióval [16]**

## Végszó

Az élő sejtekben lejátszódó kémiai reakciók nagyon gyorsak. Ezért bizonyult rendkívül sokat ígérőnek a cseppkémia, amely aránylag a közelmúltban lehetővé tette a közeledést a biokémiai reakciókinetikához.

IRODALOM
[1] X. Yan, R. M. Bain, R. G. Cooks, Angew. Chem., Int. Ed. (2016) 55, 12960.
[2] S. Banerjee, E. Gnananami, X. Yan, R. N. Zare, (2017) 142, 1399.
[3] J. K. Lee, S. Banerjee, H. G. Nam, R. N. Zare, Rev. Biophys. (2015) 48, 437.
[4] R. M. Bain, C. J. Pulliam, S. T. Ayrton, K. Bain, R. G. Cooks, Rapid Commun. Mass Spectrom. (2016) 30, 1875.
[5] S. Banerjee, R. N. Zare, Angew. Chem., Int. Ed. (2015) 54, 14795.
[6] K. Tsui, S. C. Müller, Phys. Chem. Lett. (2012) 3 (8), 977.
[7] Y. Szu-I, H-J Sheen, J-Tang Yang, Microfluid. Nanofluid. (2014) 18, 1534.
[8] R. M. Bain, C. J. Pulliam, S. A. Raab, R. G. Cooks, J. Chem. Educ. (2016) 93, 340.
[9] M. Wieklinski, C. E. Falcone, B. P. Loren, R. G. Cooks, European J. Org. Chem., 2016.
[10] T. Jansson, J.-H. Lai, J. G. Santiago, R. N. Zare, J. Am. Chem. Soc. (2017) 139, 6851.
[11] S. Kwak, J. Yeo, S. Jung, I. Nam, Academic Journal of Polymer Science (2018) 1, 1.
[12] M. Girod, E. Moyano, D. Campbell, R. G. Cooks, Chem.Sci. (2011) 2, 501.
[13] T. Müller, Angew. Chem. Int.Ed. (2012) 51, 11832.
[14] J. K. Lee, S. Kim, H. G. Nam, R. N. Zare, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2015, 112, 3898.
[15] S. Banerjee, R. N. Zare, Angew. Chem. Int. Ed. (2015) 54, 14795.
[16] J. K. Lee, D. Samanta, M. G. Nan, Nature Communications (2018) 9, 1562.
[17] https://en.wikipedia.org/wiki/Pomeranz%E2%80%93Fritsch_reaction
[18] A. Fallah-Araghi, M. Kamel, M. Thomas, K. Martin, J.-Ch. Baret, Phys.Rev.Lett. (2014) 112, 28301.
[19] L. Meher, A. Kumar, C. Yu-Chie, Mass Spectrom. (2017) 6, 57.
[20] L. Jiangjiang, H. Wang, N. E. Manichke, E. Nicholas, L. Jin-Ming, R. Cooks, R. Graham, O. Zheng, Anal.Chem. (2010) 82, 2463.
[21] S. Mondal, S. Acharya, R. Biswas, B. Bagchi, R. N. Zare, J.Chem.Phys. (2018) 148, 244702.
[22] J. K. Beattie, A. M. Djerdjev, G. G. Warr, Faraday Disc. (2008) 141, 31.

# A család és a kutatómunka összhangja

## Beszélgetés Csapó Edit L'Oréal-díjas kutatóval

*A Szegedi Tudományegyetemen te vagy a harmadik, aki elnyerte ezt a magas kitüntetést. Milyen gondolatok jártak a fejedben, amikor értesültél a hírről?*

Bevallom, egyáltalán nem számítottam arra, hogy esélyesként indulhatok, hiszen minden évben nagyon sok tehetséges és kiemelkedő kutatómunkát folytató kutatónőt jelölnek erre a díjra. Már a jelölés is nagyon megtisztelő volt számomra. Az ösztöndíj 16 éves fennállása óta a tavalyi évben már nyolcadik alkalommal díjaztak szegedi kutatónőt ezezzel a rangos díjjal, és valóban, Hernádi Klára és Enyedy Éva után én lehettem 2018-ban a harmadik az SZTE TTIK Kémiai Intézetéből. Amikor értesítettek, hogy én nyertem el, el sem hittem, de később úgy éreztem, hogy az elmúlt közel 8 év kemény munkája nem volt hiábavaló.

*A nőkkel szembeni társadalmi elvárások a gyereknevelés, a család összetartása terén magasabbak, mint a férfiakkal szemben. Így a munkában, a kutatásban való kiemelkedő helytállás nagyobb erőfeszítést, áldozatokat kíván a nőktől. Ezt kívánja elismerni a L'Oréal díja. Mennyiben látod ezt a megállapítást helytállónak, és hogyan érvényesül ez a te esetedben?*

Én minden tekintetben helytállónak látom ezt a megállapítást, hiszen saját szakterületem, sok más pályához hasonlóan, számos esetben nem családcentrikus kihívásokat követel meg. A felsőoktatásban, főként a természet- és élettudományi területeken, oktató/kutató feladatkörben dolgozó nők esetén a gyermekvállalás miatt kihagyott időszak pótlása sokszor nagyon nehezen, csak áldozatos és feszített tempójú munka árán hozható be. Az azonos életkorú nő és férfi tudományos mutatói így nem összemérhetők, de egy adott pozíció betöltéséhez ugyanazoknak az elvárásoknak kell megfelelniük. Mindenkinek, legyen az nő vagy férfi, fontos az elismerés, hiszen motiválja a kutatót, hogy azt, amivel addig foglalkozott és ahogyan dolgozott, megéri folytatni. Számomra is nehéz volt a gyermekvállalás miatti közel másfél év otthon töltött idő pótlása, de a férjem, akkor is és azóta is mindent megtesz, hogy amiben tud, segítse a munkámat, és ez kölcsönösen is elmondható.

*Amikor a közelmúltban a „Jakupcsek plusz" című tv-műsorban erről a kérdéskörről beszélgettetek, és a műsorvezető forszírozta, hogy bizony nagyon nehéz megfelelni a magas tudományos követelményeknek, és a nők sokkal hátrányosabb helyzetben vannak a pályájukon a férfi kollégáikkal szemben, ti, az etológus Kubinyi Enikővel együtt ellene voltatok ennek a sztereotípiának. Elmondanád erről itt is a véleményedet? Te miben érezted hátrányosan megkülönböztetettnek magad női kutatóként/oktatóként pályafutásod során?*

Az említett műsorban a fő kérdés az volt, hogy nőként ért-e bennünket valamilyen mértékű megkülönböztetés az eddigi pályánk során, és hogy nőként hátrányban vagyunk-e a férfiakkal szemben. A gyermekvállalás miatt a kutatásból kiesett idő pótlása, ahogyan korábban is említettem, nagyon nehéz, sok embernek be sem hozható. Én büszkén mondhatom, hogy az elmúlt közel 8-9 évben, mióta oktatói/kutatói munkakörben dolgozom, nem ért megkülönböztetés, sőt, ugyanúgy kellett teljesítenem, mint a velem azonos életkorú és beosztású férfiaknak. Kutatócsoportunk vezetője, Dékány Imre, az első naptól fogva elfogadta, hogy a gyermekes anyukáknak a munkaidő végén sietni kell a bölcsödébe, óvodába, de erre hivatkozva sosem volt olyan eset, hogy az elvállalt feladatokat ne teljesítettem volna.

*Hogyan, mivel lehetne orvosolni a hátrányt?*
Úgy vélem, ahhoz, hogy egy gyermekes anyuka ne csak az otthoni szerepben legyen maximális, hanem még a munkahelyén is eredményesen helytálljon, akár vezető beosztásban dolgozzon, ahhoz a nagy számban férfi munkahelyi vezetők megértése és nem utolsósorban a család erős támogatása nélkülözhetetlen. Sok esetben a hétköznapokban a nagyszülők tudnak segítséget nyújtani, de a mi esetünkben ez nem jöhet szóba, hiszen a nagyszülők is aktívan dolgoznak még és elég nagy távolságban laknak tőlünk.

*Bemutatnád szakmai pályádat, kutatásaidat röviden olvasóinknak?*
2006-ban szereztem vegyész diplomát, majd 2010-ben, Farkas Etelka témavezetése mellett, kémia PhD-fokozatot a Debreceni Egyetemen, ahol átmenetifém-komplexek oldategyensúlyi vizsgálatával foglalkoztam alapkutatás keretein belül. A frissen megszerezett doktori fokozat birtokában csatlakoztam a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetének Kolloid- és Nanoszerkezetű Anyagok Kutatócsoportjához, ahol nemesfémtartalmú nanoszerkezetű anyagok előállítási lehetőségeivel és az előállított kolloidrendszerek szerkezetvizsgálatával kezdtem el foglalkozni. Azóta is ezen a területen dolgozom. Az előállított nemesfém (főként arany) nanoszerkezetű anyagokat minél több alkalmazásterületen kíséreljük meg lehetségesen felhasználni, ilyen például az (elektro)katalizátorok fejlesztése vagy a szelektív és érzékeny optikai bioszenzorok tervezése. Emellett intenzíven foglalkozom közel 3–4 éve kolloidális gyógyszerhordozó nanokompozitok előállításának, főként biokompatibilis polimer, szérumfehérjék és felületaktív anyagok potenciális hordozóként való alkalmazhatóságának tanulmányozásával.

*Te is munkahelyet, sőt országot, itthon pedig várost váltottál pályád során. Hogyan ítéled meg a mobilitást a magad esetében és általánosan az értelmiségi pályán?*
A saját vonatkozásomban mindenképpen előnyös volt a mobilitás, hiszen új tématerülettel ismerkedhettem meg, új műszeres technikák használatát sajátíthattam el. Nagyon szerettem a PhD-kutatómunkám alapját képző komplexkémiai kérdésköröket érintő munkát, de szerettem volna kipróbálni magam más területen is. Szerintem fontos, hogy egy kutató/kutatónő ne csak a saját, szűk tématerületén legyen kiemelkedő, hanem hazai és külföldi kutatócsoportokkal kialakított együttműködések révén, egymás munkájának segítése mellett, bővítse tudását.

*Van tapasztalatod a külföldi és a hazai egyetemeken való kutatás/munkavégzés között. Milyen főbb különbségeket említenél a lehetőségek, munkavégzési körülmények tekintetében?*
Eddigi munkám során szerencsém volt több, főként európai kutatócsoporttal is együtt dolgozni, és az eredményes kutatómunkából több közös nemzetközi publikáció született. Ellátogathattam és betekintést nyerhettem a zágrábi egyetem Fizikai Kémiai Tanszékén, a müncheni Max-Planck Intézet kvantumoptikai részlegén vagy éppen a krakkói Technológiai Egyetem egyik kutatóintézetében folyó aktuális kutatómunkákba. Sok esetben azzal kellett szembesülnöm, hogy míg hazai viszonylatban 5–6 fős kutatócsoportok dolgoznak egy kutatáson, addig a nyugati intézetekben, például Münchenben, közel 30–40 fős munkacsoportok foglalkoztatása is lehetséges, ami megsokszorozza az eredményes és hatékony kutatómunkát. A jelenlegi NKFIH és uniós forrásból megvalósuló kutatási programok révén részben korszerűsíteni lehetett a jelenlegi infrastrukturális hátteret, ami nagyban segíti a kutatómunka sikerességét.

*És a család? A férjed is kutató: hogyan tudtátok megteremteni a család-gyerekek és a kutatómunka közötti összhangot?*
Elmondhatom, hogy nálunk egész jó a család-kutatómunka összhang. A férjem is vegyész, kutató, és ugyanabban az intézetben dolgozunk, így nincsenek előre leosztott szerepek, hogy ki mikor megy az óvodába éppen a kislányunkért. Ha neki húzódik el a napja a kísérleti munka miatt, akkor én tervezem a napot úgy, hogy el tudjak időben szabadulni, de ha esetleg nekem jön be például egy megbeszélés, akkor ő mobilis. Természetesen elkerülhetetlen, hogy otthon is beszéljünk a munkáról, de ezt igyekszünk minimalizálni.

*Milyen közeli és távlati tervek foglalkoztatnak ma?*
Mindenképpen szeretném a közeljövőben is a jelenlegi intenzitással folytatni a kutatómunkát és az aktuális, 2021-ig tartó pályázatokat eredményesen teljesíteni. A távoli jövőben szeretném az akadémiai nagydoktori fokozat megszerzését, amihez még jó pár évet kell dolgozni. A magánéletben a legközelebbi fordulópont a kislányom szeptemberi iskolakezdése, de szerintem ez rengeteg szülő életében meghatározó pont.

*Kikapcsolódásképpen, a szabadidőtöket mivel töltitek szívesen?*
Ez jó kérdés, hiszen kifejezett hobbink nincs. Ha az időjárás engedi, sok időt töltünk a szabadban, főleg rengeteget biciklizünk. Nagyon sok időt töltök tavasztól késő őszig az udvaron, az erkélyen nevelgetett virágaimmal, s talán én vagyok a rekordtartó a környezetemben, aki megvalósítja a lehető legtöbb virággal telerültetett balkonláda elhelyezését egy 5 $m^2$-es teraszon.

*Köszönöm a beszélgetést. Kívánom, hogy pályádon és a magánéletben is további sikerek kísérjék utadat, melyben tudásod és személyiséged játszik meghatározó szerepet!*

**Kiss Tamás**

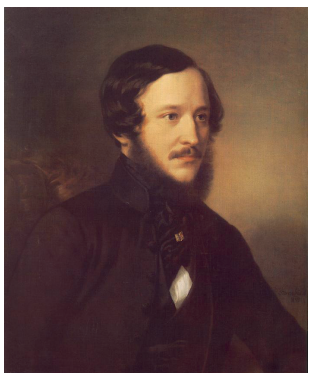
Riedel Miklós – Rózsahegyi Márta – Wajand Judit
ELTE Kémiai Intézet | riedel@caesar.elte.hu

# Kémiatanár-képzés az Eötvös Loránd Tudományegyetemen a 2000-es évekig*

A cikksorozat egyik korábbi közleményében [1] Szalay Luca ismertette a 2006-tól alapvetően megváltoztatott, majd 2013-tól folyamatosan részben visszaalakított kémiatanár-képzés buktatóit és néhány pozitívumát. E cikkben az ezt megelőző évtizedek, sőt százéves periódus kémiatanár-képzését tekintjük át, tehát azt az időszakot, amelyet a hivatkozott cikk „régi", ötéves osztatlan tanárképzésként aposztrofált. Az áttekintés talán tanulságul is szolgálhat a jelen és a jövő ez irányú oktatásszervezésének jobbításához.

## A kémiatanár-képzés rövid áttekintése

A Pázmány Péter által 1635-ben Nagyszombatban alapított egyetem még csak bölcsészeti és teológiai karból állt, majd 1667-ben jogi karral, 1769-ben orvosi fakultással egészült ki [2, 3]. A tanárképzés ebben az időben egyházi keretek között zajlott, és csak 1870-ben írta alá *Eötvös József* **(1. ábra)** a Középtanodai Tanárképző (későbbi nevén Középiskolai Tanárképző) Intézet szervezeti szabályzatát [4]. A Tanárképző a bölcsészkar mellett működő, de attól elvileg független intézmény volt. Az intézményben az első években mennyiségi és természettani, valamint természetrajzi szakosztály, majd 1872-től pedagógiai szakosztály is működött. Ez utóbbinak a célkitűzése kifejezetten a pedagógiai képességek és „ügyességek" (készségek) elsajátíttatása volt. Ennek érdekében a tanítás gyakorlati kérdéseire irányuló előadásokat tartottak, és kifejezésre jutott az a törekvés is, hogy az oktatás a tanárképzőben „rendes, kötelezett tanterv alapján" történjék. Ez tekinthető a későbbi önálló kémiatanár-képzés elődjének. A tanárképző kísérletet tett arra, hogy az egyetemet is felhasználja a középiskolai tanárképzés céljaira. Az intézmény hatáskörét igyekeztek az egyetemi előadásokra kiterjeszteni úgy, hogy ezek közül jó néhánynak a hallgatását kötelezővé tették a tanárjelölteknek számára. Ez a törekvés a pesti egyetem bölcsészkarának határozott elutasításába ütközött, mivel – úgymond – sértette az „egyetemi tanítás szabadságának" hagyományos elvét. A középiskolai tanárképző intézet és az egyetem kapcsolata hosszú ideig problematikus maradt. *Kármán Mór* **(2. ábra)** tervei alapján szervezték meg a tanárjelöltek gyakorlati képzését szolgáló legnagyobb jelentőségű intézményt, a gyakorlógimnáziumot. A hivatalos néven Magyar Királyi Tanítóképző Intézet Gyakorló Főgymnasiuma többszöri költözéssel 1887-ben került a Trefort utcába. A „mintaiskola" kiemelkedő szerepet játszott a tanárképzés sajátos arculatának kialakításában. Jelentős esemény volt a tanárképzés történetében az Eötvös József Collegium megalapítása 1895-ben. Az intézetben a legtehetségesebb középiskolai tanárjelöltek magas színvonalú, az egyetemi oktatást elmélyítő, kiegészítő oktatása-nevelése folyt [5].



1. ábra. Eötvös József

2. ábra. Kármán Mór

Az első világégést és az ország megcsonkítását követően a kulturális felemelkedés érdekében hozott 1924. évi törvény előírta a bölcsészettudományi kar mellett a Budapesti Magyar Királyi Középiskolai Tanárképző felállítását, ill. újjászervezését. Megfogalmazta a képesítés feltételeit is: négyéves tanulmány valamelyik tudományegyetem bölcsészettudományi vagy mennyiségtan-természettudományi fakultásán, tanárképző intézeti tagság, gyakorlóév valamely nyilvános középiskolában, végül a tanári vizsgák (alapvizsga, szakvizsga, pedagógiai vizsga) letétele a tanárvizsgáló bizottság előtt. Jellemző e korszak tanárképzésére egy visszaemlékezés: „Akkoriban még nem vettek fel nőket a Műegyetemre … így … 1935 őszén a Pázmány Péter Tudományegyetem Bölcsészeti Karán és a Budapesti m. kir. Középiskolai Tanárképző Intézetben fizika–kémia–matematika szakok választásával kezdtem meg tanulmányaimat" [6].

