

A TARTALOMBÓL:

- A nanovilág színes magjai
- A megfigyelés sebessége
- Az mRNS-vakcinák üzenete
- Karikó Katalin áttörései
- A víz két pKa értéke
- Russell Marker  
– egy rendkívüli ember  
különös életútja



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXIX. ÉVFOLYAM • 2024. FEBRUÁR • ÁRA: 950 FT

## Nobel-díjas felfedezések, 2023

 A lap megjelenését  
a Nemzeti Kulturális Alap  
támogatja  
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány  
a Magyar Tudományos Akadémia  
támogatásával készült



## Evolution paths from gray to turquoise hydrogen via catalytic steam methane reforming: Current challenges and future developments

Samrand Saeidi<sup>a,b,\*</sup>, András Sági<sup>a</sup>, Asif Hussain Khoja<sup>c</sup>, Sara Najari<sup>a</sup>, Mariam Ayesha<sup>d</sup>, Zoltán Kónya<sup>a</sup>, Bernard Baffour Asare-Bediako<sup>e</sup>, Adam Tatarczuk<sup>f</sup>, Volker Hessel<sup>g</sup>, Frerich J. Keil<sup>h</sup>, Alírio E. Rodrigues<sup>i</sup>

<sup>a</sup> Department of Applied and Environmental Chemistry, Interdisciplinary Excellence Centre, University of Szeged, Rerrich Béla tér 1, Szeged 6720, Hungary

<sup>b</sup> Biotechnology Center, Silesian University of Technology, 8 Krzywousty St., 44-100 Gliwice, Poland

<sup>c</sup> Fossil Fuel Laboratory, Department of Thermal Energy Engineering, U.S.-Pakistan Centre for Advanced Studies in Energy (USPCAS-E), National University of Sciences & Technology (NUST), Sector H-12 Islamabad (44000), Pakistan

<sup>d</sup> School of Chemical and Materials Engineering (SCME), National University of Sciences & Technology (NUST), Sector H-12 Islamabad (44000), Pakistan

<sup>e</sup> Center for Renewable Carbon, University of Tennessee, Knoxville 37996, USA

<sup>f</sup> Department of Energy Transition – Institute of Energy and Fuel Processing Technology, 41-303 Zabrze, Poland

<sup>g</sup> School of Chemical Engineering, The University of Adelaide, North Terrace Campus, Adelaide, 5005, Australia

<sup>h</sup> Institute of Chemical Reaction Engineering, Hamburg University of Technology, Hamburg D-21073, Germany

<sup>i</sup> Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials (LSRE-LCM), Associate Laboratory LSRE-LCM, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465, Porto, Portugal

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

**Keywords:**  
Conventional SMR  
Blue/Turquoise H<sub>2</sub> production  
Catalysis  
Kinetic models  
Operating conditions

Fossil fuel depletion, global warming, climate change, and steep hikes in the price of fuel are driving scientists to investigate commercial and environmentally friendly energy carriers like hydrogen. Steam methane reforming (SMR), a current commercial route for H<sub>2</sub> production, has been considered the best remedy to fulfill the requirements. Despite the remarkable quantity of H<sub>2</sub> produced by the SMR, this technology still faces major challenges such as catalyst deactivation due to the sintering of metal nanoparticles, coking, and generation of a

**A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium létrehozását a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az RRF-2.3.1-21-2022-0009 azonosító számú projekt keretében.**

Received 28 June 2023, accepted 17 July 2023, date of publication 20 July 2023, date of current version 26 July 2023.

Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2023.3297494



# The Accuracy of PV Power Plant Scheduling in Europe: An Overview of ENTSO-E Countries

**HENRIK ZSIBORÁCS<sup>1</sup>, ANDRÁS VINCZE<sup>2</sup>, GÁBOR PINTÉR<sup>3</sup>,  
AND NÓRA HEGEDŰSNÉ BARANYAI<sup>4</sup>**

Renewable Energy Research Group, University of Pannonia Nagykanizsa–University Center for Circular Economy, 8800 Nagykanizsa, Hungary

Corresponding author: Gábor Pintér ([pinter.gabor@pen.uni-pannon.hu](mailto:pinter.gabor@pen.uni-pannon.hu))

We acknowledge the financial support of project number 2021-2.1.1-EK-2021-00002 and project no. RRF-2.3.1-21-2022-00009, titled National Laboratory for Renewable Energy. “Project no. RRF-2.3.1-21-2022-00009, titled National Laboratory for Renewable Energy, has

**A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratóriumot létrehozó intézmények: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Debreceni Egyetem, Energiatudományi Kutatóközpont, Miskolci Egyetem, Neumann János Egyetem, Pannon Egyetem, Pécsi Tudományegyetem, Széchenyi István Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kutatóközpont.**



A Magyar Kémikusok Egyesületének tudományos ismeretterjesztő folyóirata és hivatalos lapja

**SZERKESZTŐSÉG:**

Felelős szerkesztő: LENTE GÁBOR  
KISS TAMÁS örökös th. főszerkesztő  
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA  
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

**Szerkesztőbizottság:**

KEGLEVICH GYÖRGY,  
a szerkesztőbizottság elnöke,  
BÁLINT MÁRIA, BUZÁS ILONA,  
DOMBRÁDY ZSOLT, FÁBIÁN ISTVÁN,  
GREINER ISTVÁN, HANCSÓK JENŐ,  
ifj. SZÁNTAY CSABA, KALÁSZ HUBA,  
KISS TAMÁS, MERNYÁK ERZSÉBET,  
SKODÁNE FÖLDES RITA,  
SZÉPVÖLGYI JÁNOS, TÖMPE PÉTER,  
ZÉKÁNY ANDRÁS

**Szerkesztők:**

ANDROSITS BEÁTA, DOBÓ DORINA,  
KEGLEVICH KRISTÓF, KERTI GÁBOR,  
NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR

**Szerkesztőségi titkár:** SÜLI ERIKA

Kapják az Egyesület tagjai és a megrendelők  
A szerkesztésért felel: LENTE GÁBOR

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

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Felelős kiadó: SZABÓ JÁNOS ZOLTÁN  
Nyomdai előkészítés: HORVÁTH IMRE  
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 11 400 Ft  
Egy szám ára: 950 Ft. Külföldön terjeszti  
a Batthyány 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 és archivált számaink honlapunkon  
(mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541  
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)  
HU ISSN 1588-1199 (online)  
DOI: 10.24364/MKL.2024.02

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



A februári szám véglegesítése arra az időszakra esett, amikor oktatási intézményeink – beleértve a középiskolákat és egyetemeinket is – az ünnepekre való tekintettel bezártak csakúgy, mint a kutatási intézetek és a vegyipari gyárak. Ennek következményeként a februári számban az oktatási és ipari vonatkozások talán kissé hátrébb szorultak. Mindenesetre hadd említsem meg, hogy a 2022-es év végi/2023-as év eleji, a súlyos energiaválság miatti hosszabb leállás egy év múltán már nem ismétlődött meg. A 2024 elején is tapasztalt enyhe tél nyilván előnyös a háztartások számára (is), viszont nyilvánvaló, hogy a szélsőséges időjárás (a rengeteg csapadék és árvíz) egy összetettebb változás következménye. Sajnos a Covid – igaz, szelídebb variációkban – nagymértékben terjed. Vigyázzunk egymásra!

Kijelenthetjük, hogy a februári lapszám felhozatala igen gazdag. 2023-ban már szerepeltek írások a lapban a 110 éves Egisről. A mostani füzetben felelős szerkesztőnk jóvoltából bemutatkozik Poroszlai Csaba, az Egis Gyógyszergyár Zrt. vezérigazgatója. Összefoglalja a gyár nagy korszakait, beszél a jelenről, a jövőről és a MKE-vel fennálló kapcsolatokról.

Az írások nagy része az ősz során odaítélt Nobel-díjakkal foglalkozik: ez a téma mindenki számára érdekes olvasmány. A kémiai Nobel-díjat három tudós, Moungi Bawendi, Louis Brus és Alexej Jekimov kapta a kvantumfütyök területén elért – egymástól független, mégis összefüggő – kutatásaiért. A kvantumfütyök nem szigorúan molekulárisak, hanem inkább 1–10 nm közötti átmérőjű anyagalmazok. Kukovecz Ákos írásából többet is megtudhatunk. A fizikai Nobel-díjat Pierre Agostini, Anne L’Huillier és Krausz Ferenc kutatók nyerték el az atomosodperces ( $10^{-18}$  s-os) vizsgálati módszer megvalósításáért. Pálfalvi László összefoglalója révén megérthetjük a felfedezés igazi jelentőségét. Hargittai István akadémikus a fizikai Nobel-díjhoz kapcsolódva, „A megfigyelés sebessége” címmel, Oláh György találmányából kiindulva, Earl Muetterties változatos szerkezetű molekuláinak élettartamán át, valamint saját gázfázisú elektronfrakciós kutatásainak keresztül érdekes, az időskálához kapcsolódó vonatkozásokat gyűjtött össze. Az orvosi Nobel-díjról már sokat hallhattunk. Ezúttal Kemesi Gábor összefoglalóját olvashatjuk a Karikó Katalinnak és Drew Weissmannak odaítélt elismeréséről. Ehhez kapcsolódik Kiss Tamás ismertetése Karikó Katalin Áttörések – Életem és a tudomány című könyvéről, ami érdekes olvasmánynak ígérkezik. Ha már a februári lapszám fókuszában a Nobel-díjak vannak, remek háttéranyag Duda Ernő beszámolója a díjak átadásáról.