A második világháborút és a kommunista hatalomátvételt követően 1949-ben jelentős szerkezeti és személyi változtatásokat hajtottak végre a budapesti tudományegyetemen. A nevét Pázmány Péter Tudományegyetemről Eötvös Loránd Tudományegyetemre (ELTE) változtatták, a Bölcsészeti Karból (BTK) kiválva önállósult a Természettudományi Kar (TTK). Az egyetemi re-

* Ez a közlemény az ELTE kémiatanár-képzése elmúlt hosszú évtizedeinek összefoglalása, így bizonyára sok helyen hiányos, ezért várjuk megjegyzéseiket, pontosításaikat.

form megszüntette a tanárképző intézetet, a középiskolai tanárképzést az egyetemek bölcsészeti és természettudományi karának feladatává tette és önálló tanárszakos tantervekhez kötötte. 1950-től a képzési időt négy évre változtatták, amelyet egy gyakorló év követett. A reform megszüntette a gyakorlógimnáziumokat is, amelyeket csak 1958-ban szerveztek újjá. Ekkor az ELTE-hez csatolták a korábbi gyakorlógimnáziumot, akkori nevén a Ságvári Endre (majd Trefort Ágoston) Gimnáziumot, továbbá gyakorlóiskola lett az Apáczai Csere János Gimnázium és 1961-ben a Radnóti Miklós Gimnázium is. Az általános iskolai tanárképzést a tanárképző főiskolák feladatává tették. Budapesten 1971-től az egri főiskola (akkori nevén Ho Si Minh Tanárképző Főiskola) budapesti kihelyezett tagozata működött Csepelen. Ezt 1983-ban az ELTE-hez csatolták Általános Iskolai Tanárképző Főiskolai Kar (TFK) formában, amelyen belül külön kémiai tanszék is működött. 2003-ban megszűnt a TFK, és az ott folyó képzéseket a BTK, a TTK, az Informatikai Kar és a Pedagógiai és Pszichológiai Kar vette át. Az ELTE TTK kémiai tanszékei az 1980-as évektől fokozatosan szorosabb egységbe szerveződtek (1983), majd 2006 óta a Kémiai Intézetet alkotják. A kémiatanár-képzés ennek keretében működik.

Az egyetemi képzés ideje – beleértve a tanárképzés idejét is – 1957-ben öt évre emelkedett, a tanárszakosok utolsó két szemesztere döntően a gyakorlóiskolákban végzett munkát, hospitálásokat és a gyakorló tanítást jelentette. Ez a struktúra egészen a bolognai rendszer – át nem gondolt – bevezetéséig volt érvényben (2006), és a tanárképzés (beleértve a kémiatanár-képzést is) e kényszerű átalakításának negatív hatását még ma is észleljük az egyetemi képzésben és a közoktatásban egyaránt [1].

## A kémiaoktatás épületei hajdan és ma

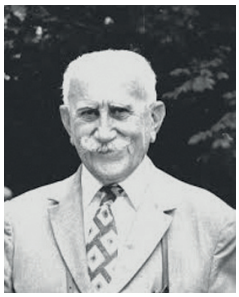
A múzeum körúti Trefort kert B/C épületében volt a még *Than Károly* által tervezett kémiai előadóterem és laboratórium (1872), amely építésekor világszínvonalon állt **(3. ábra)**. Than a nagy európai egyetemeket tekintette példának. A szakmódszertani előadások is ebben a teremben zajlottak, a kémiaoktatási laboratóriumi gyakorlatot (demonstrációs laboratóriumot, „demlabort"), viszont az épület kevésbé igényes részein, olykor az alagsori helységeiben tartották meg. Száz év után, 1965-től kezdve nyilvánvalóan megoldandó probléma lett a Természettudományi Kar megfelelő, korszerű elhelyezése. Két évtizeden keresztül több fejlesztési terv is született, több lehetséges helyszín is felmerült (lábakon álló toronyépület az Múzeum körút sarkán, új épületek a Fehér úton). A megvalósítás mindig elmaradt, míg végül az ELTE alapításának 350. évfordulója hozott fordulatot, és 1985-ben megindult az új egyetemi kampusz tervezése és az építkezés a dél-budai Duna-part lágymányosi részén. A félig kész épületkomplexumba 1989-ben először a kémiai tanszékek költöztek be **(4. ábra)**. Ekkor a kor színvonalának megfelelően külön labor, módszertani előkészítő és kémiai demonstrációra, mikrotanításra is alkalmas tanterem állt a szakmódszertani képzés rendelkezésére, és most is itt működik és oktat a kémiai szakmódszertani csoport. Az már másik, sajnálatos kérdés, hogy az egyébként jó állapotban lévő Trefort kerti klasszikus, szinte tudomány- és oktatástörténeti jelentőségű tanterem már nem a kémia céljait szolgálja.

**3. ábra. A Than-féle Trefort kerti B épület**

**4. ábra. Az ELTE lágymányosi kémiai épülete**

## Az ELTE kémiai szakmódszertani csoportjának története

A kémiai szakmódszertan oktatása és kutatásszintű művelése az ELTE-n hagyományosan a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékhez tartozott. A kémiai szakmódszertan korszerű oktatásának megkezdése ugyanis *Ujhelyi Sándor* (1902–1996) nevéhez fűződik [7] **(5. ábra)**, aki 1926-tól 1936-ig kinevezett tanársegéd volt a Pázmány Péter Tudományegyetemen, a *Bugarszky István* (1868–1941) által vezetett II. számú Kémiai Intézetben. Ő volt felelős az előadási kísérletekért, de gyakran tartott előadásokat is. 1926 májusában doktori szigorlatot tett kémiából, és 1930-ban – Bugarszky rosszallása ellenére – természetrajz-vegytan szakon középiskolai tanári diplomát is szerzett. 1942-ben *Szebellédy László* (1901–1944), az akkor már Szervetlen és Analitikai Kémiai Intézet nevet viselő egyetemi intézmény igazgatója is meghívta Ujhelyi Sándort, hogy díjtalan adjunktusként az előadási kísérletek előkészítésével, valamint a gyakorlatok tartásával vegyen részt az intézet munkájában. Ujhelyi Sándor mindemellett 1940 és 1946 között a középiskolai vegytan tanítását szakfelügyelőként is ellenőrizte. *Schulek Elemér* (1893–1964) professzorsága idején Ujhelyi továbbra is fizetés nélküli oktatóként tartott előadásokat, gyakorlatokat és segítette – gazdag tapasztalataira támaszkodva – a fi-

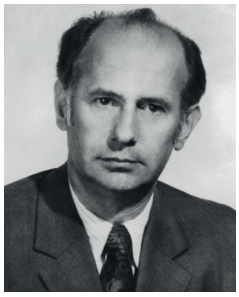


**5. ábra. Ujhelyi Sándor**

atal kollégák munkáját. Közben az akkor még létező Tanárképző Intézet felkérte Ujhelyi Sándort a „Kémiai előadási kísérletek” címen futó gyakorlatok vezetésére a vegytan szakos tanárjelöltek számára, valamint később a „Kémia tanításának módszertana” című előadások megtartására. 1957-ben jelent meg Ujhelyi úttörő munkája a kémiai előadási kísérleti praktikum [8], amely kiindulásul szolgált a későbbi ilyen művekhez.

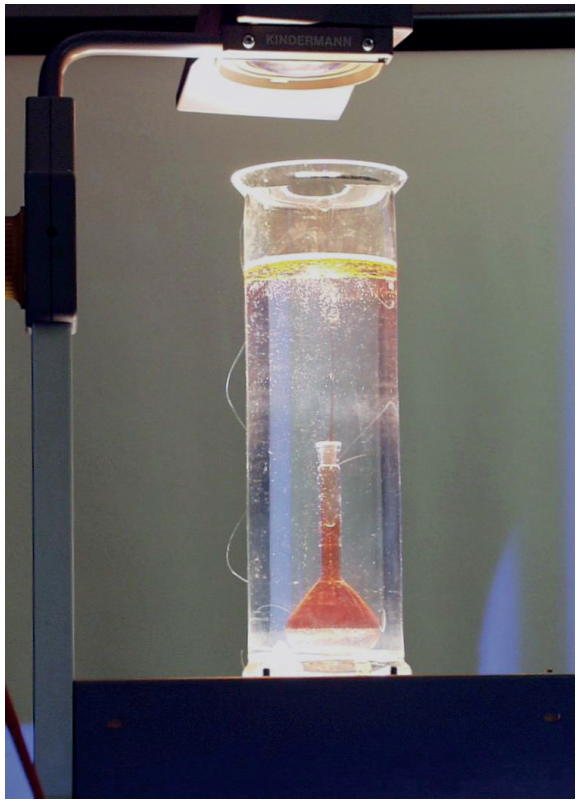
A szakmódszertani feladatok ellátásában Ujhelyi utóda az egyetemen *Pais István* (1923–2007) lett **(6. ábra)**, aki 1943-ban került a tanítványai közé, és 1957-től ő vette át munkatársaival (köztük *Balázs Lóránt*tal) a kémiatanár-jelöltek módszertani képzését egészen 1965-ig [9]. Pais Istvánnak országosan meghatározó szerepe volt a kémiaoktatás módszertana, főleg a demonstrációs kísérletezés fejlesztése területén. 1964-től az akkori Kertészeti Főiskolán, élelmiszer-kémiai területen tevékenykedett, de kapcsolata a kémiaoktatással mindvégig megmaradt. Erős egyéniségére, szigorára hajdani tanítványai nosztalgikus félelemmel emlékeznek. Sokszor emlegette, hogy „a kémiatanár műveltsége minden tárgyból a jeles érettségi fokán kell, hogy álljon”, nem beszélve arról, hogy „a kémiatanár egy szűk nyakú lombikba tölcsér nélkül is be kell tudja önteni a folyadékot akár egy demizsonból is”. Egyetemi tankönyvei évtizedekig voltak használatban a gyakorló tanárok körében is [10, 11]. Pais egyik utóda az ELTE kémiai szakmódszertani oktatásában *Pataki László* lett, aki folytatta a kísérleti technikák, így például a tanulókísérletezésre is alkalmas ún. félmikromódszer fejlesztését [12, 13]. Az 1967-től a csoporthoz csatlakozó *Perczel Sándor* **(7. ábra)** számos közleményével, a kísérletek diavetítővel való kivetítését lehetővé tevő küvettasorozat megalkotásával és módszertani kiegészítésével korai haláláig (1982) hasznosan járult hozzá a kémiatanár-képzéshez.

**6. ábra. Pais István**



**7. ábra. Perczel Sándor**

*Rózsahegyi Márta* 1962-től lett a szakmódszertani csoport tagja, majd rövidebb közoktatás-szervezési kitérő után visszatért az egyetemi oktatói pályára. Az ELTE TTK jelenleg is aktív szakmódszertanos csoportja 1971-től erősödött meg *Wajand Judit* belépésével, ők azóta is országos szintű, meghatározó személyiségei a magyar kémiaoktatási módszertannak. A Rózsahegyi–Wajand szerzőpáros praktikumai a kémiaoktatás alapvető művei mind a mai napig [14, 15, 16]. A nevezetes „575 kísérlet a kémia tanításához” 1991 óta három kiadást ért meg. Megemlítendő, hogy rövidebb ideig a szakmódszertani csoporttal dolgozott *Róka András*, *Villányi Attila* és *Stankovics Éva* is. A kémiai szakmódszertani csoport elmúlt több mint ötven évének legfontosabb szakmai eredményeit csak felsorolásszerűen tudjuk idézni: látványos kísérletek adaptálása, kidolgozása és publikálása, tankönyvek írása, bírálata, videóanyagok kidolgozása a kémiaoktatáshoz és kísérletek rögzítése korszerű audiovizuális eszközökön, egyszerű molekulamodellek elkészítése, félmikro- és írásvetítővel kivetíthető, valamint környezetbarát kémiai kísérletek kifejlesztése stb. **(8–9. ábra)** [17, 18]. Több témában (pl. számítógép alkalmazása a kémiaoktatásban, gyorstesztek oktatási használata, tanártovábbképzés) bekapcsolódott és napjainkig aktívan támogatja a csoport munkáját *Riedel Miklós* is [19, 20].




**8. ábra. Kémiai kísérlet írásvetítővel megvilágítva**

**9. ábra. A mérgező anyagot (higany(II)-rodanid) használó „fáraó kígyója” kísérlet helyett egy hasonlóan látványos, de veszélytelen kísérlet**

2006-ban megérett a helyzet a generációváltásra, ekkor került a Kémiai Intézetbe *Szalay Luca*, aki azóta vezeti a szakmódszertani csoportot.

A szakmódszertani csoport évtizedeken át jelentős munkát végzett a kémiatanárok továbbképzésében is. Az 1970-es 80-as években a továbbképzés szakmai részének megszervezője *Rohrsetzer Sándor* volt. A tanártovábbképzés az 1980-as évek közepétől akkreditációhoz kötött, országosan szervezett intézménnyé alakult. Ekkor két évtizeden keresztül az ELTE Kémiai Intézete több fontos továbbképzési kurzust tartott fenn, minden évben jelentős résztvevő-létszámmal. Az egyhetes blokkok felölelték a kémia új, aktuális és a közoktatásban is fontos területeit (anyagszerkezet, szerves kémia, informatikai eszközök oktatási alkalmazása, mindennapok kémiája, környezeti kémia, módszertani újdonságok stb.). A laborgyakorlattal is egybekötött egyhetes tanfolyamokat a Kémiai Intézet (akkor még Kémiai Tanszékcso-

port) vezető oktatói tartották. Sajnos, a központosított bürokrácia és a pedagógus-továbbképzések elüzletiesedése következtében a továbbképzések ezen rendszere lassan elhalt. Az Országos Pedagógiai Intézet felszámolása után nagy igény mutatkozott a szaktanácsadók (volt szakfelügyelők) rendszeres tájékoztatására, tapasztalataik meghallgatására. Ennek érdekében a szakmódszertani csoport az 1990-2000-es években, mintegy 15 éven át, tavaszi ankétot szervezett a vezetőtanárok és a szaktanácsadók részvételével. Megemlítendő még, hogy a csoport tagjai a kétévenként megrendezett országos kémiatanári konferencia szakmai szervezésében és az országos tanulmányi versenyek lebonyolításban is jelentős szerepet játszottak.

Kár, hogy Intézetünkben nem tudott megvalósulni olyan doktori program, ami a kémiatanárokat ösztönözné, ill. számukra lehetővé tenné a kémiai szakmódszertani irányultságú doktorátus megszerzését. Kémiaoktatási PhD-fokozat megszerzésére csak más karokon, ill. egyetemeken nyílott lehetőség [21, 22].

## Kémiatanári szakok, tantervek

Az 1960-as évek elején lefolyt reformmunkálatok az ELTE-n – de a társegyetemeken is – az oktatás belső szerkezetét is érintették, korszerűsítették a tananyagot, új oktatási formákat valósítottak meg, új tantervek készültek. Ezek a tantervek jól illeszkedtek a kémiatanár-képzés és a közoktatás kívánalmaihoz, a folyamatos változtatások mellett, sőt ellenére is jól beváltak egészen a bolognai rendszer bevezetéséig (2000-es évek eleje), túlélve még a kreditrendszer bevezetését is mindaddig természetesen, amíg a kredit a tárggyal való valóságos foglakozást (a kontakt óraszámot) fedte le.

A tanárképzés ebben az időszakban alapvetően a kétszakos képzésen alapult. A kémiatanár-képzés döntően a biológia-kémia, kémia-fizika (ismét bevezetve 1957-ben) és a matematika-kémia (bevezetve 1982-ben) szakpárosításokat jelentette. A biológia-kémia szakos hallgatók átlagos létszáma évtizedeken keresztül évfolyamonként kb. 40 fő, a kémia-fizika szakosaké 10–20 fő, a matematika kémia szakosaké kb. 10 fő volt **(10. ábra)**. Ez az

**10. ábra. Kémia-fizika szakos hallgatók a Trefort kerti F épület előtt (1962)**

arány vagy inkább aránytalanság tükröződik most is az aktív kémiatanárok szakok szerinti eloszlásában. Az 1960-as évek közepétől közel egy évtizedig az ELTE az (akkori nevén) Marx Károly Közgazdasági Egyetemmel közösen kémia-áruismeret szakos hallgatókat is képezett 5–10 fős évfolyamokkal. Szórványosan előfordult egy-két kémia szakos hallgató bölcsész szakpárosítással is (történelem, angol, német, francia a kémia mellett). A nyelvszakos tanárok később a két tannyelvű iskolákban keresett pedagógusok lettek. Az ELTE-n tanulták a szaktanári mesterségüket (így a kémiát is) a szocializmus idején meglévő nyolc egyházi iskola szerzetes tanárjelöltjei is.

A kétszakos tanári képzésben az egyes szakok a tantervekben (közel) azonos súllyal (azonos óraszámban) szerepeltek, így jól párosíthatók voltak. Csekély különbséget az alapozó tantárgyak (matematika, fizika, informatika) célszerű beosztása (megtartása vagy szakpártól függő elhagyása) jelentett. A kémiatanári szak tantervében az összes óraszám az 1960-as évek közepétől negyven éven át kb. 130–140 óra (később kredit) volt, a másik szaké szintén ekkora, továbbá mintegy 40 órát tettek ki a szaktól független pedagógiai és egyéb tárgyak. Nem beszélünk itt a rendszerváltás előtt sokáig kötelező, a szakmai képzéshez nem tartozó, s mi több, az általános műveltséget sem növelő ideológiai képzésről („tudszoc", „polgáz", a fiatalabb olvasók kedvéért: tudományos szocializmus, politikai gazdaságtan), ami szerencsére már csak az ifjúkor ködbevesző emléke néhányunk számára. Megemlítendő, hogy volt szervezett idegen nyelvi képzés is, amelynek hiányát viszont ma is észleljük.

A tanárszakos hallgatók a kémia tudományának minden területéről kaptak megfelelő tudást és információt, a tanári mesterség speciális igényeit is figyelembe véve. Néha a kutató szakosakkal (azaz a vegyészhallgatókkal) azonos előadást hallgattak kiváló professzoroktól. A standard tananyag tárgyai lefedték a kémia fő területeit kb. 10–10 heti óraszám terjedelemben. A fő blokkok az általános, a szervetlen, a szerves, az analitikai, a fizikai kémia, a kolloidika, a kémiai technológia voltak. Fontos megjegyezni, hogy a gyakorlatok, ezen belül a laboratóriumi gyakorlatok, nagyjából az előadásokkal azonos (valóságos, nem kreditben mért!) óraszámban szerepeltek a tantervekben. Az arányra minden időben nagyon ügyeltek a tantervet összeállítók.

A standard tananyagba még nem integrált, a tudomány új területeit az ún. választható tantárgyi blokkok nyújtották a hallgatóság számára (pl. bioszervetlen kémia, ásványtan, kozmokémia, magkémia, geokémia, spektroszkópiai módszerek, környezeti kémia stb.). Ezek nagyon kedvelt tantárgyak voltak, nemcsak az újdonságuk miatt, hanem mert rendszerint kiváló professzorok tartották őket (pl. *Hollósi Miklós*, *Kőrös Endre*, *Medzihradszky Kálmán*, *Vértes Attila*). Külön megemlítendő *Kajtár Márton* (1929–1991), aki elkötelezettje volt a kémiatanár-képzésnek, és új szemléletű, olvasmányos szerveskémia-könyve fogalommá vált a kémiatanár-társadalomban [23]. Ugyancsak kiemelkedő szerepe volt a tanárképzésben és -továbbképzésben *Nyilasi János*nak (1922–1978), aki világos előadásaival megszólította, sőt magával ragadta hallgatóságát nemcsak az egyetem keretein belül, de például a tudományos ismeretterjesztő társulati (TIT) esti előadásai során is. Általános kémia és Szervetlen kémia tankönyve még ma megvan is szinte minden kémiatanár polcán [24, 25].

A kémiai oktatás-módszertani tárgyakat két féléven keresztül 1–1 óra előadás és 3–3 óra laboratóriumi gyakorlat („demlabor"), továbbá a feladatmegoldási szeminárium (2 óra) jelentette. E tárgycsoportba sorolhatjuk a kémiatörténet előadást is az 1970-es évektől. A tanárszakos hallgatók úgynevezett „mikrotanítás" formájában szokhattak hozzá a diákok előtti, „éles" oktatási munkához. Ez 15–20 perces tanórai jellegű foglalkozást jelentett a hallgatótársaik és az egyetemi oktatók – tehát nem a közoktatásban tanuló diákok – előtt, amelynek során új anyag feldolgozó része vagy összefoglalás szerepelt. Az 1990-es évek elején indult a Bevezetés a szakmódszertanba c. egy féléves, heti 2 órás tantárgy a másodévesek számára. Ennek keretében egyebek mellett a félév során 6–7 óralátogatáson is részt vettek a hallgatók különböző iskolatípusokban. A cél a tanári mesterség megismertetése, megszerettetése a kezdő egyetemi hallgatókkal.

Az 5. évben készítették a hallgatók a szakdolgozatukat is, amelynél elvárás volt, hogy lehetőleg szakmódszertani területről szóljon, ha pedig valamely kutatási munka részét jelentették, legyen olyan fejezete, amely a kutatási munka esetleges oktatási

adaptációját boncolgatja. Az ELTE TTK-n számos igényes kémiaoktatás-módszertani szakdolgozat született. Ezek egy része későbbi publikációk alapjául is szolgált, sőt beépült a közoktatás tananyagába is [20, 26]. A kémiatanár-képzés a szakdolgozat védésével és szakmai és szakmódszertani záróvizsgával fejeződött be **(11. ábra)**.

**11. ábra. Kémia-fizika szakos hallgatók ballagása 1970-ben**

Az alapos szakmai képzésnek az is a következménye volt, hogy a kémiatanári szakot végzett hallgatók a tanári életpálya helyett jelentősebb számban helyezkedtek el a tudományos kutatás és az ipar területén. A tanulmányi fegyelem a jelenleginél jóval szigorúbb volt. A gyakorlatról való hiányzást feltétlenül pótolni kellett, az előadások többségén félévenként több alkalommal katalógus volt **(12. ábra)**. (A fiatalabb, lazább egyetemi környezetben „edződött” olvasók kedvéért ez névsorolvasást jelen-

**12. ábra. Karikatúra az Egyetemi Lapok 1964. április18-i számából**

tett, sőt például *Erdey-Grúz Tibor* 8 óra 00 perckor be is zárta az F épületi előadóterem ajtaját.) Érvényes gyakorlati jegy hiányában nem lehetett vizsgát tenni, azaz félévet kellett ismételni, és ezt csak egy alkalommal lehetett megtenni.

A korábbi évtizedek szórványos esetei után az 1990-es évektől hivatalossá vált az egyszakos kémiatanári képzés is azt az igényt kielégítendő, miszerint mind több vegyész szakot végző vagy végzett szakember perspektívát látott a kémiatanári pályában (is). Ez az oktatási program elfogadva a korábbi kémiai vizsgákat, mint szükséges tudást, komoly szakmódszertani képzést adott, és megkívánta az alapos gyakorlóiskolai munkát is. Ugyancsak ebben az időben (1990-es évek elején) vezette be az ELTE TTK a kémiatanári kiegészítő képzést is azok számára, akik főiskolán szereztek kémiatanári diplomát, és így nem taníthattak az egyre terjedő hat- és nyolcosztályos gimnáziumok felsőbb osztályaiban. A szak programja szinte az egész kémiai alapképzés ismeretanyagát lefedte, hiszen figyelembe kellett venni egyrészt a kémia rohamos fejlődését az előző diploma megszerzése óta, másrészt a főiskolák más irányú oktatási profilját.

## Gyakorlóiskolák

A kémiatanári szak tantevéhez tartozott a gyakorlóiskolákban végzett tanítási gyakorlat is. A tanárszakos hallgatók a 9. és 10. szemeszter jelentős részét a gyakorlóiskolákban töltötték, egy-egy szakjuk tanításával, iskolai munkájával egy-egy teljes félévben foglalkozva. A gyakorlóiskolákban olyan kiváló vezetőtanárok tevékenykedtek, mint (a teljesség igénye nélkül), a Trefort Gimnáziumban *Körner Miklósné* és *Majoros János*, az „Apáczaiban” *Karakas Gábor*, *Szalay István* és *Varga Ernő*, a „Radnótiban”: *Balázs Lóránt*né, *Becker Ágnes* és *Kiss Zsuzsa*. Esetenként az ELTE-hez nem tartozó neves gimnáziumok is fogadtak tanárjelölteket (pl. a Fazekas Gimnáziumban *Hobinka Ildikó*). Meg kell jegyeznünk, hogy a vezetőtanárok kapcsolata az egyetemi szakmódszertani csoporttal az 1960-as évek második feléig általában nem volt szoros annak ellenére, hogy szervezetileg a gyakorlógimnáziumok is az ELTE-hez tartoztak. Érdekesség, hogy az 1960-as években az ötödéves tanárjelöltek külső, gyakran vidéki gimnáziumokban is töltöttek bizonyos időt részben hospitálással, de főként gyakorló tanítással.

## Befejezés

Az itt olvasottak a múlt. E sorok írói remélik, hogy a kémiatanárképzés a a jövőben is ugyanolyan igényes és sikeres lesz, mint az hajdanán, 50, 100 éve volt. És nemcsak néhány nagy tanár egyéniség lesz, akiket a saját teljesítményük mellett a Richter Kémiaoktatásért Díj és a Rátz Tanár Úr Életműdíj is kiemel [27, 28],

**13. ábra. A tanárszakos fizikai kémiai laboratóriumban (*Rédei Dávid* biológia–kémia szakos hallgató karikatúrája, 1990-es évek vége)**

hanem minden iskolában valóban kiváló kémiatanárok képzik – és tegyük hozzá, térítik el az áltudományoktól – unokáinkat. És azt is reméljük, hogy hallgatóink jókedve is megmarad olyannak, mint amilyen egy biológia-kémia szakos hallgatónké volt, aki a **13. ábrán** látható módon élte meg az egyik legnehezebb tárgyat, a „mumus” fizikai kémiai laboratóriumi gyakorlatot. Talán csak a kísérleti eszközeink lesznek modernebbek...

IRODALOM
[1] Szalay Luca: Magyar Kémikusok Lapja, 2019 (74) 76–80.
[2] Szögi László: Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története képekben, ELTE Eötvös Kiadó, 2015.
[3] Szögi László (szerk.): Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története 1635–2002. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003.
[4] Ladányi Andor: A középiskolai tanárképzés története, Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 2008.
[5] Kósa László (szerk.): Szabadon szolgál a szellem. Tanulmányok és dokumentumok a száz esztendeje alapított Eötvös József Collegium történetéből (1895–1995), Gift Kft., Budapest, 1995.
[6] Déri Márta visszaemlékezése: https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/legenda/groh/grohd.html.
[7] Pais István, Sziráki György: Állattani közlemények (2003) 88/1, 5–10.
[8] Ujhelyi Sándor: Kémiai kísérletek gyűjteménye az általános iskolák dolgozó és levelező tagozata számára, Tankönyvkiadó, Budapest, 1957.
[9] Szilágyi Mihály: Magyar Kémiai Folyóirat (2007) 113/1, 3.
[10] Pais István: Kémiai előadási kísérletek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1955, 1963, 1965.
[11] Pais István, Biczók Ferencné: A kémia tanításának módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
[12] Pataki László, Perczel Sándor: A kémia oktatásában használatos kísérletek leírása, Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
[13] Pataki László, Hutter Anna: Félmikrokémiai kísérletek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
[14] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: Új demonstrációs kísérletek a redoxi- és elektrokémiai folyamatok szemléltetésére, ELTE TTK Továbbképzési Csoportjának Kiadványa, Budapest, 1989.
[15] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991, 1994, 1998.
[16] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999.
[17] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: A kémia tanítása (1993) 1/4.
[18] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: Középiskolai Kémiai Lapok (2000) 27, 343–349.
[19] Hobinka Ildikó, Riedel Miklós, Valkó Péter: New Line (Számítástechnika a kémiaoktatásban), OPI-kiadvány, Budapest, 1984.
[20] Riedel Miklós,Tamás Klára: A kémia tanítása (1998) 3–4, 3–10.
[21] Kiss Edina: A tanulók tévképzeteinek és fogalmi fejlődésnek vizsgálata a kémia néhány alapfogalma területén, PhD-értekezés, KLTE, 2008.
[22] Főző Attila László: Számítógéppel segített kollaboratív és egyéni tanulást segítő módszerek a kémiaoktatásban, PhD-értekezés, ELTE, 2010.
[23] Kajtár Márton: Változatok négy elemre, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1984.
[24] Nyilasi János: Általános kémia, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1975, 1980.
[25] Nyilasi János: Szervetlen kémia, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1975, 1980.
[26] Villányi Attila: Kémiai számítási feladatok módszeres feldolgozása, szakdolgozat, ELTE, 1981.
[27] http://www.ratztanarurdij.hu/
[28] https://www.richter.hu/hu-HU/felelossegvallalas/alapitvanyok/Pages/Alapitvany-Magyar-Kemia-Oktatasert.aspx (Az internetes címek utolsó felkeresése: 2019. 03. 08.)

Raucsikné Varga Andrea Beáta
SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

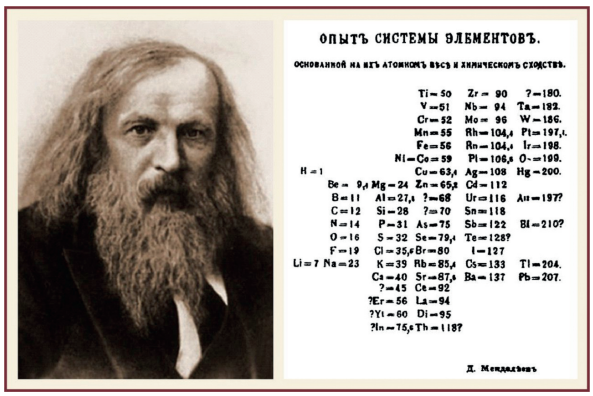
# A periódusos rendszer jelentősége a földtudományokban: a (geo)kémiai ismeretek bázisa

## A periódusos rendszer: múlt, jelen, jövő

### A periodicitás mint rendezési elv – történeti áttekintés

A természetben előforduló és a mesterségesen előállított elemek az atommag növekvő protonszáma, azaz a rendszám szerint sorozatba rendezhetők, ez a hosszú sor azonban csak részben tükrözi az elemek tulajdonságait (pl. növekvő atomtömeg). Bizonyos elemek hasonló kémiai tulajdonságú csoportokat jelölnek ki az elemek birodalmában, amelyhez az adekvát rendszerezési keretet a periódusos rendszer biztosítja [1, 2]. A periódusos rendszer – mind elméleti, mind gyakorlati szempontból – a kémia egyik kiemelkedő jelentőségű eszköze; sem a szervetlen kémia, sem a geológia (és a geokémia) kémiai alapjait nem érthetjük meg előzetes tárgyalása nélkül [3, 4].

A kémiai tulajdonságok ismétlődésének, azaz a periodicitás jelenségének központi szerepe miatt napjainkig számos (kb. 700) különböző periódusos táblázatot javasoltak, ezek közel 150 féle (al)típusba sorolhatók [3]. Valamennyi közül a legkiemelkedőbb az 1869-es Mengyelejev-féle periódusos rendszer **(1. ábra)**. Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1906) orosz kémikus az addig ismert 60 elemet atomtömeg alapján rendezte, ami periodikus változást mutat, ha a rokon kémiai tulajdonságú elemeket egymás alatt helyezzük el. E rendezési elv segítségével megjósolta bizonyos elemek felfedezését. Ezeknek üres mezőket hagyott ki a táblázatában; sőt, várható tömegüket előre megbecsülte. Munkássága során a periódusos táblázat több formáját publikálta [1, 2, 3]. Noha az elektron későbbi felfedezését, majd az elektronszerkezet összefüggéseinek feltárását követően az atomtömeg rendszerező szerepe háttérbe szorult, Mengyelejev meghatározó



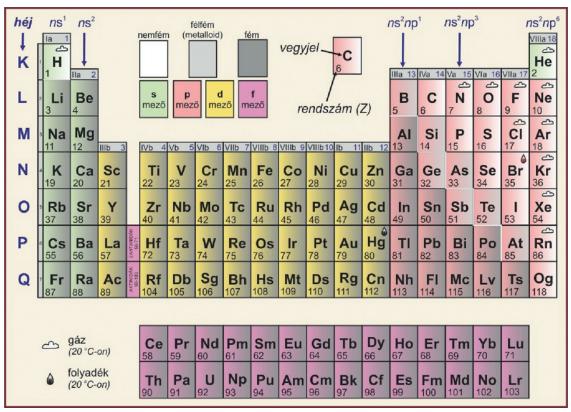

**1. ábra. Mengyelejev és az általa megalkotott, tömeg szerint rendezett periódusos rendszer**

* A Periódusos Rendszer Éve alkalmából meghirdetett MKE-cikkpályázatra érkezett, nívódíjjal elismert dolgozat – egy egyetemi előadás írott változata. Az előadáshoz kapcsolódó kurzus: A földtudományok kémiai alapjai (földtudományi BSc-szak, 1. évfolyam, I. félév). Az EMMI támogatásával (UNKP-18-4-SZTE-16).

eredményének tiszteletére a 101-es rendszámú (Md, mendelévium), mesterségesen előállított elemet róla nevezték el [4].

## Az elektronszerkezet szerepe az elemek rendszerezésében: a periódusos rendszer és a kvantumszámok

Az atomok elektronszerkezetének kvantummechanikai magyarázata lehetőséget biztosított arra, hogy az elemek kémiai tulajdonságaiban megfigyelt periodicitást az elektronszerkezetet leíró kvantumszámok segítségével értelmezzük. A 21. század periódusos rendszerében már 118 elem található, a legszélesebb körben használt, úgynevezett „hosszú periódusos rendszer” azonban még ma is hasonlít Mengyelejev eredeti ábrájára. A relatív atomtömeg a rendszám növekedésével, azaz egy sorban balról jobbra haladva általában növekszik, míg egy oszlopban fentről lefelé haladva szintén nő. Ebben a modern periódusos rendszerben az elemek négy nagyobb blokkot alkotnak, ezek az úgynevezett mezők. Az elektronkonfiguráció szempontjából megkülönböztetünk továbbá függőleges oszlopokat, ezek a csoportok, valamint vízszintes sorokat, ezek a periódusok **(2. ábra)**. Minden egyes oszlopban olyan elemeket találunk egymás alatt, amelyek azonos számú vegyértékelektronnal rendelkeznek, ezért hasonló tulajdonságúak. A sorok az elektronhéjak fokozatos feltöltődését mutatják balról jobbra a rendszám (és így az elektronszám) növekedésével, azaz az első periódus a benne elhelyezkedő két elemmel (hidrogén és hélium) a K héjnak felel meg. A második az L héj két alhéját tartalmazza, a zárt K héjat követően először az L héj s-alhéján helyezkedik el az első, majd a második elektron, ezután a p-alhéj töltődik fel fokozatosan a maximális 6 elektronnal; ennek megfelelően ebben a periódusban 8 oszlop (csoport) különül el. Hasonlóan, a harmadik periódusban (M héj) szintén 8 elem különíthető el. Közvetlen összefüggés van a periódusos táblázatban található mezők és a bennük található atomok elektronkonfigurációja között: az s-mező 2 elem szélességű, a p-mező 6, a d-mező 10, és az f-mező 14 elem szélességű [3], azaz mindig annyi oszlop található az adott blokkban, ahány elektron maximálisan tartózkodhat az adott alhéjon **(2. ábra)**.