Milen Mátys írását az elemzi, miért jelenik meg a kémiai szakirodalomban a vízre két pKa érték (már egységesítik). A cikkek sorát Kovács Lajos „Russel Marker” sorozatának 2. része zárja.

Jó olvasást kívánunk!

El kell még mondani, hogy a MKE megújult vezetése az IB bevonásával gőzerővel dolgozik a reformokon, hogy egy pandémia utáni időkhöz igazodó, fenntartható és rentábilisan működő egyesület jöjjön létre. Terveink szerint hamarosan meghirdetjük a 2024 júniusára tervezett Vegyészkonferenciát, melyet a Szerves és Gyógyszerkémiai Szakosztály vezetősége szervez.

2024. február

*György G.*

Keglevich György  
az MKL szerkesztőbizottságának elnöke,  
IB-tag, a Szerves és Gyógyszerkémiai Szakosztály elnöke

**TARTALOM****110 ÉVES AZ EGIS**

„Az Egis kémia nélkül megáll”. Beszélgetés Poroszlai Csabával,  
az Egis Gyógyszergyár Zrt. vezérigazgatójával

34

**NOBEL-DÍJ, 2023**

**Kukovecz Ákos:** Kémiai Nobel-díj, 2023: kvantumfütyök, a nanovilág színes magjai

37

**Pálfalvi László:** Hé, elektron, most röpül a kismadár!

37

A 2023-as fizikai Nobel-díj kapcsán

40

**Hargittai István:** A megfigyelés sebessége

43

**Kemesi Gábor:** Karikó Katalin Nobel-díja és az mRNS-vakcinák üzenete

47

**Kiss Tamás:** Olvasnivalót ajánlanék

(Karikó Katalin: Áttörések – Életem és a tudomány)

49

**Duda Ernő:** Stockholm, 2023. december 10.

50

**VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY**

**Milen Mátys:** A víz két pKa értéke: 14,0 és 15,7

50

**VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET**

**Kovács Lajos:** Russell Marker. Második rész

52

**VEGYÉSZLELETEK**

**Lente Gábor** rovata

56

**A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA**

58

**EGYESÜLETI ÉLET**

60

**A HÓNAP HÍREI**

63

**Címlapunkon:**

Nobel-díjas  
felfedezések, 2023.  
CdS-quantumfütyö  
– sejtek, biomolekulák  
megvilágítására is  
alkalmas. (Courtesy  
of Pacific Northwest  
National Laboratory)



# „Az Egis kémia nélkül megáll”

Beszélgetés Poroszlai Csabával, az Egis Gyógyszergyár Zrt. vezérigazgatójával

*Az Egis 2023-ban ünnepelte alapításának 110. évfordulóját, ehhez kapcsolódva a Magyar Kémikusok Lapja két számában is közölt írást az elmúlt hónapokban. A cég 110 éves története során egymástól jelentősen különböző időszakok váltakoztak. Ezek a periódusok a vállalat jelenlegi működésében is éreztetik hatásukat?*

A mindennapjainkban már önmagában a száztíz éves múlt tudata is erősen jelen van, része a kultúránknak. Egyrészt büszkeségre ad okot, hogy a történelem – Magyarországon egyébként elég erős – viharai nem sodortak el minket, másrészt felelősséget is ró ránk, hogy ez a továbbiakban is így maradjon.

Valóban vannak olyan, vállalati korszakokon átívelő hatások, tanulságok és kulturális elemek, amelyek máig jellemzik az Egist. Ilyeneket ismerünk már a vállalat történetének első, 1945-ig tartó szakaszából is. A társaságot egy magyar gyógyszerész, Balla Sándor alapította, a tőke nagy részét azonban nem ő hozta, hanem egy svájci tápszergyáros, aki – a kisebbségi jogokért cserébe – licenzpartnert keresett a saját terméke gyártására és forgalmazására a Monarchiában és Kelet-Európában. Balla Sándor gyógyszerész volt, egyben kivételesen ambiciózus, öntudatos és távlatokban gondolkodó üzletember, ennél fogva már a kezdetektől gyógyszergyárat szeretett volna működtetni. Ahogy a vállalat kiheverte az első világháborút és utána a piacok jelentős részének az elvesztését, a cég növekedni kezdett, és amint rendelkezésére állt a szükséges pénzügyi háttér, azonnal elindította a saját gyógyszerfejlesztéseit – ez a fajta innovatív szemlélet, illetve a szakmai tudás fontossága máig ható örökség. Emellett Balla is támogatta a hazai tudományos életet, ugyanúgy, ahogy ma is tesszük. Ugyancsak akkor alakult ki a vállalatra máig jellemző közösségépítő, családbarát jelleg. Már az 1945 előtti időszakban is több szabadidős kezdeményezéshez csatlakozhattak a dolgozók, illetve szokatlanul magas színvonalú juttatásokban részesültek.

A következő nagy korszak nagyjából a háború vége és a rendszerváltás közé esik. A Balla-féle vállalatot 1948-ban államosították, majd hozzácsatoltak még néhány kisebb céget, így jött létre az Egyesült Gyógyszer- és Tápszergyár; ez a név változott később Egisre. Az államosítás után óriási mértékű, főleg a fizikai infrastruktúrát érintő gyárbővítés zajlott, és ebben a korszakban alakult ki az a nagyon komplex, vertikálisan integrált nagyvállalati jelleg, ami az Egist ma is jellemzi. Az együttműködést és a közösségépítést a háború előttről hozta magával a cég, de ebben az időszakban is volt egy nagyon szép és híres megnyilvánulása: amikor Örkény István a gyárban dolgozott. A fizikai munkát tulajdonképpen büntetésként szánták neki, itt viszont befogadó és szolidáris közegre talált, és aztán rövid idő alatt át is helyezték szellemi munkakörbe. Valószínűleg nem ez volt az akkori pártközpont vágya, de a vezetés olyan pozícióra osztotta be, ami sokkal jobban megfelelt képességeinek, tudásának, affinitásainak.

Ebben a korszakban jelentek meg a nyugati piacokon is versenyképes termékeink; és ilyenekből az akkori Magyarországon

nem sok akadt. Ez tulajdonképpen az innováció és persze a szakmai tudás leképezése. Ez szintén máig ható örökség, ami azóta is fontos szervezőerőnk: korszerű, a világpiacon is versenyképes termékeket gyártani. A vállalatot ma egyértelműen az export vezérli. Forgalmunknak több mint a 80 százaléka a külföldről származik, de a kutatás-fejlesztés és a gyártás bázisa magyar. Fontosnak tartjuk, és ki is használjuk a vertikális integráció erejét: meggyőződésünk, hogy nagyon komoly versenyelőny lehet, ha a fejlesztés-gyártás-kereskedelem értéklánc minél több elemét házon belül tudjuk tartani.

*A vállalat története után az ön személyes történetéről is szeretnék kérdezni. Az önéletrajzában az áll, hogy közgazdászként végzett, viszont a teljes pályafutását a gyógyszeriparban töltötte. Van valami iskolai vagy családi kötődése ehhez az ágazathoz?*

Családunkban több mérnök is van, de nem vegyészeti területen. Egyetemi éveim alatt az egyik oktatóm keresett utánpótlást egy gyógyszergyárhoz, és engem választott – ilyesmi manapság is előfordulhat, hiszen mi is foglalkoztatunk diákokat, gyakornokokat, és időnként oktatókon keresztül jutunk el hozzájuk. Később pedig rájöttem, hogy – sajnálatos módon egyébként – kevés olyan iparág van Magyarországon, amely közgazdászszemmel nézve olyan szép és komplex, mint a gyógyszeripar. Hiszen hozzáadott értéket ott lehet a legjobban előállítani, ahol fejlesztés is van. Az külön előny, hogy ehhez még gyártás is társul, mert ez egyrészt nagyon izgalmas, másrészt hozzájárul a hozzáadott értékhez. A gyógyszeriparban mindez teljesül, ráadásul az ágazat még exportban is versenyképes – ez minden szempontból kivételes.

*Melyek jelenleg az Egis legkeresettebb termékei, és hol vannak a legfontosabb piacok?*

A legfontosabb terápiás területeink a szív- és érrendszer, illetve a központi idegrendszer. Erőteljesen jelen vagyunk még a vény nélkül kapható gyógyszerek piacának bizonyos területein. Értékesítéseink 80%-a külföldön történik, leányvállalatok és képviselők révén a kelet-közép-európai országok többségében elérhetőek a termékeink. Nagyon fontos számunkra Nyugat-Európa is, azon belül különösen Franciaország és Németország.

*Ezek szerint nagyon sok különböző nyelven kell betegájékoztatót vagy a termékekhez reklámszövegeket írni. Ezekhez megvan a cégen belüli erőforrás?*

Elkülönböztük azokat a piacokat, ahol az Egis saját hálózattal és márkanévvel van jelen. Ezekben az országokban saját leányvállalataink, képviselőink vannak, ezek rendelkeznek a szükséges marketingtudással. A gyógyszerismertető anyagokat a helyi piacokra ottani kollégáink írják vagy fordítják – ahogy egykor Örkény István is tette. Mivel Magyarországon gyártjuk a gyógyszereket, a forgalomba hozatali engedélyek összeállítása itthon történik. A betegájékoztató szövegeket természetesen egyeztetjük



FOTÓ: EGIS GYÓGYSZERGYÁR ZRT.

a helyi kollégáinkkal, de a törzskönyveket házon belül is kell tudnunk menedzselni. A világ többi részén, például a nyugat-európai piacokon partnereken keresztül értékesítünk, licenszbe adjuk a készítményeinket. Ezeket a piacokon nem mi foglalkozunk a reklám- és marketinganyagok összeállításával. A betegtájékoztatókért is a partner felel, bár a részleteket nekünk is ismernünk kell, hiszen a gyártás továbbra is nálunk van. Nem beszélünk nyolcvan nyelvet, de nagyon erős angol és orosz nyelvtudás jellemzi a vállalatot. A saját piacainkon megvan a helyi nyelvismeret is, ahol pedig partnereken keresztül értékesítünk, ott ők szolgáltatják ezt a tudást.

*A licenszbe adás azt jelenti, hogy önök gyártják a gyógyszert, de a dobozon már egy másik forgalmazó neve van?*

Igen. Vegyük mondjuk egy szív- és érrendszeri fix dóziszú kombinációt, ezek mostanában a legsikeresebb termékeink közé tartoznak. Ezt a gyógyszert mi fejlesztettük, mi gyártjuk, de a forgalomba hozatali engedély tulajdonosa vagy jogosultja ebben az esetben a partnercég. A terméket ilyenkor az általa megtervezett grafikai dobozba csomagoljuk itthon.

*Ezek generikumok?*

A fix dóziszú kombinációk az úgynevezett „value-added”, vagyis hozzáadott értékű generikumok közé tartoznak. Sok esetben fejlesztünk olyan kombinációkat, ahol az Egis világszerte ezen a téren. A hatóanyagok már ismert, létező molekulák, de a kombinációjuk innovatív, és így, a már létező hatóanyagok egyedi összetétele folytán, ezek a készítmények hozzáadott értéket képviselnek.

*A partnereknek tipikusan nincs is saját gyártókapacitásuk?*

Ez nagyon vegyes. A legtöbb cég – mi is ide tartozunk – nem tud mindent kifejleszteni, amire piaci igényt lát. Olyan partnereink is

vannak, amelyek rendelkeznek gyártóbázissal, csak nem jutott eszükbe az az ötlet, ami nekünk igen; ekkor nekik nem feltétlenül éri meg ugyanazt a saját készítményt fejleszteni. Az is előfordul, hogy nincs meg a szükséges gyártási technológiájuk, vagy nincs rá kapacitásuk. Esetleg nagyon gyorsan szeretnének piacra lépni, és kapóra jön, hogy a mi termékünk már készen van. Inentől pedig rengeteg variáció adódik.

*Ha a jelenről is beszéltünk, akkor a jövőbe is tekintsünk egy kicsit: a mostani fejlesztés súlypontjairól mennyit lehet elárulni az olvasóknak?*

Az egyik súlypontot a már említett kombinációs készítmények adják. Az elmúlt bő évtizedben az Egis erősen elmélyült ebben a témában. Több innovatív, fix dóziszú kombinációval tudtunk piacra lépni, ahol mi voltunk az elsők; időnként hosszú időn keresztül az egyetlenek. Most már a legnagyobb forgalmú termékünk is egy fix dóziszú kombináció, és a jövőben is nagyon számítunk ezekre a készítményekre. Ennek a termékcsoporthoz a betegek szempontjából nagy előnye, hogy nem szükséges két-három pirulát szedni, hanem elég egyetlen tableta is. Így nem kell a betegnek arra figyelni, hogy bevette-e már az elsőt, vagy a harmadikat, vagy esetleg tegnap kihagyta, vagy kettőt kellene. Ez krónikus, többségében szív- és érrendszeri terápiák esetén gyakori. Vizsgálatokkal is alátámasztották már, hogy a krónikus kezelések esetében folyamatosan csökken a betegek terápiában maradása, és ez összefügg azzal, hogy hány gyógyszert kell bevenniük. Így ezek a fix kombinációk hozzáadott értéket adnak az egészségnyereséghez.

A másik súlyponti fejlesztési irányunk a kis mennyiségben nagy biológiai aktivitást kifejtő készítmények. Ezeket – a jellemzően onkológiai szereket – az angol szakzsargonban „highly potent”-nek hívják.



*Hogyan látja a Magyar Kémikusok Egyesületének szerepét a gyógyszeriparban, illetve van-e valamiféle sajátos jelentősége az egyesületnek az Egis számára?*

Mindenképpen van, hiszen mi nagyon erősen támaszkodunk a vegyészetre mint tudományra. Az Egis kémia nélkül megáll – ennek megfelelően fontos számunkra az MKE, az MKE munkája is. Az Egisnek húsba vágó kérdés, hogy legyen megfelelő szakértő munkaerő, hiszen a nyugdíjba vonuló vegyésztechnikus, vegyész és vegyészmérnök kollégáinkat pótolni kell. Ha ezek a szakmák nincsenek, nem tudunk dolgozni, hiszen ahogy említettem, vertikálisan integráltak vagyunk, tehát jelentős részben saját magunk fejlesztjük és gyártjuk a hatóanyagainkat és készítményeinket. Már pusztán az utánpótlás-képzés miatt is nagyon fontos számunkra az a szerep, amelyet az MKE az általános és középiskolai kémiaoktatásban, valamint az országos versenyek szervezésében tölt be. Ezeket a kezdeményezéseket az Egis is igyekszik támogatni. Természetesen aktív vegyészeink és vegyészmérnökeink számára is megkerülhetetlen az MKE, hiszen keretrendszerrel biztosít az egyetemnek, az akadémiai intézeteknek és az ipar közötti kapcsolatoknak. Mivel az MKE egy nagyobb európai szintű szervezet tagja, így a kémia nemzetközi beágyazottságát is erősíti. Sok kollégánk aktív tagja az egyesületnek, sőt, dr. Farkas Ferenc, az egyik laborvezetőnk, az MKE egyik szakosztályának az elnöke is. Remélem, a szoros együttműködés a jövőben is fennmarad.

*Egy frissen végzett kémikus milyen ajánlatra számíthat az Egisben? Milyen munkakörök érhetők el, hogyan lehet álláshirdetésre jelentkezni? Esetleg maga az Egis is keresgél a felsőoktatásban lévő, tehetségesebb diákok között?*

Folyamatosan hirdetünk, mindig keressük az utánpótlást, az már szinte másodlagos, hogy vegyész vagy vegyészmérnök-e valaki. Az iparági követelmények folyamatosan szigorodnak: egyre több mindent, egyre pontosabban, szűkebb mérési tartomány-

ban kell mérni, állandóan fejlődik a technológia – ennek folytán az analitikai munkakörökbe folyamatosan keresünk munkatársakat, várjuk a fejlesztő és minőségellenőrző analitikus ifjú títánokat. Hasonló a helyzet a törzskönyvezési oldalon is.

*Okoz nehézséget a szakképzett munkaerő megtalálása?*

Sajnos igen. Főként az imént említett analitikusi munkakörökben. Egyre szűkül az utánpótlás bázisa.