**2. ábra. Az elemek periódusos rendszere az elektronszerkezeti összefüggések és a fémes jelleg változásának feltüntetésével [2]**

## Nevezetes elemcsoportok a periódusos rendszerben

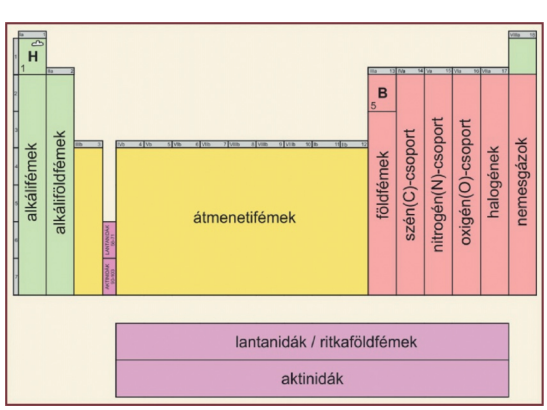
A periódusos táblázat első két csoportja együttesen az s-mezőt alkotja. Az első csoport elemeinél – függetlenül attól, hogy melyik héj a vegyértékhéj – egy elektron található a legkülső s-alhéjon (a vegyértékhéj elektronkonfigurációja: $ns^1$, ahol $n$ a főkvantumszám). Itt találjuk a hidrogént, és a vele analóg vegyértékszerkezetű, de tőle eltérő kémiai tulajdonságokkal rendelkező elemek csoportját, az alkálifémeket (pl. Na, nátrium; K, kálium). A második csoportba az s-mező azon elemei tartoznak, amelyek vegyértékhéjának elektronkonfigurációja $ns^2$, ezek az alkáliföldfémek (pl. Mg, magnézium; Ca, kalcium) [1, 3].

A következő 6 oszlop alkotja a p-mezőt, a benne elkülöníthető 6 csoport rendre eggyel több elektront tartalmaz a vegyértékhéjon az $ns^2np^1$ konfigurációtól az $ns^2np^6$ konfigurációig. Hagyományos elnevezésük a következő **(3. ábra)**: földfémek (pl. Al, alumínium), széncsoport (pl. C, szén; Si, szilícium), nitrogéncsoport (pl. N, nitrogén; P, foszfor), oxigéncsoport (pl. O, oxigén; S, kén), halogének (pl. F, fluor; Cl, klór) és nemesgázok (pl. Ne, neon; Ar, argon). Figyeljük meg, hogy a nemesgázok elektronszerkezete telített, zárt (ezért tartozik ide a hélium is)! Ennek megfelelően kémiailag inert elemeket alkotnak. A vegyértékhéjon a szomszédos nemesgáz szerkezetéhez (ún. oktett: $ns^2np^6$) képest több (pl. alkálifémek, alkáliföldfémek) vagy kevesebb (pl. halogének) elektront tartalmazó atomok igen reakcióképesek; elektron(ok) leadásával vagy elektron(ok) felvételével a stabil oktettszerkezet elérésére törekednek, azaz elsőrendű kémiai kötést hoznak létre egy vagy több másik atommal.

Az s- és a p-mező 8 oszlopát szokás főcsoportoknak (A csoport) nevezni, mert ezeknél a vegyértékhéjon az s- és a p-alhéj töltődik fel fokozatosan elektronokkal [2]. Az első (Ia vagy IA) és a második (IIa vagy IIA) főcsoport alkotja az s-mezőt, a harmadik–nyolcadik főcsoport (IIIa–VIIIa) a p-mezőt **(2. ábra)**. E kettő közötti helyzetben találjuk a d-mezőt (B csoport), benne 10 rövidebb oszloppal (ún. mellékcsoportok, Ib–VIIIb vagy IB–VIIIB). Az itt található elemeket összefoglalóan átmeneti elemeknek vagy átmenetifémeknek nevezik (pl. Fe, vas; Mn, mangán; Cu, réz; Ag, ezüst; Au, arany). Közös jellemzőjük, hogy a legkülső, telítetlen héj s-alhéján egy vagy két elektront tartalmaznak, tulajdonságaikat azonban a belső, telítetlen d-alhéj fokozatos kiépülése határozza meg [1, 2]. Erre az energiaszintek figyelembevételével először a 4s-alhéj betöltődését követően van mód (3d-alhéj), azaz a negyedik periódusban kezdődik a d-mező. A „hosszú periódusos rendszerben” az s-mezőt jobbról a d-, majd azt a p-mező követi, a bennük elhelyezkedő oszlopokat ezért szokás egytől tizennyolcig folyamatosan számozva felsorakoztatni.

Az átmenetifémek közül kiemelve, a periódusos táblázat alsó részén találjuk az f-mezőt, illetve az azt alkotó 14 rövid oszlopot **(2. és 3. ábra)**. Az itt elkülönülő elemek a belső átmeneti elemek

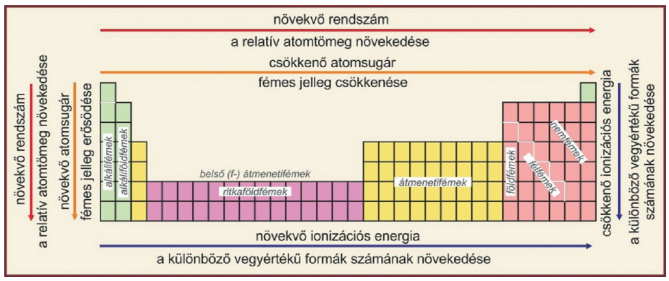
**3. ábra. Nevezetes csoportok a periódusos rendszerben. A lantanidák és az aktinidák (f-mező elemei) alkotják a belső (f-) átmeneti elemeket [2]**



(f-átmeneti elemek). Ha figyelmesen megnézzük a megfelelő rendszámokat, az f-mező első sora a d-mezőben található lantán (La) után következik, ezért ezeket összefoglaló néven lantanidáknak vagy lantanoidáknak (lantánszerű elemek) nevezik; magyar megnevezésük: ritkaföldfémek (pl. európium, Eu). Az f-mező második sorát a d-mezőben található aktíniumot (Ac) követő 14 elem, az aktinidák vagy aktinoidák (aktíniumszerű elemek) alkotják. A kizárólag radioaktív elemekből álló csoport legismertebb és kiemelkedő jelentőségű tagja a tórium (Th) és az urán (U). Az uránt követő elemek a transzuránok, melyek a természetben nem fordulnak elő számottevő mennyiségben, előállításuk mesterségesen lehetséges [2, 3].

## A fémes jelleg és a vegyérték változása a periódusos rendszerben

Az elemek ~80%-a fém, amint erre a csoportok összefoglaló nevei (pl. alkálifémek, földfémek) is utalnak. A fémek közönséges körülmények között – a cseppfolyós higany (Hg) kivételével – szilárd halmazállapotúak, nem átlátszóak (opakok), fémes fényűek, nagy elektromos és hővezető képességűek; a legtöbbjük kemény, de alakítható [2, 3, 5, 6]. A fémes jelleg változása a periódusos rendszerben is követhető, egy csoporton belül a rendszám növekedésével növekszik; egy perióduson belül viszont a rendszám növekedésével csökkennek a fémes tulajdonságok **(4. ábra)**.




**4. ábra. A jellemző tulajdonságok periodikus változása a hosszú periódusos rendszerben**

A nemfémek és a fémek között nem húzható meg éles határ, de az elektromos vezetőképesség alapján a két csoport egyértelműen megkülönböztethető. A fémek elektromos vezetőképessége ugyanis a hőmérséklet emelésével – a növekvő ellenállás miatt – csökken. Vannak olyan elemek, amelyek tulajdonságai részben a fémekre jellemzőek, részben a nemfémek sajátságait mutatják. Ezeket az átmeneti jellegű elemeket félfémeknek (metalloidok) nevezzük. Ebbe a csoportba tartozik például a szilícium (Si) és a germánium (Ge), amelyek félvezetők, ennek megfelelően ellenállásuk a hőmérséklet emelésével csökken. Az elektronikai iparban az ultratiszta szilíciumot tranzisztorok, diódák készítésére használják fel (pl. chipek a számítógép memóriaegységében) [2].

A tömegen és a fémes jellegen túl több fizikai és kémiai tulajdonság is periodicitást mutat a növekvő rendszámmal, ilyen az atomtérfogat, a sűrűség, az atomsugár, illetve az ionizációs energia, az elektronaffinitás és az elektronegativitás. Ez utóbbi segítségével leírhatjuk az atomok és az ionok közötti kapcsolat, a kémiai kötés jellegét, azonban figyelembe kell vennünk azt is, hogy egy adott atom vagy ion hány kötést képes létesíteni. Azoknak a kötéseknek a számát, amit valamely atom egy molekula vagy vegyület részeként létesíthet, vegyértéknek nevezzük [6, 7].

A kémiai reakciók során a kapcsolódó atomok arra törekednek, hogy a stabil nemesgáz-konfigurációt érjék el. Az alkálifémek (pl. Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) vegyértékhéján csupán egy elektron található, ezért egy kémiai kötést képesek létesíteni, azaz egy vegyértékűek. Az alkáliföldfémek (pl. Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$) két vegyértékelektronnal rendelkeznek, ezért kémiai kötés létesítésekor két vegyértékűek. A kis ionizációs energiájú elemeknél tehát a vegyérték megegyezik a vegyértékhéjon található elektronok számával, azaz a periódusos rendszerben elfoglalt hely (főcsoport száma) alapján könnyen meghatározható. Az alumínium (Al, III. főcsoport) vegyértéke három, a szén és a szilícium (C és Si, IV. főcsoport) általában négy, míg a foszfor (P, V. főcsoport) öt vegyértékű [3, 6].

A nagy elektronegativitású elemeknél, mint az oxigén (O, VI. főcsoport) vagy a fluor (F, VII. főcsoport), a vegyérték azt az elektronszámot jelenti, ami az adott atom vegyértékhéjáról hiányzik (vakancia) ahhoz, hogy a stabil nemesgáz-konfigurációt elérje. Az oxigén vegyértékhéján hat elektron tartózkodik, azaz a stabil oktett-szerkezet eléréséhez két elektron felvételére van szükség, így két vegyértékű. A halogének hét vegyértékelektronnal rendelkeznek, ennek megfelelően kémiai kötés kialakításakor csupán egy vegyértékkel szerepelnek. A periódusos táblázat központi részén található elemek (pl. átmenetifémek), illetve a p-mező nehezebb elemei (pl. kén, S; arzén, As) ennél jóval bonyolultabb viselkedésűek. Vegyértékük a környezet oxidációs állapotától függően változhat, ami gyakran nem vezethető le a periódusos rendszerben elfoglalt helyükből. Minden különböző oxidációs állapot eltérő vegyértéknek felel meg. A természetben gyakori vas (Fe) például eletronleadással (azaz oxidáció hatására) két vegyértékű ferroionná ($Fe^{2+}$) vagy három vegyértékű ferriionná ($Fe^{3+}$) alakulhat; vannak azonban olyan elemek, amelyek jóval több vegyértékkel szerepelhetnek [2, 3, 6].

## A 21. század „elemi” kihívásai

### A verhetetlen hidrogén

A periódusos rendszer első helyén (Z = 1) találjuk az egyelektronos hidrogént, ami a természetben két stabilis (prócium és deutérium) és egy radioaktív (trícium) izotóp formájában fordul elő. Ezek a legkisebb és legkönnyebb atomok. A hidrogén a világegyetem leggyakoribb eleme. A Föld felszínén szintén kiemelkedik gyakoriságával, hiszen az oxigén és a szilícium után ez a harmadik legnagyobb mennyiségben előforduló elem. A nemfémek klasszikus példája; elemi formában kétatomos molekulát ($H_2$) alkot. Elemi állapotban azonban csak kis mennyiségben fordul elő a Földön, elsősorban vulkanikus gázokban és a légkör magasabb rétegeiben. Mind a földkéregben, mind az óceánokban (hidroszférában) vegyületeiben található meg, amelyek közül a legfontosabb a víz, továbbá az élővilág „építőkövei”, a szerves vegyületek [2, 3, 4, 6].

A hidrogén rendelkezik egy különleges tulajdonsággal: a fémekre jellemző elektronszerkezetet szintén kialakíthat. Extrém nagy nyomású kísérletek tapasztalatai alapján úgy gondolják, hogy ilyen körülmények között fémes hidrogén jön létre. A Naprendszer külső óriásbolygói közül a Jupiter és a Szaturnusz erős mágneses mezejét a bolygók belsejében „összenyomott” fémes hidrogén mozgása okozhatja, amit a dinamóelvvel magyaráznak [6, 8].

A hidrogén szempontjából a 21. század kihívását a népességnövekedés és a gazdasági fejlődés miatt megnövekedett energiaigény jelenti. A globális felmelegedés problémája miatt a nagyobb energiatermelést korlátozott mennyiségű üvegházhatású gáz (pl. szén-dioxid, metán stb.) kibocsátásával párhuzamosan kell megoldani. Az antropogén forrásból származó üvegházhatású gázok

döntő része a fosszilis energiahordozók (földgáz, kőolaj, kőszén) elégetéséből származik, ezért kiemelt kutatások övezik a környezetbarát energiatermeléssel kapcsolatos technológiákat. A hidrogén lehet a jövő egyik energiaforrása, hiszen égésekor csupán víz keletkezik. A hidrogénalapú gazdaságban az energia tárolása, szállítása cseppfolyós vagy gáz halmazállapotú hidrogén formájában történhet [9, 10, 11].

A hidrogén egyik potenciális előállítási lehetősége a szénhidrogének, különösen a metán bontása. A metán termikus vagy termokatalitikus bontásakor ugyanis szén (ami nanoszénként a folyamat nagy tisztaságú, értékes melléktermék) és hidrogén jön létre, szén-dioxid képződése nélkül [3, 10, 11]. Másik lehetőség a hidrogén elektromos úton való előállítása vízből, azaz az elektrolízis. Ez a folyamat, illetve a nagy tömegben való tárolás technológiája már régóta ismert: hatalmas mennyiségű cseppfolyós hidrogént tárolnak szigetelt és hűtött tartályokban az űrprogramokhoz kapcsolódva, rakéta-hajtóanyagként [3, 9]. A tárolásnak azonban egyszerűnek, olcsónak és veszélytelennek kell lennie, ezért olyan rendszereket kell találni, amelyek könnyen elérhetőek, továbbá ciklusosan megismételhető módon számottevő mennyiségű hidrogént vesznek fel, illetve adnak le [9]. Néhány belső égésű motort már hatékonyan átalakítottak hidrogénalapú működésűre, a hidrogén gépkocsi-üzemanyagként való széles körű alkalmazása azonban még aktív kutatási terület [3].

## Ritkaföldfémek: a szélturbináktól a geokémiai korrelációig

Az f-mező elemeinek első sora – a lantánt követő 14 elem – alkotja a „lantanoida” (lantánszerű) vagy lantanida elemeket. Ezeket a d-mezőben található lantánnal (La) együtt a szoros értelemben használt ritkaföldfémek összefoglaló néven szintén gyakran említik. A lantanidák a következők: cérium (Ce), prazeodímium (Pr), neodímium (Nd), prométium (Pm), szamárium (Sm), európium (Eu), gadolínium (Gd), terbium (Tb), diszprózium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), túlium (Tm), itterbium (Yb) és lutécium (Lu). A ritkaföldfémeket általában két csoportra osztják, megkülönböztetik a könnyű (La–Sm) és a nehéz (Gd–Lu) ritkaföldfémeket [1, 2, 3, 4, 6]. A Ce a legkönnyebb ritkaföldfém, olvadáspontja 798 °C. A legnehezebb ritkaföldfém a Lu, ennek olvadáspontja több mint kétszer nagyobb (1663 °C). A lantanidák ezüstös színű vagy halványsárga (Eu, Yb) fémek, viszonylag puhák, keménységük a rendszám növekedésével növekszik. Tágabb (geo)kémiai értelemben a rokon viselkedés miatt az ittriumot (Y) és a szkandiumot (Sc) is a ritkaföldfémek közé sorolják [3, 4, 6, 12, 13].

Elnevezésük egyrészt különleges tulajdonságaiknak köszönhető („ritka”), másrészt a „föld” szó az oxidvegyületekre (fém-oxidok) utal. Gyakorisági szempontból a ritkaföldfémek nem tekinthetők ritka elemeknek, azonban általában kis koncentrációban (ppm és ppb nagyságrend) vannak jelen a földkéreg kőzeteiben, illetve a kőzetalkotó ásványokban. Ez alól a prométium kivétel, mert ez a radioaktív elem nem fordul elő a természetben, az urán maghasadása során képződik, reaktorok kiégett fűtőanyagában található meg [3, 4, 6, 12].

A ritkaföldfémek kémiai jelentősége sokáig teljesen eltörpült a „legekben bővelkedő” hidrogénhez képest. A modern társadalom rohamos léptekkel változó technológiai igénye azonban felhívta a figyelmet a ritkaföldfémek egyedülálló és megkerülhetetlen szerepére. Különleges jelentőségüket az adja, hogy kivételes mágneses és vezetőképességi tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért a lágy és képlékeny ritkaföldfémek számos fejlett technológiai alkalmazásban nélkülözhetetlenek. Ritkaföldfémekre van szükség a szélturbinák, a hibrid fűtőelemes akkumulátorok, az okostelefonok, a merevlemezek, a „lapos” képernyők gyártásához. A neodímium mágneses tulajdonságai adtak lehetőséget arra, hogy a számítógépek merevlemezeinek és hangszóróinak méretét jelentős mértékben csökkentsék. A neodímium és ötvözetei a korszerű haditechnikában (cirkálórakéták, okosbombák, drónok) szintén komoly szerepet kapnak [6, 12].