*Azt hiszem, a magyar vegyipar minden más szegletében is látják ezt.*

Valóban, erre többször is felhívtuk a döntéshozók figyelmét, és reméljük, lesz pozitív változás. Ezért mi Egisként is sokat teszünk, és az MKE aktivitását is nagyon köszönjük.

*Az utolsó téma, amit érinteni szeretnék: az ágazati különadó. Mennyiben befolyásolja ez az Egis jelenlegi gazdálkodását?*

Erről már több fórumon is beszélünk, úgyhogy amit mondok, nem lesz meglepetés. Az ágazati szereplőkre kirott különadó éppen azt a képességet károsítja, amitől ez Magyarország egyik legversenyképesebb iparága. Az intézkedés a lényegét tekintve a termelést és az exportot adóztatja, miközben a gyógyszeripar a hazai fejlesztésre építő, exportáló iparágak szűk csoportjába tartozik. Bár minden ország, így hazánk is sok gyógyszert importál, a jelentős export miatt a mérleg még mindig pozitív. Ez annak köszönhető, hogy a gyógyszeripar hazai fejlesztési és gyártói bázison működik, ráadásul nem is egyszerűen kiemelkedően magas hozzáadott értékkel, hanem a nagy iparágak közül nálunk a legnagyobb az egy dolgozóra jutó hozzáadott érték. Igaz ez a kutatásra is: a legnagyobb kutatás-fejlesztési hányadú ágazat Magyarországon a gyógyszeripar, egy dolgozóra vetítve messze nálunk a legnagyobbak az ilyen jellegű ráfordítások. Márpedig az adó miatt kifizetett összeget nem tudjuk fejlesztésre vagy beruházásra költeni – ezek elől szívja el az adó a levegőt egy olyan iparágban, amely egyébként nem csak potenciálisan exportképes, hanem ténylegesen exportál is.

**Lente Gábor**

## Az Egis jubileumára meghirdetett egypercesnovella-író pályázat nyertes írásai

### **Dr. Kerekes Gábor: Elkél a segítség**

Nagy doktor a folyosón türelmesen végighallgatta Margitka panaszait – itt fáj, ott fáj –, majd belépett a négyes kórterembe. Bár nem lett volna kötelessége, kiürítette ketteske ágytálát, megigazította hármaska katéterét, ellenőrizte a lázlapokat, hümmögve nagyobb adag fájdalomcsillapítót rendelt ötöskének. A délután folyamán Nagy doktor még levezetett egy szülést (farfekvésest), helyretett egy kificalmodott bokát, bekötözött két vérző térdet, és javaslatot fogalmazott meg az égési sérültek osztályán a felső hámréteg gyógyszeres kezelésének szakkérdésében.

A szorgos nap után Nagy doktor visszatért a hármaskórterembe, bebújt az ágyába, bevette gyógyszereit és türelmesen várt, még ki nem írt epeműtétjére. Nagy doktor nagydoktor volt, akadémiai, történész.

Dehát olyan kevés az orvos – gondolta. Elkél a segítség.

### **Friedler Magdolna: „Utasokat nem szállít”**

Bukmán Kenéz Kázmér (a későbbiekben BKK) nyugdíj előtt álló, díszokleveles férfi-mesterszabóból átképzett buszsofőr legelső munkanapján éppen túpontosan, a járdához párhuzamosan igazodva akart beállni a Széll Kálmán téri megállóba, amikor a menetirányító diszpécserőtől azt a mobilitásstratégiai vezetői utasítást kapta, hogy

ne vegye fel a nyári menetrend szerint 08:29-kor Normafa, látogatóközpontba induló 21-es busz utasait, hanem késedelem nélkül induljon el a 299-es járat útvonalán. Mivel a központtal megszakadt a kapcsolat, és csupán 298-asig volt buszszámozás, BKK tanácstalanul lépett a gázra.

Más elrendelést nem kapott, így az azóta eltelt 4 évben BKK szél-tében-hosszában beutazta egész Budapestet, sőt, a közigazgatási határon túlra is elmerészkedett. Feljelentések és panaszok híján nyugdíjazásakor konfliktuskerülő, utasbarát közlekedésért tüntették ki.

### **Szabó Benedek: A professzor szerencséje**

A professzor urat nemrég nagy szerencse érte. Amikor kedvenc presszójának a teraszán ebédjét fogyasztotta, egy fényes tollú fekete-rígó lepiszkította. A langyos, fehér ürülék a professzor zakóját találta el, és tekintélyes foltot hagyott rajta. Meg kell hagyni, igen elegáns foltról volt szó, úgy csücsült a zakó hajszálcsíkjai közt, mint egy lovagkereszt. Formája, bár elsőre szabálytalan volt, de ahogy csúszott lefelé, egyre tetszetősebb alakot öltött. Ha a professzor kicsit kihúzza magát, és mellét kidüleszti, büszkén viselhette volna a csinos foltot, de – és ez érthetetlen – csak szalvétáért kiabált, és a szegény kis rigót ócsárolta. A professzor egészen olyan ember benyomását keltette, mint aki nem is örül a hirtelen jött szerencsének.



Kukovecz Ákos

■ SZTE TTIK Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék | kakos@chem.u-szeged.hu

# Kémiai Nobel-díj, 2023: kvantumpöttyek, a nanovilág színes magjai

**A** 2023-as kémiai Nobel-díjat Mounji Bawendi, Louis Brus és Alekszej Jekimov (Alexey Ekimov) kapta a kvantumpöttyek (quantum dot, QD) terén végzett egymástól független, de összekapcsolódó munkásságáért.

A kvantumpöttyek a nanoanyagok új osztályába tartoznak: nem szigorúan molekulárisak vagy tömbfázisúak, hanem jellemzően 1–10 nm közötti átmérőjű anyagok. Viselkedésüket a klasszikus fizika helyett kvantumhatások irányítják: tulajdonságaik a részecskeméret változtatásával modulálhatók, ahogy ezt Heiner Linke összefoglalójából is megtudhatjuk a Nobel-díj honlapján [1]. A QD-k elméleti alapjait a kvantummechanika „részecske a dobozban” problémájával magyarázhatjuk. Eszerint egy kvantummechanikai részecske hullámfüggvényének megengedett energiaállapotait döntően befolyásolja a „doboz” mérete. A hagyományos, nagyméretű, tömbfázisú félvezető részecskék valódi R sugara nagyobb, mint az adott rendszerben a Bohr-sugár ( $a_B^c$ , az exciton – kötött elektron-lyuk pár – elektron-lyuk távolsá-



Mounji Bawendi

Louis Brus

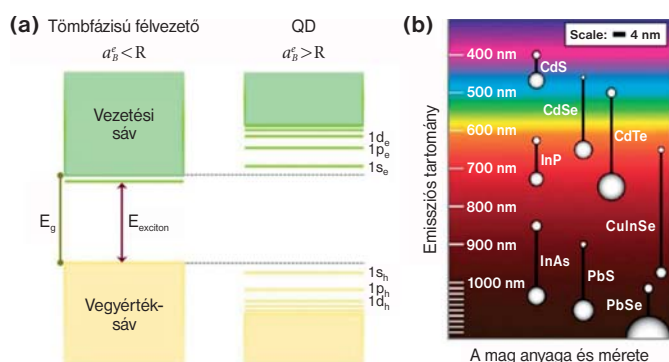
Alexey Ekimov

ga), míg kvantumpöttyekben ez épp fordítva van (**1a ábra**). Az R részecskeméretétől függenek a megengedett energiaszintek, ezektől pedig a részecskék fényelnyelő és fényemittáló tulajdonságai is. Az **1b ábra** ezt a jelenséget illusztrálja néhány közismert QD-re. Érdeemes megfi-

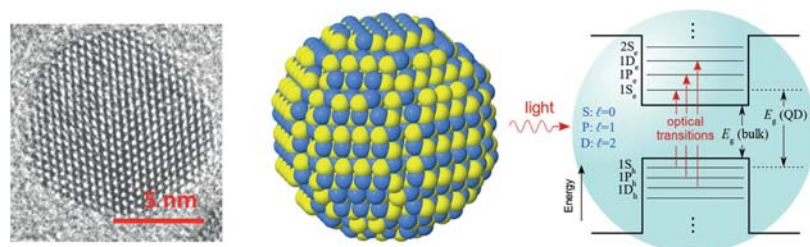
gyelni, hogy például a CdSe kvantumpöttyek optikai abszorpciója és emissziója szinte a teljes látható optikai spektrumtartományt lefedheti.