A ritkaföldfémek ipari felhasználásakor általában nem tiszta elemekre van szükség, hanem egy vagy több ritkaföldfémet más elemekkel (pl. vas, nikkel, ón, gallium, tantál) együtt használnak fel. Az így kapott ötvözetek a korábbi technológiákkal előállítottakhoz képest erősebbek, kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek. Látszólag nagyon kis mennyiségre van belőlük szükség, de a célok eléréséhez nélkülözhetetlenek, ezért emlegetik őket „fűszer”-fémekként vagy „vitaminokként” [12].

A ritkaföldfémek földtudományi jelentőségét a 20. század végén a modern geokémia ismerte fel. A ritkaföldfémek vegyületeikben ionos jellegű kötéseket létesítenek, töltésük általában +3. A Ce és az Eu a környezet oxidációs állapotától függően azonban eltérő iontöltéssel (+4, illetve +2) rendelkezhet, tehát e két ritkaföldfém változó vegyértékű. Általában nem önálló ásványt alkotnak, hanem helyettesítő nyomelemként lépnek be gyakori és kőzetalkotó ásványok kristályrácsába (pl. gránát, földpátok: plagioklász). Reduktív körülmények között az $Eu^{2+}$ ionsugara és töltése a $Ca^{2+}$ tulajdonságainak felel meg, ezért helyettesíti azt a plagioklászban. A viszonylag nagy töltés miatt a ritkaföldfémek a vizes oldatokban kevéssé oldódnak, ezért geokémiai szempontból immobilisnak tekinthetők. Természetes rendszerekben (talaj-, illetve kőzetalkotó ásványok) mennyiségük hosszú időn keresztül megőrződik, ezért földtörténeti léptékben is felhasználhatók az egykori geológiai folyamatok feltárására, képződmények közötti rokonság bizonyítására. Földkéregbeli gyakoriságukat tekintve a nyomelemek közé tartozó ritkaföldfémek természetes eloszlási törvényszerűségei a termodinamika segítségével modellezhetők, érzékenyen jelzik a földtani környezet változását, ezért genetikai információkat szolgáltatnak. Eredményesen alkalmazhatók a magmás folyamatok (pl. olvadékképződés) nyomon követésére, illetve a földfejlődés nagy léptékű folyamatainak leírására [4, 13].

IRODALOM

[1] Atkins, P. W.: A periódusos birodalom. Utazás a kémiai elemek földjére. Kulturtrade Kiadó, Budapest, 1995. 153.
[2] Whitten, K. W., Davis, R. E., Peck, M. L., Stanley, G. G.: Chemistry. Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA, 2014. 1190.
[3] Greenwood, N. N., Earnshaw, A.: Az elemek kémiája, I–III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004. 1834.
[4] White, W. M.: Geochemistry. Wiley-Blackwell, 2013. 668.
[5] Koch, S., Sztrókay, K.: Ásványtan I–II., 5. kiadás. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994, első kiadás: 1955.
[6] Gill, R.: Chemical Fundamentals of Geology and Environmental Geoscience. Wiley-Blackwell, Oxford, 2015. 267.
[7] Varsányi Z-né: A földtudományok kémiai alapjai. Szegedi Egyetemi Kiadó, Szeged, 2009.
[8] Moore, P., Nicolson, I.: A Nap és bolygói, A Világegyetem Enciklopédiája. Helikon Kft., Budapest, 1992. 127.
[9] Schiller, R.: Hidrogén, az elemek királya, A kémia születésétől az energetika jövőjéig. Typotex Elektronikus Kiadó Kft., Budapest, 2013, 319.
[10] Abbas, H. F., Wan Daud, W. M. A.: International Journal of Hydrogen Energy (2010) 35, 1160–1190.
[11] Ashik, U. P. M., Wan Daud, W. M. A., Abbas, H. F.: Renewable and Sustainable Energy Reviews (2015) 44, 221–256.
[12] Braun, T.: Magyar Kémikusok Lapja (2018), 73, 4, 120–126.
[13] Harangi Sz. (szerk.): Magmás kőzetek és folyamatok – gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához, ISBN 978-963-284-478-7, http://elte.prompt.hu/elkeszult-tananyagok (2013)

Királyi kutatók

# Tudományos akadémiák születése

A középkort követő néhány évszázadban az egyetemek helyett a tudós társaságok voltak a tudományos élet központjai. Ezeket a köröket a tudomány nagy változásai hívták életre, és az „új tudomány” 17. századi kibontakozása mellett a társaságok szerveződése is felülemelkedett az Európát megosztó konfliktusokon.

A társaságok, szalonok persze különböztek egymástól, de több olyan is akadt, ahol kirajzolódott vagy akár dominált a természet titkai iránti érdeklődés. Roger Hahn, a neves tudománytörténész rávilágít arra, hogy magántársaságként ezek semmivel sem tartoztak az uralkodónak, de a tudomány idővel támogatásra szorult: az akadémiák újkori története azzal kezdődött, hogy az amatőr körök átalakultak törvényesen elismert társaságokká – és megjelentek a professzionális tudósok.

Az első állandó tudományos akadémiákat (így az angol Royal Societyt, a francia Académie royale des sciences-t) az 1660-as évek táján alapították. 1665-ben elindult az első két tudományos folyóirat, a *Philosophical Transactions* és a *Journal des Savants,* de az akadémiák tagjai az eleinte közös publikálásnál is fontosabbnak tartották a kísérletezést, a tudományos igazságok bizonyítását – és büszkék voltak a laboratóriumi felszerelésükre.

Az akadémiák alapításának folyamata azonban függött a „hely szellemétől”. A francia változat (erről lesz most szó) azért tűnik különlegesnek, mert Párizsban híres szalonélet folyt. A magántársaságok közül kiemelkedett a Dupuy fivérek „kabinet”-je. A testvérek a párizsi parlament elnökének könyvtárosai voltak, és ahogy Vekerdi László írja, ők „fejlesztették tovább főnökük híres konferenciáinak hagyományát. Irodalmárok, tudós emberek, amatőrök rendszeres találkozói voltak ezek hosszú évekig az Hôtel de Thou-ban, nem messze a mai Saint Michel tértől, és bizonyos értelemben ez volt a legáhítottabb kör, amelybe az 1600-as évek elején egy párizsi belépést nyerhetett”.

Talán nem anekdota, hogy Descartes körül is alakult egy társaság, amely a szállásán, majd az egyik rokon házában tartotta az összejöveteleit, de ezek végül annyi embert vonzottak, hogy Descartes elmenekült, és hetekig nem találtak nyomára.

A 17. század közepe táján Párizs lett Európa szellemi központja. Ebben egymaga is fontos szerepet játszott egy szerzetes, Marin Mersenne, aki „globális” levelezést folyatott a tudós világ tagjaival. Levelezőpartnerei közé tartozott például Descartes, Fermat, Torricelli, Galilei, a fiatal Huygens. Egy főként matematikusokból és fizikusokból álló társaság is szerveződött körülötte, amely Academia Parisiensisnek nevezte magát, és csütörtökönként „ülésezett”. Bár Mersenne „tudományszervezői” tevékenységéről a leghíresebb, tudományos teljesítménye sem jelentéktelen. Többek között összeállította azoknak a prímszámoknak – a Mersenne-prímeknek – az első listáját, amelyek $2^n-1$ alakban írhatók ($n$ is prímszám). A lista tagjait ma már számítógéppel keresik – nemrég találták meg az ötvenediket –, de még sok mindent nem tudnak róluk, például azt sem, hogy véges vagy végtelen sok van-e belőlük.

**Szerte Európából érkeztek a hírek Mersenne-hez, a minimita kolostorba. Ma csak az utcanév utal a szerzetesekre**

A rendkívül művelt Melchisédech Thévenot társasága a kísérletekre helyezte a hangsúlyt. Thévenot eszközöket vásárolt, és kémikust is alkalmazott, aki kísérleteket mutatott be a válogatott közönségnek – amíg volt rá pénz. A Montmor-akadémián szintén folytak kísérletek, észlelések, de ott azért szűntek meg az összejövetelek, mert a tudós résztvevők értelmetlen vitákba bonyolódtak. A Montmor-palota előtt ma emléktábla áll, amely megemlíti, hogy Molière, aki eljárt a találkozókra, egy alkalommal felolvasta az egybegyűlteknek az akkoriban betiltott *Tartuffe*-öt.

Néhányan ekkor már „szervezeti változást” sürgettek. Két fontos célt fogalmaztak meg: a parttalan vitákról térjenek át a kísérletekre és legyenek fizetett „tudományos szakemberek”, akik csak a szakmájukkal foglalkoznak. Megszületett a Tudományok és Mesterségek Társaságának tervezete, amely az „innovációra” is gondolt, de a tudós társadalom kívánságait is lefektette; ezek közé tartozott például obszervatórium és laboratóriumok alapítása, adatgyűjtő expedíciók indítása, fordítók, idegen nyelvi levelezők alkalmazása – és a dilettáns amatőrök kizárása.

A változásokat sürgetők XIV. Lajos főminiszteréhez, Colbert-hez fordultak, aki üdvözölte törekvéseiket: nagyon is tisztában volt azzal, hogy milyen hasznos lehet az új társaság az ország és az uralkodó (meg a saját) dicsősége szempontjából.

Mindkét félnek érdeke volt tehát a partnerség. A „közalkalmazotti” (királyi) fizetésért és az eszközökért cserébe a tudósok hallgatólagosan beleegyeztek abba, hogy a monarchia javáért dolgoznak, és engednek az amatőr tudós teljes tudományos szabadságából.

1666 tavaszán az akkor már nagyon tekintélyes Christiaan Huygenst hívták meg az Akadémia élére. Az adminisztratív irányítás Colbert kezében volt. Az első hiva-

talos ülést 1666 legvégén tartották a Királyi Könyvtárban. (A francia akadémiákat a 18. század végén megalakított Institut de France vonta közös ernyő alá. A leghíresebb és a legrégebbi az Académie française, amelynek feladata a francia nyelv védelme, tökéletesítése.)

A Tudományos Akadémiának két osztálya volt: a matematikai, ahová az „egzakt tudományok" tartoztak, és a fizikai, ahová a „kísérleti tudományok" – a fizika, kémia, anatómia, botanika. Bár szerdát jelölték ki a matematikai és szombatot a fizikai problémák megvitatására, úgy döntöttek, hogy minden tag részt vesz minden ülésen. Kezdetben tizenöt akadémikust (mondhatnánk: kutatót) neveztek ki Colbert döntése alapján, és midenkit felkértek, hogy évente írja össze azokat a kísérletezést kívánó problémákat, amelyekkel érdemes közösen foglalkozni. Egy ideig ezek a listák jelölték ki a kutatási irányokat.

Az obszervatórium évek óta sürgetett felépítése sem maradt el. A csillagvizsgálót először a Montmartre-dombra akarták telepíteni, de még időben rájöttek, hogy a Párizsból (dél felől) folyamatosan felszálló füst és pára akadályozná az észlelést. Ezért 1667 tavaszán Colbert Párizstól délre vásárolt telket az obszervatórium számára, amelytől elvárta, hogy szebb, jobb, nagyobb legyen, mint Anglia, Dánia és Kína csillagvizsgálói (a greenwichit pár évvel később alapították). Még az építkezés közben megérkezett Párizsba Giovanni Domenico Cassini, akit az intézet irányításával bíztak meg. Ő is az Akadémia tagja lett – és másfélszer annyi fizetést kapott, mint Huygens. Eredetileg úgy gondolták, hogy nemcsak a csillagászok veszik birtokba az épületet, hanem az összes műszer, laboratórium oda kerül majd, de nem így történt.

A csillagvizsgáló építése közben derült ki, hogy a föld alatt hatalmas üregek – kőbányák – vannak. Meg kellett erősíteni az alapozást, és az üregekből pincéket alakítottak ki: a csillagvizsgáló nagyjából ugyanolyan mély lett, mint amilyen magas. A pincék lehetőséget adtak néhány érdekes kísérletre is. Például Mariotte (a „Boyle–Mariotte"-ból) a szabadesést vizsgálta az épület közepén végighúzódó függőleges hengerben. Hőmérőt is elhelyezett az egyik pincében, és kimutatta, hogy a lenti hőmérséklet állandó. Később Guy-Lussac mérte itt a hőmérsékletet.

A hosszú távú „alkalmazott" – katonai és gazdasági – projektek közé tartoztak

**Colbert bemutatja a Királyi Tudományos Akadémia tagjait XIV. Lajosnak. A képzeletbeli terem ablakából az obszervatórium déli oldala látszik.[1] A király középen ül, mellette a büszke főminiszter áll, aki éppen az Akadémia titkárát mutatja be** (Henri Testelin festménye)

például a fegyverkészítés szempontjából fontos mechanikai vizsgálatok, a szökőkút-építést szolgáló hidraulikai tanulmányok, a tengeri hosszúságmérés kérdésének tárgyalása, Franciaország új, pontos térképének elkészítése. Állásfoglalást kellett kialakítani az udvarhoz eljuttatott műszaki beadványokról is. Ezeken a lapokon előkerült például a sós víz ivóvízzé alakítása, a rázós kocsiutak problémája és számos olyan mechanikai szerkezet, amely megkönnyíthette az emberi munkát.

Robert Hooke a franciáéhoz hasonlóan jelölte meg a néhány évvel idősebb angol tudományos akadémia feladatát (Simonyi Károly idézi): „A Royal Society hivatása és célja, hogy előmozdítsa a természet dolgainak, valamint a kézművességnek, iparnak, mechanikai ügyességeknek, mérnöki munkának, úgyszintén a találmányoknak jobb megismerését kísérletek útján (nem keverve bele teológiát, metafizikát, erkölcsöt, politikát, grammatikát, retorikát vagy logikát). Továbbá: hogy megvizsgáljon a természetre, matematikára vagy mechanikára vonatkozó minden rendszert, elméletet, elvet, hipotézist – amelyet bármely jelentős szerző, legyen az régi vagy modern, kitalált, feljegyzett vagy gyakorolt."

A műszaki beadványok elbírálása érdekében az akadémikusok kidolgozták a zsűrizés folyamatát. Szokássá vált az *ad hoc* bizottságok felállítása – a teljes plénum csak ezeknek a döntését vitatta meg. A bizottságok – elsősorban az újdonságot és a potenciális használhatóságot szem előtt tartva – meghatározták a benyújtott találmányok értékelésének kritériumait.

Később már a tudományos munkákat is *ad hoc* bizottságok bírálták el, és szintén

**A francia Tudományos Akadémia alapításának tiszteletére vert érem egyik oldala. Minervát tudományágak jelképei veszik körül**

csak a bírálatot tárták az összes akadémikus-kutató elé. A közös értékeléssel azonban együtt járt, hogy a tagok nem mindenben értettek egyet: a párizsi tudósok eltérő nézetet vallottak például a gravitáció természetéről, a vakfoltról, a magzat vérkeringéséről vagy a hevítés miatti súlyváltozásról. Az ilyenfajta vitás kérdésekről értelmetlen lett volna a szavazás, ezért a cikkel együtt a tagok véleményét is megjelentették.

Az első akadémiákon elinduló tudományos munka és a kialakuló elbírálási, publikálási rendszer is hozzájárult annak a kutatói kultúrának a megteremtéséhez, amely később az egész világon elterjedt. Óvnunk kellene. **Silberer Vera**

IRODALOM

Hahn, R., Anatomy of a scientific institution: Paris Academy of Sciences, 1666–1803. University of California Press, Berkeley, 1971.

Brown, H., Scientific organizations in seventeenth century France. Russell and Russell, New York, 1967.

Simonyi K., Természet Világa (1996) 127, 1.

Vekerdi L., A véges végtelen. Az antimonháború (riportesszé). Természet Világa, 2004/1. különszám.

Bazire, A-R., Livraisons d'histoire de l'architecture (2014) 71. (http://lha.revues.org/393, letöltés: 2019. 6. 13.)

[1] Az obszervatórium még áll, de annyira körbenőtte a város, hogy az észlelésekkel itt már felhagytak.

# A 2018-as IgNobel-díjak: szív küldi szívnek

Az IgNobel-díjak 28. átadó ünnepségét 2018. szeptember 13-án tartották a Harvard Egyetemen. A teljes műsor videófelvétele szokás szerint megtekinthető az interneten (https://www.youtube.com/watch?v=GQqZVthHyuA).

A program központi fogalma ebben az évben a szív volt, s felépítésében követte a már majdnem három évtizede kialakult hagyományokat. A díjátadást legközelebbről – egyenesen a színpadról – négy valódi Nobel-díjas tekintette meg felettébb derűs hangulatban: Eric Maskin (közgazdaságtan, 2007), Wolfgang Ketterle (fizika, 2001), Oliver Hart (közgazdaságtan, 2016) és Michael Rosbash (orvostudomány, 2017). Az egyenként két szóból álló *Welcome, welcome* és *Goodbye, goodbye* nyitó-, illetve záróbeszéd megtartására az elmúlt évekhez hasonlóan egy nagy szaktekintély, Jean Berko Gleason nyelvészeti pszichológus kapott felkérést. Suzana Herculano-Houzel *Az agy*, Dakota McCoy *Szuperfekete az állatvilágban*, Natalia Berry *Kardiológia*, Oliver Hart *Nem teljes szerződések*, Pardis Sabeti pedig *Vírusevolúció* címmel tartott 24/7 előadást: ezek lényege, hogy a szigorúan szakmai előadás teljes szövegét 24 másodpercben mondják el, majd 7 szóban közérthető összefoglalót is adnak róla a végén. 1996-tól kezdve minden évben megtartják egy (legalább is részben) tudományos témájú miniopera ősbemutatóját is; 2018-ban ennek a címe *Az összetört szívek operája* volt.

A 2017-es szünet után 2018-ban a kémia ismét visszatért a díjazott tudományágak közé. Az elismerést Paula Romão, Adília Alarcão és a néhai César Viana portugál kutatók kapták egy 1990-ban publikált munkáért, amely az emberi nyál tisztítószerként való felhasználására összpontosított (*Human Saliva as a Cleaning Agent for Dirty Surfaces*, Studies in Conservation, Vol. 35, 1990, pp. 153–155). A részletes vizsgálatok több különböző kromatográfiás módszert használtak fel. Az eredmények azt mutatták, hogy a tisztításra felhasznált nyálban messze az amiláz enzim hatása a legjelentősebb, így elsősorban poliszacharid-szennyezések esetében lehet a hatás jobb, mint a tiszta vízé. A szerzők – egyedüliként a 2018-as elismerést elnyerők közül – nem vettek részt személyesen az ünnepségben, de egy videóüzenetben elfogadták és megköszönték az IgNobel-díjat.