A **2. ábra** részletesebb betekintést enged egy egyszerű CdSe kvantumpötty szerkezetébe, valamint megmutatja azt is, ho-

**1. ábra. a)** Tömbfázisú félvezető-részecske és kvantumpötty energiaszintjei diszkrétizációjának illusztrálása. **b)** Különböző anyagú félvezető kvantumpöttyek lumineszcens eltolódásai [2]



**2. ábra. Milyenek a kvantumpöttyek? Egy CdSe QD atomi felbontású transzmissziós elektronmikroszkópos képe (bal), modellje (közép), valamint egy bonyolultabb mag-héj kvantumpötty elektronállapotainak illusztrációja (jobb) (engedéllyel reprodukálva: A. L. Efros és L. E. Brus, ACS Nano 15 (2021) 6192; [3])**





gyan alakulnak a megengedett elektronálapotok egy mag-héj QD-ben.

Az emberiség már régóta kihasználja a nanorészecskék egyedi tulajdonságait. A Lükurgosz-kupa a legkorábbi olyan ember alkotta tárgy, amelyhez bizonyítottan szándékosan nanorészecskéket adtak hozzá azért, hogy jellegzetes optikai tulajdonságokat kölcsönöznek neki. Ez az i. sz. 4. századi Rómából származó kehely apró arany- és ezüstrészecskéket tartalmaz, amelyek a fényvel kölcsönhatásba lépve áteső és ráeső fényben más-más színűre változtatják



**A Lükurgosz-kupa visszavert és áteső fényben**

az üveg megjelenését. A tudományos igényű nanotechnológiai vizsgálatok kiindulópontjának Michael Faraday 1856-ban készített aranyszoljait tekinthetjük. Ezekben Faraday megfigyelhette a méretfüggő színt és fényzórás, felfedezve a Faraday–Tyndall-jelenséget. A Faraday által készített eredeti szolok a mai napig stabilak és megtekinthetők a brit Faraday Múzeumban. A nanorészecskék és az emberiség közös történelme iránt mélyebben érdeklődőknek ajánlható Montanarella és Kovalenko nyílt hozzáféréstű áttekintő dolgozata [4].

A nanotechnológia történetéhez több Nobel-díj is kapcsolódik. Az egyik korai kulcsfontosságú felfedezés a magyar Zsigmondy Richárdtól ered, aki 1902-ben kifejlesztette az ultramikroszkópot, amellyel láthatóvá válhattak a kolloid részecskék. Ezért és más alapvető kolloidkémiai felismeréséért 1925-ben Zsigmondy Nobel-díjat kapott. Ekkoriban tevékenykedett Paul Sabatier is, aki 1912-es Nobel-díját az ultrafinom nikkelrészecskék katalitikus hidrogénezésbeli felhasználhatóságának felfedezéséért kapta. A modern nanotechnológia kezdetének a Nobel-díjas Richard Feynman 1959-es előadását szokás tekinteni, amelyet a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech) tartott. Feynman az atomok és molekulák manipulálásának lehetőségét tárgyalta új anyagok és technológiák létrehozása érdekében.

A „nanotechnológia” szót Norio Taniguchi vezette be a tudományos köztudat-

ba 1974-ben. Ezt követte a pásztázó alagútmikroszkóp feltalálása 1981-ben (Nobel-díj: 1986), ami végre lehetővé tette a tudósok számára az atomok és molekulák egyedi megfigyelését és manipulálását, majd a fullerének felfedezése 1985-ben (Nobel-díj: 1996). A fullerének különleges tulajdonságokkal és szerkezettel rendelkező üreges szénmolekulák. A következő mérföldkő 1991-ben jött el, amikor Sumio Iijima felfedezte a szén-nanocsöveket (Kavli-díj: 2008). Ezek a szénatomokból álló hengeres szerkezetek figyelemre méltó mechanikai szilárdságot és egyedülálló elektromos tulajdonságokat mutattak, ami alkalmazások széles körének ígéretes jelöltjévé tette őket. Konkrét gyakorlati jelentőségüknél is nagyobb hasznuk az volt, hogy vonzó perspektívát adtak a nanotechnológiai kutatásoknak. Emiatt sok kutató fordult akkoriban a terület felé és sok erőforrás áramolhatott ide, ami döntő fontosságú lett a nanostruktúrák további fejlesztése szempontjából. Ez a stimuláló kutatási környezet 2010-re újabb Nobel-díjat termelt, amit a grafén – egy hatszögletű rácsba rendezett szénatomokból álló réteg – 2004-es izolálásáért kapott Konsztantyin Novoszjov (Novoselov) és Andre Geim. A grafén kivételes vezetőképességével és szilárdságával a lehetőségek új világát nyitotta meg a nanotechnológia területén. Kevesebb mint 20 évvel a grafén felfedezése után ma már több száz kétdimenziós nanostruktúrát ismernek és kutatnak intenzíven.

Kvantumpöttyeket már szinte biztosan állított elő a kedves olvasó is, például amikor a réz-szulfát kristályosítását mutatta be egy órai kísérletben, vagy hagyta szárazra párolódni a cukrozott tea maradékát az irodai csészében. Bármelyik homogén göcképződésű spontán kristályosodási folyamatban van olyan szakasz, amikor az anyagi halmaz átmérője a valódi oldattól a látható kristályok felé haladva éppen a QD-mérettartományba esik. A mostani Nobel-díjasok ehhez azt tették hozzá, hogy felismerték: a kvantumpöttyek egyedi tulajdonságai kifejezetten a méretükből fakadnak, valamint módszereket adtak a kvantumpöttyek stabilizálásához és reprodukálható, irányítható, méretnövelhető előállításához.

Az 1970-es évek végén Jekimov elkezdett adalékolt üvegekkel dolgozni. Olyan komponenseket tanulmányozott, mint az arany, ezüst, kadmium, kén és szelén, amelyeket az üveg optikai tulajdonságainak megváltoztatására használt. Akkoriban közismert volt, hogy a tulajdonságok az üvegbe való „kolloid részecskék” beépítésével füg-

genek össze, de a mechanizmusokat nem vizsgálták mélyrehatóan. Jekimov munkája ezekre a mechanizmusokra összpontosított. Csapatával rézzel és klórral adalékolt szilikátüvegek optikai abszorpciós spektrumát vizsgálva olyan excitonvonalakat figyelt meg, amelyek a hőkezelés függvényében változtak, ami a nanorészecskék kristályos fázisainak kialakulására utalt az üvegmátrixon belül. Ez a felfedezés jelentette a nanorészecskék kvantumméret-hatásának első felismerését, és új lehetőségeket nyitott meg egyedi tulajdonságaik feltárására.

Brus munkája az 1980-as évek elején a kolloidális kadmium-szulfidra összpontosított. Csapata megfigyelte, hogy amikor a kolloid formában lévő CdS-kristályokat szintetizálták, majd hagyták, hogy feloldjanak és átkristályosodjanak, nagyobb részecskéket képezve, észrevehető különbségek mutatkoztak az újonnan képződött nagyobb részecskék és a kezdeti kisebb részecskék között. A nagyobb, öregedett részecskék olyan gerjesztési spektrumot mutattak, amilyen a tömbfázisú CdS esetében várható. A friss, kisebb részecskék azonban kékeltoledást és az excitonvonal kiszélesedését mutatták. Brus és csapata ezt a különbséget kvantumméret-hatásnak tulajdonította, amelyet az elektron és a lyuk közötti elektrosztatikus kölcsönhatás mérsékel. Brus csapata ezután kidolgozott egy modellt, amely leírja a részecskeméret hatását az elektron és lyuk redoxpotenciálokra a felületi kémiai reakciók esetében. Ez a modell segített megjósolni a kvantumméret hatását a fotokémiai redoxpotenciálokra és a legalacsonyabb excitonenergiára a körülbelül 5 nanométernél kisebb félvezető kristályok esetében is.

1993-ban Bawendi és csapata innovatív módszert fejlesztett ki a kvantumpöttyek szintézisére, amely a „forró befecskendezésű szintézis” nevet kapta. Az eljárás során a fémorganikus reagenseket forró koordinál oldószerbe fecskendezik és azonnal hőbomlásra készítetik. Ez a reagenskoncentráció gyors növekedéséhez vezet, ami hirtelen szupertelítettséget és magképződést okoz. A kívánt növekedési hőmérsékletre történő újramelegítés után lassú növekedési és lágýtási folyamat következik, amely segít stabilizálni a kolloid diszperziót. A részecskék méretfüggő kicsapódásra épülő tisztítási eljárással szelektálhatók. A módszer eredményeképpen makroszkopikus mennyiségű, konzisztens alakú, szabályos magszerkezetű, konzisztens felületi származtatású, elektronikusan passzívált félvezető felületű, a növekedési fázis során



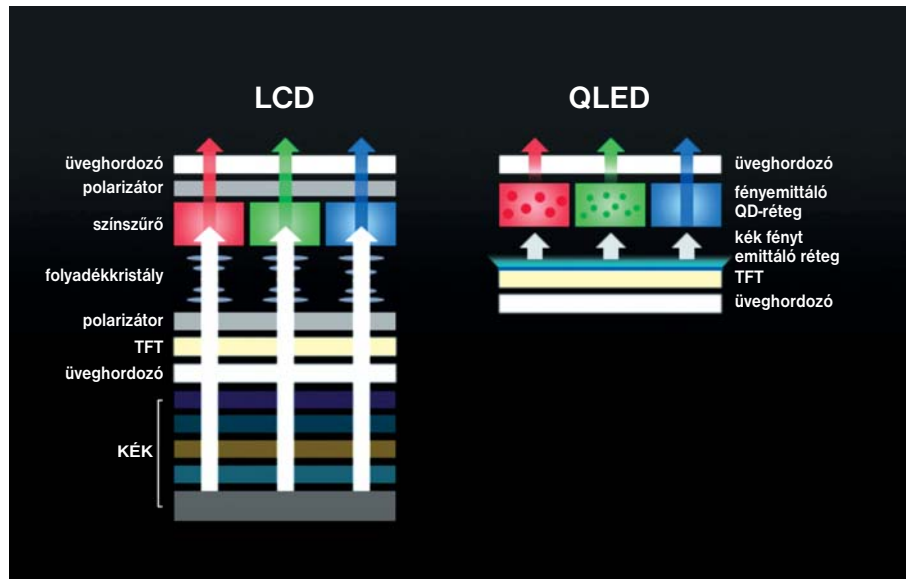


dinamikus hőmérséklet-szabályozással meghatározott méretű nanorészecskék jöttek létre. Ezek kitűnő optikai tulajdonságokkal rendelkező, monodiszperz nanorészecskék voltak, akár 10%-os lumineszcencia-quantumhozammal. Bawendi szintézismódszere forradalmasította a kvantumpöttyek tanulmányozását, mivel reprodukálható és adaptálható technikát biztosított ezen nanorészecskék előállításához az anyagi rendszerek széles skáláján. Ez megnyitotta az utat a kvantumpöttyek mérnökölt ipari léptékű alkalmazásai előtt.

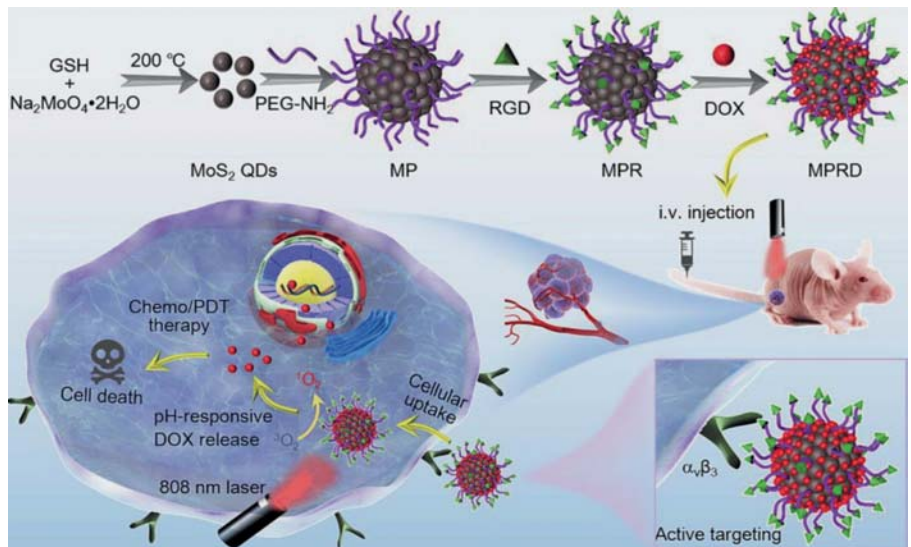
Nem gyakori, hogy egy Nobel-díjjal jutalmazott felfedezésre olyan gazdag kutatási ökoszisztéma épüljön ki, mint az ideire. A felfedezők eredeti kétatomos, sószerű QD-ire hasonlító struktúrák mellett ma már önálló irányként számolhatunk a többatomos sószerű QD-ekkel, a mag-héj típusú összetett QD-ekkel, az egy- vagy többfémű ötvet kvantumpöttyekkel és a fémetek egyáltalán nem tartalmazó szén kvantumpöttyekkel is. A fém QD-k a modern heterogén katalízis, a lokális termikus terápia és a szenzorika, a szén pedig a biológiai kutatások és nanoelektronikai eszközök új generációinak alapeszközei, de a kvantumpöttyektől várjuk a napelemek hatékonyságának növelését is. Emellett látványos gyakorlati alkalmazásokkal is találkozhatunk: ahogy a régi rómaiak a Lükurgosz-kupa fényjátékát csodálták, éppen úgy élvezzük ma a QLED-televíziók kvantumpöttyeknek köszönhető élénk színeit. Ezek a színek nagyrészt annak tulajdoníthatók, hogy míg a hagyományos folyadékkristályos (LCD) képernyők a színeket egy fényforrás képpontonként szabályozott részleges elnyelésével állítják elő, addig a QLED-televízióban a színszabályzó kvantumpötty-réteg maga is önálló fényforrás (3. ábra).

A kvantumpöttyek – elektronikai és katalitikus felhasználásaik mellett – jelentős szerepet kapnak az orvosi képképzésben és a rákterápiában is (4. ábra).

A magyar kolloidkémia Buzágh Aladár és Szántó Ferenc nevével fémjelzett korai eredményessége döntően hozzájárult azoknak a hazai anyagtudományi műhelyeknek a létrejöttéhez, amik ma aktívak a nanotechnológia és a kvantumpöttyek kutatási területén például a Szegedi Tudományegyetemen, a Wigner Fizikai Kutatóközpontban vagy a Budapesti Műszaki Egyetemen. A Scopus szakirodalmi adatbázis szerint 1994 óta 266 db kifejezetten „quantum dot” témájú tudományos közlemény jelent meg úgy, hogy van magyarországi társszerzője is, és rájuk több mint 10 000 hivatkozás érkezett már [7]. A kere-



3. ábra. Hagományos LCD-televízió (balra) és modern, kvantumpötty-fényforrásokkal működő QLED-televízió (jobbra) képképző rétegrendje (TFT: vékonyréteg-tranzisztor) [5]



4. ábra. Rákellenes MoS<sub>2</sub> kvantumpöttyek előállítása és lehetséges felhasználási módjai tumorsejtek fluoreszcens leképezésére, felismerésére és kemoterápiás/fotodinamikus terápia elpusztítására. PEG: polietilén-glikol, RGD: arginin-glicin-aszpartámsav sejtjelismerő csoport, DOX: doxorubicin kemoterápiás hatóanyag, PDT: fotodinamikus terápia, MP: módosított QD-részecske, MPR: sejtjelismerő funkcióval ellátott MP, MPRD: aktív kemoterápiás hatóanyagot hordozó MPR [6]

sést kiterjesztve a teljes nanotechnológiára pedig több mint 8860 db hazai társszerzős közleményt találunk közel 200 000 hivatkozással.

A kvantumpöttyek évezredek óta színesítik napjainkat, mi, emberek pedig változatlan lelkesedéssel csodáljuk őket – vagy talán egyre jobban, ahogy mind többet és többet tárnak fel érdekes fizikájukból és kémiájukból.

#### IRODALOM

[1] H. Linke: Quantum dots – seeds of nanoscience (2023). <https://www.nobelprize.org/uploads/2023/10/advanced-chemistryprize2023.pdf>

- [2] L. D. Far, M. D. Dramicanin: Luminescence thermometry with nanoparticles, a review. *MDPI Nanomaterials* (2023) 13, 2904. DOI 10.3390/nano13212904
- [3] A. L. Efros, L. E. Brus: Nanocrystal Quantum Dots: From Discovery to Modern Development. *ACS Nano* (2021) 15, 6192. DOI 10.1021/acsnano.1c01399
- [4] F. Montanarella, M. V. Kovalenko: Three millennia of nanocrystals. *ACS Nano* (2022) 16, 5085–5102. DOI 10.1021/acsnano.1c11159
- [5] [www.sammobile.com/news/what-is-qled-tv/](http://www.sammobile.com/news/what-is-qled-tv/) (2023. november 30.)
- [6] A. Hamidu, W. G. Pitt, G. A. Hussein: Recent Breakthroughs in Using Quantum Dots for Cancer Imaging and Drug Delivery Purposes. *MDPI Nanomaterials* (2023), 13, 2566. DOI 10.3390/nano13182566
- [7] [www.scopus.com](http://www.scopus.com)



Pálfalvi László

■ PTE Fizikai Intézet, Kísérleti Fizika Tanszék

# Hé, elektron, most röpköd a kismadár!

## A 2023-as fizikai Nobel-díj kapcsán

A 2023-as fizikai Nobel-díjat megosztva ítelték oda Krausz Ferencnek, Pierre Agostininek és Anne L’Huillier-nek „kísérleti módszereikért, melyek az anyagban jelen levő elektronok dinamikájának vizsgálatában alkalmazható attosekundumos fényimpulzusokat generálnak”.