A további kilenc díjazott tudományág és munka:

- Orvostudomány: Marc Mitchell és David Wartinger, akik hullámvasutazás segítségével próbálták meg elősegíteni a vesekövek kiürülését (*Validation of a Functional Pyelocalyceal Renal Model for the Evaluation of Renal Calculi Passage While Riding a Roller Coaster*, The Journal of the American Osteopathic Association, Vol. 116, 2016, pp. 647–652).
- Antropológia: Tomas Persson, Gabriela-Alina Sauciuc és Elainie Madsen, akik egy állatkerti megfigyelés-sorozatban azt mutatták ki, hogy a csimpánzok nagyjából ugyanolyan gyakran és ugyanolyan jól utánozzák az embereket, mint az emberek a csimpánzokat (*Spontaneous Cross-Species Imitation in Interaction Between Chimpanzees and Zoo Visitors*, Primates, Vol. 59, 2018, pp. 19–29).
- Biológia: Paul Becher, Sebastien Lebreton, Erika Wallin, Erik Hedenstrom, Felipe Borrero-Echeverry, Marie Bengtsson, Volker Jorger és Peter Witzgall, akik részletes kísérletekkel igazolták, hogy a borszakértők pusztán a szaglásukkal megbízhatóan érzékelik egyetlen légy jelenlétét is egy pohár borban (*The Scent of the Fly*, Journal of Chemical Ecology, Vol. 44, 2018, pp. 431–435).
- Orvostudomány-oktatás: Akira Horiuchi és Yoshiko Nakayama, akik néhány szakértő beteg önmagán, ülő helyzetben elvégzett vastagbéltükrözésének tapasztalatairól számoltak be (*Colonoscopy in the Sitting Position: Lessons Learned From Self-Colonoscopy by Using a Small-Caliber, Variable-Stiffness Colonoscope*, Gastrointestinal Endoscopy, Vol. 63, 2006, pp. 119–120).
- Irodalom: Thea Blackler, Rafael Gomez, Vesna Popovic és M. Helen Thompson, akik azt bizonyították, hogy az összetett készülékeket használó emberek nagy többsége nem olvassa el a használati útmutatót (*Life Is Too Short to RTFM: How Users Relate to Documentation and Excess Features in Consumer Products*, Interacting With Computers, Vol. 28, 2014, pp. 27–46).
- Élelmiszer-tudomány: James Cole, aki meggyőző számítások segítségével igazolta, hogy egy emberi kannibál étrend kalóriaértéke jelentősen kisebb, mint más, szokásosabb étrendeké (*Assessing the Calorific Significance of Episodes of Human Cannibalism in the Paleolithic*, Scientific Reports, Vol. 7, 2017, No. 44707).
- Béke: Francisco Alonso, Cristina Esteban, Andrea Serge, Maria-Luisa Ballestar, Jaime Sanmartín, Constanza Calatayud és Beatriz Alamar, akik az autóvezetés közben elkövetett kiabálás és káromkodás gyakoriságát, okait és hatásait vizsgálták meg (*Shouting and Cursing While Driving: Frequency, Reasons, Perceived Risk and Punishment*, Journal of Sociology and Anthropology, Vol. 1, 2017, pp. 1–7).
- Reprodukciós orvostudomány: John Barry, Bruce Blank és Michel Boileau, akik a férfi nemi szervek megfelelő működésének vizsgálatára postai bélyegek használatán alapuló módszert dolgoztak ki (*Nocturnal Penile Tumescence Monitoring With Stamps*, Urology, Vol. 15, 1980, pp. 171–172).
- Közgazdaságtan: Lindie Hanyu Liang, Douglas Brown, Huiwen Lian, Samuel Hanig, D. Lance Ferris és Lisa Keeping, akik a túl követelőző főnökök elleni bosszúállás vudubabákat felhasználó módszerének hatékonyságát vizsgálták meg (*Righting a Wrong: Retaliation on a Voodoo Doll Symbolizing an Abusive Supervisor Restores Justice*, The Leadership Quarterly, Vol. 29, 2018, pp. 443–456).

Ha valaki az 2018-ban nem fért be a díjazottak közé, semmiképpen ne szakadjon meg a szíve: 2019. szeptember 12-én, a következő átadón újra reménykedhet.

**Lente Gábor**

# A drágakövek varázsa

Az ásványokra sajátos kémiai összetételük, formájuk, fizikai sajátságaik, finomszerkezetük, előfordulásuk és keletkezési történetük a jellemző. Körülbelül 2000 ásvány ismeretes, amelyek közül 200-nak van nagyobb jelentősége. Fontos jellemzőjük a keménységük. A 10 fokos skálán a 7-es keménység felettiek a drágakövek, például a gyémánt. Egy fokozattal lejjebb a kvarc színtelen áttetsző módosulata, a hegyikristály található, amelynek különböző változataiból szintén ékszereket készítenek.

A drágakövekhez gyakran bensőséges vonzalom és szellemi élmény kötődik. Néha mítikus elképzelésektől sem mentesek. A vörösbarna *karneol*t 6000 évvel ezelőtt a gonosz lelkekkel szembeni amulettként hordták. Az *azurit* is védelmet nyújtott a démonok ellen.

A korai időkben azt hitték, hogy a kristályokat föld alatti lények, például a törpék, gnómok és koboldok alkották és őrzik. Geometriai formájuknak, valamint színorgiájuknak mágikus erőt tulajdonítottak. Az a halandó, akit ebbe a birodalomba beengedtek, elnyerte a „bölcsek kövét", amely az idős embereknek új életerőt és a betegeknek gyógyulást adott.

Közép-Amerikában az őslakók még ma is istenségként tisztelik *a smaragd*ot és az *opál*t. A hinduk hite szerint az opál viselése a visszatérő boldogság záloga. A Távol-Keleten az opált a remény horgonyának tekintették, amely a tisztaságot, az ártatlanságot és a hűséget szimbolizálta.

Az ókori Egyiptomban, Görögországban és a Római Birodalomban is feltételezték, hogy bizonyos drágaköveknek gyógyító hatásuk és varázserejük van.

Az *ametiszt*et iszákosság és kígyómarás, a *fehér hegyi kristály*t pedig fogfájás ellen használták. A borba dobott *topáz* elűzte a melankóliát.

A középkor híres gyógyítói, *Hildegard von Bingen* (1098–1179) és *Albertus Magnus* (1193–1280) a járványok ellen színes drágakövek viselését ajánlották. A hegyikristályt pedig a pajzsmirigy zavarai ellen alkalmazták.

A *rózsakvarc*nak a szerelemben szerencsét és értelmet tulajdonítottak. Kínában a *jade* a szerencse szimbóluma volt A házban körbevitt *achát* megvédett a tolvajoktól.

A *gyémánt*ok viselése évszázadokon keresztül a férfiak előjoga volt. Bár a *rubin* és *smaragd* ritkább a gyémántnál, mégis az utóbbit tekintik a drágakövek királyának, bár igazi szépségét a csiszolásának köszönheti. A gyémánt tiszta szénből 17 000 atmoszféra nyomáson, magas hőmérsékleten kristályosodik ki a föld belsejében. A gyémántokat a karátban mért súly, tisztaság, szín és csiszolásuk alapján értékelik.

A *rubin* kikristályosodott agyagból keletkezik, amelyet króm-oxid nyomai vörösre színeznek. Távol-keleti férfiak talizmánként viselték, abban a hitben, hogy növeli férfiasságukat.

A *zafír* a rubin ikertestvére, amelyet a titán- és vas-oxid kékre színez. Előfordul rózsa-, narancs- és sárga színben is. A 6. században elrendelte a pápa, hogy a kardinálisok a jobb kezükön zafírgyűrűt hordjanak, mert ezzel elnyomják a testi vágyakat.

A *smaragd* az egyik legszebb brill. A króm-oxid nyomai a színtelen kristálynak zöld színt kölcsönöznek. A középkorban szopókaként fájdalomcsillapításra alkalmazták.

A legendák világából térjünk vissza a valóság talajára. Napjainkban sokak számára a drágakövek nemcsak ékszerek, hanem jó befektetések is.

**Boros László**

TÚL A KÉMIÁN

# Fogd a pénzt és fuss – vagy mégsem?

A társadalom morális egészsége igen fontos tényező a gazdasági

növekedésben, de ennek értékei gyakran ellentétesek a közvetlen anyagi érdekekkel. Ennek a jelenségnek a tesztelésére egy nagyszabású kísérletsorozatban a Föld 40 országának 355 városában összesen 17 000-nél is több alkalommal hagytak nyilvános helyen pénztárcákat, amelyekben változó mennyiségű pénz és a tulajdonos elérhetőségi információi voltak (Magyarország nem vett részt a tanulmányban). Mind a józan ész, mind a szakértő pszichológusok számára meglepő eredményre jutottak: Mexikó kivételével minden országban azt tapasztalták, hogy a nagyobb pénzösszeggel kitett pénztárcák nagyobb valószínűséggel kerültek vissza a tulajdonoshoz. Az már kevésbé volt váratlan, hogy ez a valószínűség nagyon széles skálán változott: a Svájc, Norvégia, Hollandia, Svédország és Dánia utcáin talált pénztárcák az esetek közel négyötödében kerültek vissza, míg Kínában ez az arány alig érte el az egyötödöt (a pénz nélkül tárcák esetében pedig az 5%-ot). *Science 365*, 70. (2019)

# Ritkaföldfém-bányászat műtrágyagyártási hulladékból

A ritkaföldfémek felhasználása egyre nagyobb mértékű a modern információs technológiában és járműiparban, ezért a szakértőket már régóta aggasztja, hogy ezeket az elemeket jelenleg szinte kizárólag Kínában bányásszák. Ezen a problémán segíthet az az új módszer, amely révén a foszfortartalmú műtrágyák apatitalapú előállításánál keletkező, nagyrészt gipszből álló hulladék ritkaföldfém-tartalmát lehet hatékonyan kivonni. A részletes kísérletek szerint megfelelő körülmények között végzett kénsavas extrakcióval a melléktermék ritkaföldfém-tartalmának akár 80%-a is kinyerhető, illetve glükonsav felhasználásával is ígéretes eredményeket értek el. A becslések azt mutatták, hogy a műtrágyagyártás hulladékából a világ jelenlegi ritkaföldfém-igényének akár háromnegyede is fedezhető lenne.

*J. Chem. Thermodynamics 132*, 491. (2019)

Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.
A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html

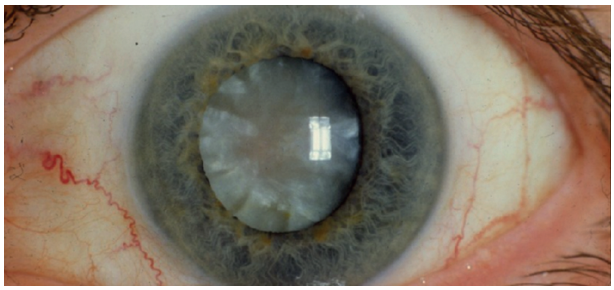
M. HEIDELBERGER

W. A. JACOBS

CENTENÁRIUM

Michael Heidelberger, Walter A. Jacobs: Certain Amino and Acylamino Phenol Ethers
*Journal of the American Chemical Society*, Vol. 41, Issue 9, pp. 1450–1472 (1919. szeptember 1.)

Michael Heidelberger (1888–1991) amerikai immunológus volt, aki eredetileg kémiai diplomát szerzett. Fő eredménye annak igazolása, hogy az antitestek fehérjék. 1953-ban és 1978-ban is megkapta az Albert Lasker-díjat, amelynek hírneve az orvostudományban hasonló a Nobel-díjéhoz (eddig 86 tudós kapta meg mindkét elismerést). Az itt idézett cikkben szerzőtársa Walter Abraham Jacobs (1883–1967) kémikus, akinek nevét a Gould–Jacobs-reakció őrizte meg.



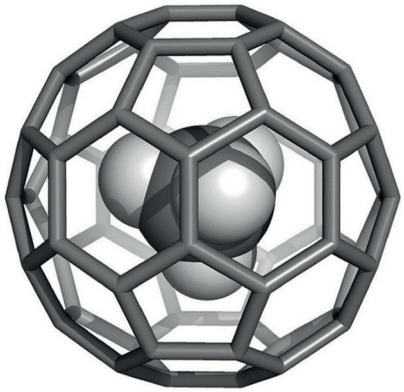
# Amiloid a szemben

Az amiloidokat az utóbbi időben egyre több betegséggel hozták kapcsolatba; a legnevezetesebbek az Alzheimer- és a Parkinson-kór. A szemekben gyakori szürke hályog képződése során is fehérjék állnak össze aggregátumokká, így talán már nem is olyan meglepő, hogy a legújabb kutatások itt is amiloidokat találtak. A detektálásra használt módszer kétdimenziós infravörös spektroszkópia volt: ez az amidcsoporthoz rendelhető keresztcsúcsok jellegzetes eltolódása révén érzékeny a béta-redők kialakulására, ami az amiloidok jellemző szerkezete. Az eredmények szerint egy szokásos szürke hályog átlagosan 5%-nyi amiloidot tartalmaz, de ezek egyes helyeken akár jelentősen feldúsulhatnak.
*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 116, 6602. (2019)

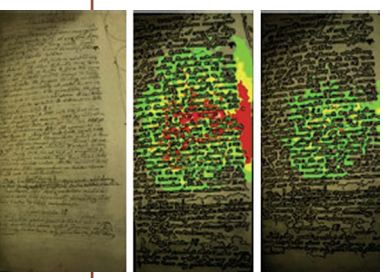
PERIÓDUSOS KÜLÖNLEGESSÉG

### A HÓNAP MOLEKULÁJA

A „mechanikus kötés” újabb látványos példáját szolgáltatja a fullerén belsejébe zárt metánmolekula ($C_{61}H_4$ vagy $CH_4@C_{60}$). Ezzel a $CH_4$ vált a legnagyobb részecskévé, amelyet a $C_{60}$-kalitkába be tudtak zárni. A benne lévő hidrogénatomok NMR-rel mért $T_1$ spin-rács relaxációs ideje a gázhalmazállapotú metánéhoz nagyon hasonló, ami arra utal, hogy a molekula forgása gyakorlatilag szabad. *Angew. Chem. Int. Ed.* 58, 5038. (2019)



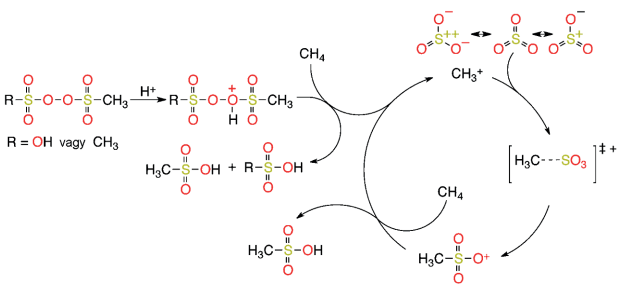
## Kepler-kéziratok alkimista „ujjlenyomattal”



Johannes Kepler (1571–1630) Hipparkosz néven ismert, jelenleg az Orosz Tudományos Akadémia szentpétervári gyűjteményében megtalálható, a Hold mozgásáról készített feljegyzéseit összefoglaló műve nem csak a benne olvasható szöveg miatt lehet érdekes. A dokumentum felszínének roncsolásmentes kémiai elemzése céljából egy új módszert dolgoztak ki, amely más esetekben is használható lehet: az eljárás lényege az etilén-vinil-acetát polimerfilm használata, amelybe kelátképző ligandumokat építenek be. A dokumentum felszínére juttatott filmet az irat serülése nélkül el lehet távolítani és megfelelő analízisnek alávetni. A Kepler-kéziratban azt mutatták ki ezzel a módszerrel, hogy a felszínén meglepően nagy az arany, ezüst, higany, arzén és ólom koncentrációja. Mindebből valószínűsíthető, hogy mesteréhez, Tycho Brahéhez hasonlóan Kepler is végezhetett alkímiai kísérleteket is Prágában. *Talanta 204*, 82. (2019)

## Metánreakció egyszerűen

Német vegyipari kutatók a metán új, meglepően egyszerű reakcióját fedezték fel. Ha a gázt 50 °C-os óleumba (vagyis kén-trioxid tömény kénsavas oldatába) vezetik, akkor 100%-ot nagyon megközelítő hozammal és szelektivitással metánszulfonsav keletkezik, a mechanizmusvizsgálatok tanúsága szerint nagy valószínűséggel metilkation köztitermékén át. Katalizátorra nincs szükség. A folyamat jelentősége két szempontból is nagy lehet: egyrészt a metánszulfonsav előállítására jelenleg használatos ipari módszer jóval bonyolultabb, metanolból, hidrogénből és kénből kiinduló többlépéses reakció; másrészt ezzel a módszerrel a gázhalmazállapotú metánt könnyen szállítható folyadékformába lehet vinni. Ipari szempontból az egyetlen hátrány, hogy az óleum felhasználásához nagyon speciális és persze drága szerkezeti anyagok szükségesek. *Science 363*, 1326. (2019)




## Légszennyezés-import Delhiben

A közvélekedés szerint vidéken a levegő tisztább, mint a nagyvárosokban. Ezt a régi felismerést árnyalták a közelmúltban Delhiben végzett felmérések. Az eredmények szerint az indiai főváros levegőjében ősszel és télen megtalálható lebegő koromszemcsék nagyjából fele származik vidéki forrásokból (tarló és más növényi részek elégetéséből), s csak a nyári időszakban dominálnak a közlekedésből származó részecskék. A megfigyelést megerősítette egy másik, az előzőtől független tanulmány is, amely szerint a levegőszennyezés Delhiben ősszel sokkal súlyosabbá válik, s ez éppen egybeesik a tarlóégetések szokásos idejével. Egy harmadik tanulmány szerint az ilyen égetések egyre nagyobb problémát jelentenek Indiában, s a miattuk keletkező környezetszennyezés következményeként létrejövő légúti megbetegedések évi 30 milliárd dollár kárt is okozhatnak az indiai gazdaságnak. *Nat. Sustainability 2*, 200. (2019) *Int. J. Epidemiol. 48*, dyz022. (2019) *Atmos. Environ. 204*, 142. (2019)

## Ruhaelektronika grafénből

A grafén felfedezése óta világos volt, hogy belőle elvileg szálakat is lehet húzni. Ennek találták most meg egy olcsó, nagy léptékben is használható módszerét. Az eljárás lényege, hogy a grafén a hagyományos, cellulózalapú szálakon grafén-oxidból létrejövő, festékhez hasonló bevonatot hoz létre, ha a grafén-oxidot nátrium-hidrogén-szulfit és aszkorbinsav elegyével redukálják egy széles körben használt szálfestő gépben. Az így létrejövő grafénfonal elektromos vezető, s ez számos új alkalmazás felé nyitja meg az utat. Ennek demonstrálásaként a graféntartalmú fonal segítségével hőmérséklet-érzékelőt szőttek egy ruhadarabba. *ACS Nano 13*, 3847. (2019)

## Palkovics László miniszter (Innovációs és Technológiai Minisztérium) válasza a magyar tudomány függetlensége ügyében született MKE IB-állásfoglalásra

Tisztelt Intézőbizottság!