**A** három tudós azokért a kísérleteiért nyerte el az elismerést, amelyek új eszközöket adtak az emberiség kezébe az atomokat és a molekulákat felépítő elektronok vizsgálatára. Kimutatták, hogy létre lehet hozni olyan extrém rövid ideig tartó fényimpulzusokat, amelyek segítségével vizsgálhatóvá válnak az elektronok mozgását és energiaváltozásait meghatározó gyors folyamatok [1].

### A femto-éra

Amikor mozgó objektumokat fotózunk, ügyelnünk kell az expozíciós idő helyes megválasztására, különben a kép elmosódottá válik. A hétköznapi fotózás során a mikroszekundumos ( $1 \text{ ms} = 10^{-6} \text{ s}$ ) nagyságrendű expozíciós idő még a nagy sebességű tárgyak esetén is elegendően rövid ahhoz, hogy a képminőség megfelelő legyen.

A tudományos célú „fotózkodás” fókuszában nem makroszkopikus tárgyak megörökítése, hanem az (élő vagy élettelen) anyagban a mikroszekundumnál jóval rövidebb időskálán lejátszó folyamatok megismerése áll, ami mikroszkopikus részek mozgásának monitorozásával lehetséges. Erre a feladatra a legalkalmasabb eszközök az impulzuszérzerek, vagyis azok a berendezések, melyek az elektromágneses energiát nem folytonos üzemmódban, hanem jól behatárolható adagokban, hullámcsomag formájában szolgáltatják. A folyamatosan bővülő alkalmazási lehetőségek az impulzuszérzerekre épülő mérési technikák folyamatos tökéletesítését, az impulzusjellemzők testre szabását, optimalizálását követelték meg. Az egyik ilyen kulcsparaméter az impulzushossz, vagyis az az időtartam, ami alatt az impulzus áthalad egy a terjedésére merőlegesen elhelyezett valódi



Pierre Agostini



Anne L’Huillier



Krausz Ferenc

Pierre Agostini francia kísérleti fizikus. Tunéziában született, 1968-ban szerzett PhD-fokozatot Franciaországban, az Ohioi Állami Egyetem (Columbus, Egyesült Államok) professzora. Anne L’Huillier francia–svéd fizikus. 1986-ban doktorált Párizsban, a Lundi Egyetem (Svédország) atomfizika-professzora. Krausz Ferenc a BME Villamosmérnöki Karán és az ELTE fizikus szakán szerzett diplomát. A Bécsei Műszaki Egyetemen doktorált 1991-ben. 2003-tól a garchingi Max Planck Kvantumoptikai Intézet igazgatója, 2004 óta a müncheni Lajos–Miksa Egyetem Kísérleti Fizika Tanszékét is vezeti. Az MTA külső tagja, 2019 óta a budapesti Molekuláris Ujjlenyomat Kutatóközpont ügyvezetője [2].

vagy elképzelt felületen. A korpuszkuláris anyag minél alacsonyabb szerveződési szintű egységét kívánjuk mozgás közben nyomon követni, annál rövidebb impulzushosszú forrásra van szükségünk.

A rövid impulzusok előállítására a standardizált, ún. módus-szinkronizációs technika [3] a 80-as évekre elérhetővé tette a 100 femtoszekundum ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ) nagyságrendű impulzushosszú, kellően nagy impulzusenergiájú lézerforrásokat. Ezek kitűnően vizsgálták az ezen és a valamivel hosszabb időskálán lejátszódó biológiai és kémiai folyamatok tanulmányozása során.

A lézerimpulzus nem más, mint egy térben és időben lokalizált hullámcsomag, amit sok folytonos, monokromatikus (egyszínű) hullám szuperpozíciójával (összegzésével) kapunk. Az impulzus időbeli alakját és hosszát az határozza meg, hogy milyen monokromatikus összetevőkből áll (spektrális összetétel), és azok egymáshoz képest milyen fázisban vannak. Módus-szinkronizációkor az összegzés az egyes spektrális összetevők közti fázisok legkedvezőbb összehangolásával, szinkronizálásával valósul meg, ezáltal az elvileg legrövidebb impulzushosszt eredményezve. Az elérhető minimális impulzushosszt a spekt-

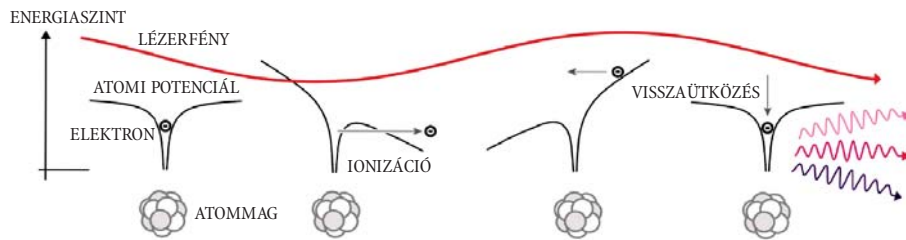


rális sáv szélessége – azaz a legnagyobb és legkisebb frekvenciájú komponensek közötti frekvenciakülönbség – határozza meg, azzal fordítottan arányos. Az impulzushossz 100 femtoszekundumos nagyságrend alá való csökkentésének fő korlátja a lézerezonátor elemeiben fellépő anyagi diszperzió elkerülhetetlen jelenléte volt. Ez annyit jelent, hogy a különböző spektrális komponensek anyagbeli terjedési sebessége különböző. Ez pedig az egyes összetevők közt fázistolást eredményez, ami óhatatlanul az impulzushossz jelentős időbeli kiszélesedéséhez vezet. A probléma orvoslására a 90-es évek elején magyar találmány formájában megszületett a megoldás. A dielektrikumrétegekből álló tükrök kompenzálják a diszperzió fázistoló hatását, mert a különböző frekvenciájú összetevők különböző mélységekből verődnek vissza. Az első fáziskompensáló (ún. csörpölt) tükröket Krausz Ferenc és Szipőcs Róbert feltalálók tervei alapján Ferenc Kárpát készítette az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetében [4]. Alkalmazásukkal a rövid impulzusok keltésére jól bevált ~750 nm-es központi hullámhosszú titán-zafír lézerezellel 4 femtoszekundumos impulzust sikerült kelteni. Ilyen fényimpulzusokkal lehetővé vált a leggyorsabb kémiai folyamatok nyomon követése. Az atomon belüli elektronmozgás nyomon követéséhez viszont már túl hosszú a femtoszekundumos időtartam. Gondoljunk csak arra, hogy a hidrogénatom alapállapotú Bohr-pályájához tartozó periódusidő 162 attoszekundum ( $1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$ ).

## Az attoszekundumos tartomány meghódítása

A kiforrott femtoszekundumos technikákkal elért 4 femtoszekundumos érték, ha belegondolunk, alig nagyobb a 750 nm-es központi hullámhossznak megfelelő 2,5 femtoszekundumos rezgési periódusnál. Ez világosan mutatja, hogy ha további nagyságrendbeli csökkenést kívánunk elérni az impulzushosszakban, akkor a látható fénynél kisebb hullámhosszú tartományban kell dolgoznunk. Az impulzuskeltés alapelveit tekintve pedig merőben más módszer szükséges, a femtoszekundumos technikák csődöt mondanak.

A nemesgázatomok nagy intenzitású femtoszekundumos lézerimpulzusokkal történő besugárzásakor a lézernyalábhoz hasonló tulajdonságú extrém ultraibolya (XUV) és (lágy) röntgensugár megjelenését észlelte Anne L’Huillier (1988) [5]. A sugárzás spekt-



1. ábra. A magas rendű felharmonikus keltésének folyamata femtoszekundumos impulzusok nemesgázatomokkal való kölcsönhatás során [2]

ruma diszkrét vonalakból, a lézerfrekvencia magas, páratlan rendű felharmonikusából állt, ezért magas rendű felharmonikus sugárzásnak nevezték el. A sugárzás eredetét Paul Corkum magyarázta meg [3,6].