Köszönettel megkaptam a részemre megküldött állásfoglalásukat a magyar tudomány függetlensége megőrzése ügyében.

Mint ismeretes, a kutatási, fejlesztési és innovációs intézményrendszer és finanszírozás átalakításáról szóló 1481/2018. (X. 4.) Korm. határozat elfogadásával a kormány felkérte az innovációért és technológiáért felelős minisztert, hogy az MTA elnökével egyeztetve dolgozza ki az akadémiai kutatóhálózat struktúrájának és finanszírozási formájának átalakítására vonatkozó javaslatait. Az elsődleges cél az intézethálózat megújítása volt annak érdekében, hogy nagyobb mértékben hasznosuljanak a tudományos tevékenységre fordított források, illetve ez a terület nemzetközi szinten is hatékonyabb, sikeresebb legyen. Ezzel összhangban az elmúlt időszakban folyamatos egyeztetések zajlottak az MTA és az ITM között egy új konstrukció kialakítására konszenzusos megállapodás mentén.

Az Európai Bizottság által összeállított Európai Innovációs Rangsor (European Innovation Scoreboard) idén is nemzetközi összehasonlításban értékelte a 28 uniós tagállam kutatás-fejlesztési és innovációs (KFI) rendszereit. A friss jelentés szerint hazánk stagnáló innovációs teljesítménnyel a 23. helyre csúszott vissza. Világosan látszik, hogy a jelenlegi KFI rendszer tehát nem képes megteremteni a Magyarország versenyképességének növelése érdekében szükséges társadalmi és gazdasági hasznot, tehát szükségszerű az intézményrendszert és a finanszírozást is átalakítani és ezzel egyben megerősíteni. Az eredményesség érdekében az innováció feltételein akarunk javítani, illetve gazdaságilag megtérülő alkalmazott kutatásokra összpontosítani.

A kormány szándéka egyértelmű: arra törekszik, hogy egyik legfontosabb nyersanyagunkkal, a magyar kreativitással, a hazai tudósok és szakemberek tudásával jobban gazdálkodjon, mint eddig tettük. Mindezt úgy kívánjuk elérni, hogy a kutatóintézeti hálózat autonómiája nem csökken, hiszen a tervezett változtatások ezt nem csorbítják. Mindemellett a kormány az ügy érdekében konkrét lépésként 32 milliárd forinttal növeli a KFI-re fordított állami forrásokat 2020-tól.

A kormány szándéka továbbra is az, hogy Magyarország európai szinten is élenjáró kutatás-fejlesztési és innovációs teljesítményt nyújtson a jövőben, és ebben számítunk a teljes kutatói közösség – így az Önök – támogatására is.

Budapest, 2019. július

Üdvözlettel:
**Palkovics László**

INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTÉRIUM
PROF. DR. PALKOVICS LÁSZLÓ
Miniszter

Iktatószám: TUDFO/59399-1/2019-ITM

**Magyar Kémikusok Egyesülete Intézőbizottsága részére**

**Magyar Kémikusok Egyesülete**

Budapest
Hattyú u. 16. II./8
1015

**Tárgy:** Válasz a Magyar Kémikusok Egyesülete állásfoglalására a magyar tudomány függetlensége megőrzése ügyében

**Tisztelt Intézőbizottság!**

Köszönettel megkaptam a részemre megküldött állásfoglalásukat a magyar tudomány függetlenségének megőrzése ügyében.

.....

A kormány szándéka továbbra is az, hogy Magyarország európai szinten is élenjáró kutatás-fejlesztési és innovációs teljesítményt nyújtson a jövőben és ebben számítunk a teljes kutatói közösség – így az Önök – támogatására is.

Budapest, 2019. július "[illegible]".

Üdvözlettel:

**Palkovics László**

Innovációs és Technológiai Minisztérium Miniszter

TUDOMÁNYOS ÉLET

## 11th Joint Meeting on Medicinal Chemistry

Prágában rendezték meg 2019. június 27. és 30. között a 11. Gyógyszerkémiai Találkozót. Az első 20 évvel ezelőtt Giuseppe Ronsisvalle (Olaszország), Zdzisław Chilmończyk (Lengyelország) és Mátyus Péter (Magyarország) szervezésével került megrendezésre 1999-ben az olaszországi Taorminában. A találkozó ezután sikeresen folytatódott kétévenkénti rendezéssel Európa különböző városaiban: Budapest (2001 és 2009), Krakkó (2003), Bécs (2005), Portorož (2007), Catania (2011), Lublin (2013), Athén (2015), Dubrovnik (2017). A mostani találkozón közel 150 résztvevő volt, a program 1 meghívott, 9 plenáris, 17 „keynote" és 7 rövidebb előadást, valamint 94 posztert tartalmazott. A konferencia nagy előnyének tartom, hogy lehetőséget nyújtott fiatal kutatók részére is nagyobb lélegzetvételű, 25 perces előadások tartására.

A konferencia témája érintette a gyógyszerkutatás fontos területeit, mint a fertőzések elleni, a neurodegeneratív betegségek elleni, valamint a tumorellenes szerek kutatását és fejlesztését. Számos előadás irányult az aktív vegyületek megtalálásának (hit finding) lehetőségei felé, ezen belül példákat láthattunk a természetes eredetű vegyületek vizsgálatára, átalakításra. A vezérmolekula-optimalizálás (lead optimization) témájában izgalmas kémiai reakciókkal ismerkedhettünk meg. A hatóanyag-szállítás, -célbajuttatás területéről is hallhattunk előadásokat.

Tomas Cihlar (Gilead Sciences, Virológia részleg alelnöke) meghívott előadó súlyos, magas halálozással járó fertőző betegséget okozó vírusok elleni hatóanyagok fejlesztéséről tartott érdekfeszítő előadást. Ilyen vírusok például a filovírusok családjába tartozó, vérzéses lázat okozó Ebola- és Marburg-vírus. Az Ebola-vírus 1976-os azonosítása óta a 2014-es nyugat-afrikai Ebola-járvány volt a legsúlyosabb fertőzés a megbetegedések és az áldozatok számát tekintve. Jelenleg a Kongói Demokratikus Köztársaság területén van súlyos járvány, melyet 2019. július 17-én a WHO globális egészségügyi vészhelyzetté nyilvánított. A kongói helyzetet súlyosbítja a jelenleg zajló polgárháború is. Egyelőre az ebola kezelésére nem áll rendelkezésünkre specifikus terápia.

Tomas Cihlar előadásának középpontjában a Remdesivir (GS-5734) nukleotidanalóg prodrug állt, melyet a Gilead Sciences fejlesztett az Ebola- és Marburg-vírus kezelésére. A Remdesivir széles spektrumú vírusellenes aktivitást mutatott több RNS-vírus ellen. Az *in vivo* preklinikai vizsgálatokat 2015-ben kezdték, az Ebola-vírussal fertőzött állatok 100%-a Remdesivir hatására túlélte a fertőzést. A Remdesivir még nem engedélyezett gyógyszer, de lehetőség van az engedélyezés előtti gyógyszeralkalmazásra (compassionate use, „együttérző alkalmazás"), így két fertőzött beteg esetén is bevetették 2015-ben (Egyesült Királyság, Guinea). A hatóanyagjelölt jelenleg még a klinikai vizsgálatok II. fázisában van, viszont a súlyos kongói járvány miatt a kongói fertőzöttek esetében a WHO engedélyezte a Remdesivir használatát.

A konferencián David Peralta, a ChemMedChem (Wiley–VCH, ChemPubSoc Europe) főszerkesztője tudományos szerkesztőként szerzett tapasztalatairól beszélt, és felnyitotta a tudományos publikálás „fekete dobozát". Előadásában rengeteg hasznos tanács hangzott el azzal kapcsolatban, hogyan növeljük a tudományos kéziratainк elfogadásának lehetőségét, illetve hogyan birkózzunk meg kéziratunk elutasításával. (Tips for writing better papers, https://www.chemistryviews.org/details/education/5202161/html.)

Ez úton is köszönöm az MKE és az Alapítvány a Magyar Peptid- és Fehérjekutatásért támogatását, mellyel részt vehettem a konferencián és eredményeimet „keynote" előadás formájában bemutathattam.

**Baranyai Zsuzsa**

## 150 éves, örökifjú periódusos rendszer

*Tudományos ülés az MTA Székházában 2019. május 8-án*

A Magyar Tudományos Akadémia 191. közgyűlése alkalmából az MTA Kémiai Tudományok Osztálya, hagyományosan, tudományos ülést szervezett. A tudományos program középpontjában a periódusos rendszer évében stílszerűen a periódusos rendszer, a Mengyelejev munkássága után felfedezett új elemek, egyes elemek tulajdonságai álltak. Az előadások részben tudománytörténeti, részben új kémiai kutatási eredményeket ismertettek.

A nagy érdeklődéssel kísért ülésszak levezető elnöke Egyesületünk és egyben az MTA Élelmiszer-tudományi Bizottság elnöke, Simonné Sarkadi Livia egyetemi tanár volt.

A tudományos ülés résztvevőit Fülöp Ferenc akadémikus, az MTA Kémiai Tudományok Osztályának elnöke köszöntötte. Fülöp Ferenc professzor bevezetője után az alábbi előadások hangzottak el:

*A jóslatoktól a tényekig a periódusos rendszerben*
Lente Gábor egyetemi tanár (PTE TTK Kémiai Intézet, Általános és Fizikai Kémiai Tanszék)

*Az elemek születése*
Homonnay Zoltán egyetemi tanár (ELTE TTK Kémiai Intézet, Magkémiai Laboratórium)

*Hat kitűző nyomában – Elemek és női tudósok*
Hargittai Magdolna akadémikus (BME Vegyészmérnöki Kar Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék)

*Most minden arany, ami fénylik*
Deák Andrea kutatócsoport-vezető (MTA TTK AKI, Lendület Szupramolekuláris Kémiai Kutatócsoport)

*Az ezerarcú arany a nanovilágban*
Csapó Edit (MTA–SZTE Biomimetikus Rendszerek Kutatócsoport)

*Változatok négy elemre*
Perczel András akadémikus (ELTE TTK Kémiai Intézet Szerves Kémia Tanszék).

Egyes előadások tartalmáról, azok szerkesztett változataiból, remélhetőleg az év folyamán lapunk hasábjain is tájékozódhatnak kedves olvasóink.

**Buzás Ilona**

### OKTATÁS

## 12. Környezetvédelmi Vetélkedő Várpalotán

Április 25-én rendezte meg hagyományos Környezetvédelmi Vetélkedőjét közös szervezésben az MMKM Vegyészeti Múzeuma és a Vegyészeti Múzeumot Támogató Alapítvány. Az idei vetélkedés mottójának a Mengyelejev-féle periódusos rendszer 150 éves évfordulóját választottuk. A gyerekek nevezésükhöz készített pályamunkájukban ezenkívül kiválaszthattak 3 elemet, amely a megítélésük szerint a környezet számára különösen veszélyes vagy hasznos.

Az eredetileg jelentkező 9 csapatból sajnálatosan a vidékiek (Pápa, Veszprém, Öskü és Balatonalmádi) a feltorlódott iskolai feladatok és egyéb személyi okok miatt kénytelek voltak visszalépni. Így első alkalommal történt meg, hogy helyi iskolák csapataival zajlott a versengés.

A gyerekek idén is ötletes csapatneveket választottak: Madárfiókák a környezetért, Nemes Gázok, Periodszkaja tablica, Uránium-karbonát, InOTaISULi. A 3-3 fős csapatoknak a vetélkedés során – a mottóhoz szabott múzeumismertető, a pályamunkák bemutatása, a periódusos rendszer elemei és a környezetvédelem kapcsolata című ppt-bemutató után – általános környezetvédelmi totó alapján összeállított kérdéssorokra kellett válaszolniuk. Legvégül pedig fémek és elemek felismerése volt a feladatuk.

A zsűri tagjai a Pannon Egyetem munkatársa, az Alapítvány és a Múzeum képviselői voltak. A gyerekek a közép- és felsőfokú továbbtanulási lehetőségekről is kaptak ismertetőket. Szponzori támogatásoknak köszönhetően mind a diákok, mind pedig felkészítő tanáraik díjazásban részesültek. A vetélkedőt a Veszprémi Szakképzési Centrum Ipari Szakgimnáziumának kémia tanára vezette le.

**Vargáné Nyári Katalin**

## Sikeres VEGY-ÉSZTÁBOR 19. alkalommal is

2019. június 24. és 29. között rendezte meg az MMKM Vegyészeti Múzeuma és a Vegyészeti Múzeumot Támogató Alapítvány hagyományos, nyári kémiatáborát Várpalotán. Az idei résztvevők száma 17 fő volt. Első ízben mondhatjuk el, hogy már határon túlról is voltak jelentkezők, egy szlovákiai testvérpár és egy szerbiai diák személyében. Valamint tovább folytatódott a hagyomány, egy budapesti fiú másodszor látogatott el táborunkba, de ezúttal már a testvérét is magával hozta.

A természettudományos tábor fő célkitűzése a terület iránt érdeklődő diákok szemléletformálása, pályaorientációjukban való

segítségnyújtás, valamint a szakterület szakemberpótlásában való tevékeny részvétel. Örömmel tapasztaltuk, hogy több diákunk – akik még nem tanultak eddig kémiát – azért jött el hozzánk, hogy „előtanulmányokat” folytathasson, ismeretet szerezhessen egy új, meghódításra váró tantárgyról. Akadtak, akik továbbtanulási szándékuk megerősítése vagy eldöntése érdekében választottak bennünket. És volt olyan diákunk is, aki már konkrét továbbtanulási tervekkel érkezett, és táborunktól várta, hogy az itt megszerzett információk is megerősítsék döntését.

Ezeknek a véleményeknek a formálásában voltak segítségünkre a felkeresett iparvállalatok: a kenyér- és porcelángyárak; élelmiszer-biztonsággal, a biztonságos élelmiszer-tárolással, valamint az invazív növény- és állatfajokkal foglalkozó előadások; az egyetemi körülmények között bemutatott és elvégezhető kísérletek; az egészséggel, gyártörténettel, a megszerzett múzeumi ismeretekkel foglalkozó tesztek kitöltése és még további kísérletek. Általánosan elmondható, hogy ez utóbbiak jelentették a gyerekek számára a legnagyobb élményeket. Évtizedes szakmai és egyetemi partnereink, előadóink a tőlük megszokott magas színvonalon, a gyerekek iránti maximális empátiával fogadják és teszik élvezetessé programjaikat táborozóink számára. Új elem volt programjaink sorában az MMKM Alumíniumipari Múzeumának múzeumpedagógiai bemutatója, mely során sörösdobozokból kinyert alumíniumlemezekből készíthettek tárgyakat a gyerekek.

Új helyszín is gazdagította az egy hét történéseit. Korábbi megszokott szállásunk helyett egy veszprémi egyetemi kollégiumban tudtuk a fiatalokat elszállásolni, a Várban. Ez alkalmat nyújtott Veszprém városával történő ismerkedésekre is. De természetesen egy kis balatoni fürdőzés is belefért a tartalmas és programokban bővelkedő egy hét eseményeibe. Hiszen táborunkat országosan hirdetjük meg, a határon túlról érkezetteken kívül Miskolctapolcáról is érkezett hozzánk táborozó.

A táborzárást követően a szülőket vidáman üdvözlő, élményekkel gazdagodott diákok fogadkozását látva, hogy „jövőre is jövünk!”, feljogosít bennünket a 20. tábor megszervezésére is.

**Vargáné Nyári Katalin**

MEGEMLÉKEZÉS

## Búcsúzunk Fráter Györgytől

A metatézis-kutatással és technológiával foglalkozó XiMo Hungary Kft. megrendülve búcsúzik a 2019. június 25-én, 77 éves korában elhunyt Fráter György professzortól, a cég egyik alapítójától és alapító elnökségi tagjától. Halálával rendkívüli veszteség érte az egész vállalat közösségét.

A XiMo 2010-es alapításától kezdve Fráter György a cég megfelelő vezetésére, gyarapítására és kiemelkedő tudományos eredményekre törekedett. Többek között az ő áldozatos munkájának köszönhetően a XiMo ötletéből valóság lett; a sikeres együttműködések, katalizátor-értékesítés és a termékfejlesztés motorja volt. Fráter György nagy űrt hagy maga után, az általa létrehozott lelkes csapat az elkövetkező években mégis arra fog törekedni, hogy a XiMo-t sikerre vigye és folyamatosan megújítsa.

Fráter György a XiMo tudományos főigazgatója volt; korábban a cég vezérigazgatója és alapító elnökségi tagja. Ezt megelőzően a Svájci Kémiai Társaság elnöki tisztét egykor betöltő tudós a Zürichi Egyetemen is oktatott.

Osztozunk családja és barátai fájdalmában.

Munkásságának tisztelettel és hálával adózunk, és szeretettel gondolunk arra, hogy az ő iránymutatása mentén építhetjük és gyarapíthatjuk tovább a vállalatot.

Fráter György elnöksége alatt szoros kapcsolat alakult ki a Magyar Kémikusok Egyesülete és a Svájci Kémiai Társaság között. Több alkalommal kölcsönös kutatócsere is történt a két intézmény között, amikor az adott országban élő eredményes kutatási kapcsolatokkal rendelkező kiemelkedő szakemberek látogattak el a partnerországba és tartottak szakmai előadás-sorozatot aktuális tudományos témákról. Ezekről az utakról a két társaság lapjai is beszámoltak. Örömmel üdvözöltük 2007-ben a Centenáriumi Konferenciánkon Sopronban és 2009-ben, amikor a MKE az Egyesület alapítójáról elnevezett Fabinyi Rudolf Emlékérmet adományozta Fráter Györgynek.

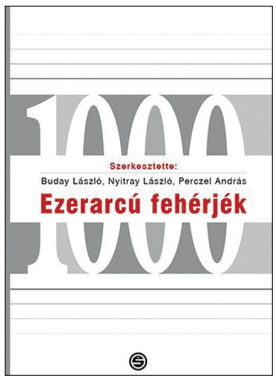
Fráter György halálával nagy veszteség érte a kémikustársadalmat, a két ország szakmai kapcsolatainak ápolásában a veszteség még inkább érzékelhető. Gyászolják munkatársai, a XiMo vállalat vezetősége, a svájci és a magyar kémikus közvélemény. Emlékét megőrizzük.

**XiMo Hungary Kft.**

A magyar megemlékezés Budapesten lesz 2019. szeptember 15. napján. A pontos helyszín és időpont kapcsán a részleteket a www.ximo-inc.com honlapon és a XiMo Hungary LinkedIn Profilon fogjuk közzétenni. Részvételi szándékukat, kérjük, az eva.gulyas@ximo-inc.com e-mail-címen jelezzék.

2019. június 23-án, 102 éves korában elhunyt kaliforniai otthonában **Rosenkranz György**, a szteroidkutatás úttörője. Haláláról vezető nemzetközi napilapok is megemlékeztek. A hazai olvasók életét és munkásságát ezen lap egy korábbi számában megjelent cikkből ismerhetik (MKL (2017) 11, 354–361). **KL**

## KÖNYVAJÁNLÓ




### Ezerarcú fehérjék

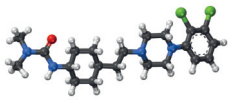
*Szerkesztette: Buday László, Nyitray László, Perczel András; Semmelweis Kiadó, 2018*

Fehérjék ezreinek működése teszi a sejteket élő rendszerré: „személyre szabják” a kémiai reakciókat, működtetik a sejtek energiagyárait, teljesítik az örökítés kényes feladatát, motorokként „áruszállítást” és sok más feladatot végeznek. Mindezek megismerésével a Protein Science foglalkozik, melynek az első magyar nyelvű szakmai összefoglalóját tartja kézben az olvasó. Ez a nagy lélegzetű, 26 módszertani és 16 fehérjecsaládot példaként bemutató fejezetből álló, ezeroldalas szakkönyv közel *100 szerző* munkáját foglalja magában. A szerteágazó tématerületeket a három szerkesztő: az orvos, a biológus és a kémikus három különböző irányból megközelítve igyekezett koherens egységbe rendezni. Egy közös cél vezérelte munkájukat: a fehérjék mibenlétének jobb és mélyebb megértése.

## HÍREK AZ IPARBÓL

# Vegyipari mozaik

**A Richter és az Allergan kiterjesztette Latin-Amerikára a cariprazine értékesítésére vonatkozó licenc-megállapodását.** A módosított megállapodás értelmében az Allergan felelőssége a készítmény törzskönyvezése a megállapodásba újonnan bekerülő országokban. Emellett az Allergan a nettó értékesítés alapján sávos royaltyt fizet a Richternek. *(richter.hu)*



**A Richter és a Hikma licenc- és szállítási megállapodást kötött a cariprazine MENA régióban történő értékesítéséről.** A megállapodás értelmében a Richter szállítja majd a terméket, a Hikma pedig törzskönyvezi és értékesíti a készítményt a régió következő országaiban: Bahrein, Egyiptom, Jordánia, Irak, Szaúd-Arábia, Kuvait, Libanon, Líbia, Marokkó, Omán, Katar, Szudán, Szíria és az Egyesült Arab Emírségek. Az IQVIA 2019. márciusi adatai alapján az atípusos antipszichotikumok tizenkét havi összesített forgalma a szerződésbe foglalt országokban együttesen mintegy 153 MUSD-t tett ki. A szerződés aláírásakor a Richter egyszeri előzetes fizetésben részesül a Hikma részéről, a termék bevezetését követően pedig bizonyos célok teljesülésekor jogosult lesz további, forgalomhoz kötött mérföldkő-bevételekre is.

„Ezt a most létrejött együttműködést újabb lépésnek tekintjük azon az úton, amely a skizofréniában szenvedő betegek kezelésében a cariprazine globális elérhetőségét célozza meg” – mondta el Orbán Gábor, a Richter vezérigazgatója.

„Nagy örömünkre szolgál a termékpalettánk bővítését célzó együttműködés a Richterrel egy ennyire kiemelt jelentőségű terápiás területen. A központi idegrendszeri megbetegedések egyre gyakoribbak a MENA-régió országaiban, és ez a partneri együttműködés lehetővé teszi, hogy a páciensek bővülő körének igényeit kielégíthessük” – tette hozzá Mazen Darwazah, a Hikma alelnöke és a MENA régió elnöke. *(richter.hu)*

RICHTER GEDEON

**Európai gazdasági díjat kapott a Richter Gedeon debreceni Biotechnológiai Üzeme.** Az Emerging Europe Awards 2019-es pályázatán első helyezést ért el a Richter Gedeon Nyrt. debreceni Biotechnológiai Üzeme az „év kutatás-fejlesztési projektje” kategóriában. A megmérettetés során olyan K+F beruházásokat díjaztak, amelyek a helyi, magasan kvalifikált szakértelemre alapozva teremtettek új munkahelyeket. Az ünnepélyes díjátadóra Londonban került sor, az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank központjában.

A Debrecen gazdaságában meghatározó szerepet betöltő Richter Gedeon Nyrt. biotechnológiai üzeme 2012-ben kezdte meg működését a Határ úti Ipari Parkban. Azóta jelentős fejlesztések történtek, melynek eredményeképpen 2016-ban a bioszimiláris készítményeket fejlesztő és gyártó részleg tovább bővült, 2018 márciusában pedig átadásra került a Molekuláris Biológiai Laboratórium. A kutatói és gyártói kapacitás folyamatos bővítése után többfunkciós irodaépület megépítésébe kezdett a vállalat. Ezekkel a lépésekkel a debreceni beruházás összértéke immár meghaladja a 40 milliárd forintot. A Richter stratégiai célja egy olyan komplex és versenyképes biotechnológiai termékvonal létrehozása, amelynek segítségével magas szellemi hozzáadott értéket képviselő, innovatív készítményekkel bővítheti termékportfólióját.

A pályázat elbírálásakor fontos szempont volt a Richter kimagasló innovációs tevékenységén túl, hogy kiemelten kezeli a magasan képzett, elkötelezett munkaerő Debrecenben tartását, melynek érdekében inspiráló és versenyképes környezetet biztosít munkavállalói számára. *(richter.hu)*

EVESTRA
*Caring for Women's Health®*

**A Richter és az Evestra tőkeemelésre vonatkozó megállapodása.** A Richter 15 MUSD értékben jegyzett újonnan kibocsátott Evestra-részvényt. A tranzakció része egy, a Richter által kezdeményezett tőkeemelésnek, melynek végén a Richter össze-

sen 2 608 696 darab részvényt szerez meg. Az Evestra számára 2017-ben adott 1,5 MUSD értékű kölcsön is átváltásra kerül, melynek eredményeképpen a Richter további 333 333 darab részvény birtokába kerül. A Richter által összesen birtokolt részvények alapján a társaság az Evestra legnagyobb tulajdonosává válik, 30,44% tulajdoni hányaddal.

A Richter és az Evestra tovább szeretné mélyíteni és szélesíteni a nőgyógyászat területén kialakult kutatási és fejlesztési együttműködését, annak érdekében, hogy erre a mindkét vállalat stratégiája szempontjából kiemelt jelentőségű piacra új termékeket tudjanak bevezetni.

A megállapodás szerint a Richternek opciós jogai lesznek, amelyek lehetővé teszik, hogy a társaság tovább növelje részesedését az Evestra alaptőkéjében egyes, a jövőben elérendő mérföldkövek teljesülése esetén. *(richter.hu)*

**A Magyar Tudományos Akadémia újonnan megválasztott tagjai.** *Kicsit megkésve közöljük az MTA közgyűlésének normális életével kapcsolatos híreit. Sajnos, ebben az évben ezek a hírek háttérbe szorultak az MTA-t ért, széles nyilvánosságot kapott kormányzati beavatkozások miatt. Ezekkel mi is fontosságuknak megfelelően foglalkoztunk (lásd korábbi számainkban megjelent két állásfoglalásunkat, illetve jelen számunkban Palkovics miniszter úr válaszlevelét és beköszöntőnket). Sajnálatos, hogy a 2019. év, úgy tűnik, nem az MTA dicső éveként fog bevonulni az intézmény történetébe. Az események magyarázzák ugyan, de nem mentesítenek bennünket feledékenységünkért. Olvasóink és az érintettek szíves elnézését kérjük. (A felelős szerkesztő)*

Az Akadémikusok Gyűlése megválasztotta az MTA új rendes, levelező, külső és tiszteleti tagjait. A 102 új tag között 26 kutatónő található.

*Rendes tagok (Kémiai Tudományok Osztálya):*
*E. Kövér Katalin,* DE
*Huszthy Péter,* BME
*Iván Béla,* MTA TTK

*Levelező tagok (Kémiai Tudományok Osztálya):*
*Hohmann Judit,* SZTE
*Keserű György Miklós,* MTA TTK, BME
*Nyulászi László,* BME

**MTA Kiválósági Intézet címet alapít az Akadémia.** Az „MTA Kiválósági Intézet" cím használatának feltételeit egy ad hoc elnöki bizottság dolgozza ki. A bizottság elnöke Bokor József, a Magyar Tudományos Akadémia alelnöke. Tagjai Rácz Zoltán, az MTA Fizikai Tudományok Osztályának elnöke, Kosztolányi György, az MTA Orvosi Tudományok Osztályának elnöke, Boda Zsolt, az MTA Társadalomtudományi Kutatóközpont főigazgatója, valamint Nagy Ferenc, az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont főigazgatója.

A bizottság javaslatáról az MTA Elnöksége, illetve Közgyűlése hoz majd határozatot.

Az Elnökség döntött arról is, hogy a kutatóhálózat teljesítményét értékelő átvilágítás kiváló eredményei alapján a jelenleg még a Magyar Tudományos Akadémia irányítása alatt működő kutatóhálózat tagjai 2019. szeptember 1-jétől legalább egy évig használhatják az MTA Kiválósági Intézet címet.

Mint ismert, az Akadémia az MTA és az ITM által felkért hazai és nemzetközi szakértők bevonásával, nemzetközi standardok figyelembevételével 2019-ben átvilágíttatta a kutatóhálózatot. A teljesítményértékelés idén áprilisban zárult le. Eszerint az MTA kutatóintézet-hálózata Európában a legjobbak közé tartozik. A hálózat teljesítménye kiváló, és számos olyan alkotóműhellyel rendelkezik, amely a világ élvonalába tartozik, és nemzeti kincsnek tekinthető. *(mta.hu)*

**Gratulálunk, Egis Russia!** Rangos elismerést nyert az Egis oroszországi leányvállalata, a CSR programja.

Az Egis Oroszország „Buy for Good" elnevezésű, 2018-ban megvalósított programját választották Oroszország legjobb társadalmi felelősségvállalási projektjének az orvosi-társadalmi projektek kategóriájában.

A „Buy for Good" elnevezésű program tartalma kettős: egyfelől három különböző termékünk minden eladott darabjának árából öt rubelt a Katren gyógyszerforgalmazó cég alapítványának támogatására juttatnak. Emellett a kollégák számos edukációs előadást is szerveztek a szülő nélkül felnövő, állami gondoskodásban élő, serdülőkorú lányok számára az intim higiénia és a nőgyógyászati egészségmegőrzés témakörében. A pszichológusok és nőgyógyászok által tartott előadásokon az ország tizenkilenc gyermekotthonából több mint kétszázan vettek részt.

A képen Elena Bershadskaya, az Egis Russia PR menedzsere és Pavel Korolev, a Moscow Healthcare Departmentdíj illetékese, a díj átadója látható. *(egis.hu)*

**Ilyen lesz belülről a Mol új központja.** A Mol-csoport közzétette az épülő új székház, a Mol Campus belsőépítészeti terveit a projekt weboldalán. A számos egyedi megoldást tartalmazó épület 2500 munkavállaló számára biztosít majd modern munkakörnyezetet.

„Célunk, hogy olyan épületet alakítsunk ki, amely nem egyszerűen iro-

dakomplexum, hanem modern alkotóház, kreatív környezet, ahova több évtized múlva is szívesen járnak be dolgozni a kollégák” – fogalmazott Ratatics Péter, a Mol Magyarország ügyvezető igazgatója. „Világosan látjuk ugyanis, hogy az Y és Z generáció igényei, elvárásai megváltoztak, más munkavégzési szokásaik vannak, ehhez kell igazodnunk. Ahhoz, hogy egy cég versenyképes maradjon, innovációra van szükség, amelynek érintenie kell a munkakörnyezetet is. A Campus létrejöttének puszta híre már önmagában is inspirálóan hat a Mol-dolgozókra, a belső terek kialakítását széles körben zajló ötletbörze előzte meg.”

**Ritz Ferenc összeállítása**

# MKE-HÍREK

## Konferenciák, rendezvények

### Rendezvénynaptár – 2019

| | | |
|---|---|---|
| október 9–11. | Őszi Radiokémiai Napok Napok | Balaton-szárszó |
| november 11–13. | 62. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés és XIV. Környezet-védelmi Analitikai és Technológiai Konferencia | Balaton-szárszó |
| november 21. | Kozmetikai Szimpózium 2019 | Budapest |

**Őszi Radiokémiai Napok**

2019. október 9–11.
SDG Családi Hotel és Konferencia Központ
(Balatonszárszó, Csárda utca 39–41.)
Rendezvény honlapja és online jelentkezés:
http://www.radiokemia.mke.org.hu/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,
beatrix.schenker@mke.org.hu

**62. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés**

2019. november 11–13.
SDG Családi Hotel és Konferencia Központ
(Balatonszárszó, Csárda utca 39–41.)
Rendezvény honlapja és online jelentkezés:
http://www.spektrokemia.mke.org.hu/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,
beatrix.schenker@mke.org.hu

**XIV. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia**

2019. november 11–13.
SDG Családi Hotel és Konferencia Központ
(Balatonszárszó, Csárda utca 39–41.)
Rendezvény honlapja és online jelentkezés:
https://www.mke.org.hu/KAT2019/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix:
beatrix.schenker@mke.org.hu

**Kozmetikai Szimpózium 2019**

2019. november 21.
Hotel Bara, Budapest, Hegyalja út 34.
Fő témakörök:
- Bőrdiagnosztikai eredmények felhasználása a termékfejlesztésben
- Új formulák és hatóanyagok
- A kozmetikai termékek konzerválása
- Antimikrobás növényi anyagok felhasználása a kozmetikai készítményekben
- Bőrtáplálás belsőleg alkalmazott táplálékkiegészítőkkel
- A fényterápia kozmetikai alkalmazásának kérdései

A rendezvény honlapja és online regisztráció:
https://e-conf.com/kozmetika2019/registration/
TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix,
beatrix.schenker@mke.org.hu

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL
*LXXIV. No. 9. September*

CONTENTS

*Synthesis of imidazolines* 266
**CSABA HUSZÁR, ATTILA KIS-TAMÁS, and ANTAL GAJÁRY**
*A drop of chemistry. Liquide state reactions in ultra micro-volumes* 271
**TIBOR BRAUN**
*Harmonious coupling of family and research. An interview with L'Oréal Prize winner* ***Edit Csapó*** 275
**TAMÁS KISS**
*Teacher training programme at Roland Eötvös University until the 2000s* 277
**MIKLÓS RIEDEL, MÁRTA RÓZSAHEGYI, and JUDIT WAJAND**
*Significance of the periodic table in geosciences: the basis of (geo)chemical knowledge* 282
**ANDREA BEÁTA RAUCSIK-VARGA**
*Royal researchers. The birth of academies of science* 286
**VERA SILBERER**
*2018 IgNobel Prizes: „heart sends to heart”* 288
**GÁBOR LENTE**
*Science on stamps. The miracle of gemstones* 289
**LÁSZLÓ BOROS**
*Chembits* 290
**GÁBOR LENTE**
*The Society's Life* 292
*News of the Month* 293

UNICAM
Magyarország Kft.

1144 Budapest, Kőszeg utca 27.
Telefon: +36 1 221 5536 • Fax: +36 1 221 5543
E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu

„Az Ön GLP partnere”

## Thermo Scientific:

Thermo SCIENTIFIC DISTRIBUTOR

- 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

## Olympus:

OLYMPUS
Your Vision, Our Future

- Mikroszkópok

## Hitachi:

HITACHI

- Elektronmikroszkópok

## 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