Első lépésben a nagy intenzitású lézerimpulzusban az elektromos mező oszcillációs csúcserőke környékén elegendően erőse válik ahhoz, hogy az atom legkülső, leggyengébben kötött elektronja által érzett statikus Coulomb-teret rövid időre (a rezgési félperiódus töredékére) olyan mértékig deformálja, hogy az elektron jelentős valószínűséggel képes legyen alagúteffektus segítségével atomi kötött állapotából kiszabadulni (1. ábra). Az atom kötelékéből kiszabaduló elektron-hullámcsomag időtartama a lézerfény félperiódusának töredéke lehet, hiszen a lézertér csökkenésével a potenciálgát nagyon gyorsan áthatolhatatlanná válik. Ez 1 femtoszekundum körüli félperiódus esetén néhány száz attoszekundum időtartamot jelent.

A kiszabadított elektron-hullámcsomagot a nagy térerősségű lézertér először eltávolítja az atomtörzstől. A lineárisan polarizált lézerimpulzus fél rezgési periódussal később az elektron mozgásirányát megfordítja, majd a teljes rezgési periódus befejezése előtt visszatéríti az atomtörzshöz (1. ábra). A visszatérő elektron a lézertérben történő rezgés során szerzett többletenergiát egy foton kibocsátásával leadja. A gerjesztő impulzus tipikus paraméterei ( $10^{15} \text{ W/cm}^2$ -es csúcshintenzitás, 750 nm-es központi hullámhossz) esetén ez 10 nm-nél rövidebb hullámhosszú lágy röntgensugár emisszióját jelenti, a fotonemisszió időtartama a maximális fotonenergia közelében 100 attoszekundum nagyságrendű időtartamú.

Ez a folyamat a beeső lézerfény egyetlen rezgési periódusa alatt játszódik le. A folyamat minden rezgési félperiódusban újraindul mindaddig, amíg az oszcilláló elektromos mező kellő térerősséggel bír. Ha a keltő lézerimpulzus sok rezgési ciklusból áll, akkor a fenti mikroszkopikus

folyamat periodikus ismétlődésének közvetlen következménye, hogy a kibocsátott sugárzás emissziós spektruma diszkrét, a megjelenő vonalak a beeső lézerfény magas felharmonikusainak felelnek meg. Ez pedig 100 attoszekundum nagyságrendű hosszúságú impulzusok vonulatát eredményezi, ahogy azt Farkas Győző és Tóth Csaba, az MTA KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetének munkatársai nem sokkal L’Huillier-ék kísérletei után megjavították. Az, hogy az emisszió nem egyetlen impulzusból, hanem gyors egymásutánban (körülbelül 1 femtoszekundumonként) egymást követő, 100 attoszekundum nagyságrendű hosszúságú impulzusok vonulatából áll, jelentős problémát jelent az alkalmazások (pl. spektroszkópia) szempontjából. Ezért kihívássá vált az attoszekundumos impulzusok spektrális szűréssel történő izolálása.

Krausz Ferencnek és Pierre Agostininek, egymástól függetlenül, különböző módszerrel sikerült bebizonyítani, hogy a felharmonikusok keltés (a megfelelő spektrális szűrés után) attoszekundumos impulzusokat eredményez (2001). Az XUV tartománybeli attoszekundumos impulzusvonalat (250 as) létét Pierre Agostiniek igazolták egy spektrális tartományban alkalmazott interferometriai módszerrel. Izolált attoszekundumos impulzusokat (650 as) pedig Krausz Ferencéknek sikerült karakterizálniuk a Bécsi Műszaki Egyetemen. Sokáig a szintén Krausz Ferenc által a garchingi Max Planck Kvantumoptikai Intézetben előállított 80 attoszekundumos impulzusokat tartották számon világrekordként, melyek a Guinness Rekordok Könyvébe is bevésték a világ leggyorsabb „fényképezőgépe” néven.

## Lássuk, mindez mi mindenre használható!

Az attoszekundumos impulzusok ablakot nyitottak az elektronok világára. Segítségükkel választ kaphatunk számos, eddig megválaszolatlan kérdésre, például az ato-



mon, molekulán belüli elektronmozgás tanulmányozására. Megtudhatjuk például, hogy milyen gyorsan mozognak az elektronok a molekulákban vagy a legkisebb mikroelektronikai szerkezetekben, vagy hogy mennyi idő alatt váltanak pályát atomon belül. A fotoeffektus időbeli lefutásáról is lehet információt szerezni, amire eddig semmiféle mód nem volt. Krauszék kísérletileg megmutatták, hogy neonatomok attoszekundumos impulzusokkal történő ionizációja során a 2p elektron 21 attoszekundummal később hagyja el a neonatomot, mint a 2s elektron. Kísérletileg demonstrálták azt is, hogyan mozognak a hátramaradt elektronok (pontosabban a megüresedett hely), miután egy elektron kilődött egy kriptonatomból.

Az ultragyors elektrondinamika egyszerű rendszereken szerzett eredményes, konkluzív tapasztalatai kijelölték az utat a

komplexitás felé, karnyújtásnyira kerülve az elektronikai, gyógyszeripari fejlesztésekhez, biomedikális alkalmazásokhoz. Kiemelendő a Krausz Ferenc által 2019-ben Budapesten megalapított Molekuláris Ujlenyomat Kutatóközpont, melynek fő küldetése olyan, attoszekundumos mérés technikán alapuló újkeletű módszerek forradalmasítása, melyek emberi vérmintából alkalmasak bizonyos betegségek korai stádiumban való felismerésére. Különösen biztató eredmények mutatkoznak a rák, a szív-és érrendszeri megbetegedések, illetve az anyagcserezavarok terén.

A szegedi ELI-ALPS Kutatóintézet elnevezésében az ALPS rövidítés Attosecond Laser Pulse Source-t (attoszekundumos lézerpulzus-forrást) jelent, így nem kell hosszasan ecsetelni a Nobel-díj témájához és a Krausz Ferenchez való erős kötődést. A három alappillérből álló ELI infrastruk-

túra hazai, szegedi egysége hivatott az attoszekundumos fényimpulzusok előállításával és alkalmazásával kapcsolatos kutatásokat kiszolgálni nemzetközi szinten.

E cikk témájával kapcsolatban jóval több részletet megismerhetnek a *Fizikai Szemle* 2024. januári számából.

A 2023-as fizikai Nobel-díj birtokosainak ezúton szívből gratulálók! ●●●

IRODALOM

[1] [https://mta.hu/mta\\_hirei/krausz-ferenc-nobel-dijas-113184](https://mta.hu/mta_hirei/krausz-ferenc-nobel-dijas-113184)  
[2] Dombi P., Varjú K.: Krausz Ferenc, az attofizika úttörője. *Fizikai Szemle* (2023) 11, 390.  
[3] Krausz F.: Atomok és elektronok mozgásban. *Fizikai Szemle* (2002) 1, 12.  
[4] R. Szipőcs, K. Ferencz, CH. Spielmann, F Krausz: Chirped multilayer coatings for broadband dispersion control in femtosecond lasers. *Opt. Lett.* (1994) 19, 201.  
[5] L'Huillier, P. Balcou: High-order harmonic generation in rare gases with a 1-ps 1053-nm laser. *Phys. Rev. Lett.* (1993) 70, 774.  
[6] P. B. Corkum: Plasma perspective on strong field multiphoton ionization. *Phys. Rev. Lett.* (1993) 71, 1994.

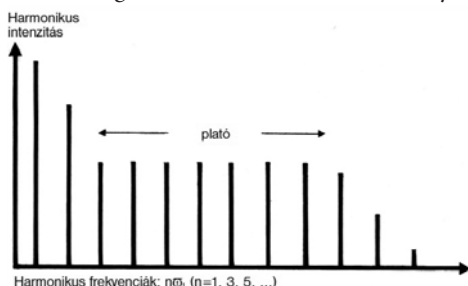
## Szubjektív pillanatképek a hőskorból

*Az előző írásban már szereplő Farkas Győző egy közel húszéves interjúban mesélt az attofizika születésének néhány epizódjáról*

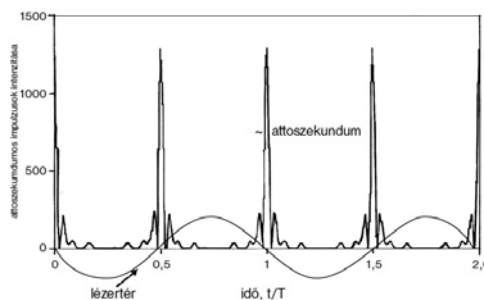
Az ELTE legendás fizikaprofesszora, Neugebauer Tibor még a lézerek kifejlesztése előtt kiszámolta, hogy ha rávilágítunk egy atomra, akkor nemcsak a megvilágító fényel azonos frekvenciájú fény szóródik vissza: ha például piros fényű lézert használunk, nagy fényintenzitás esetén a szórt fény már nemcsak piros, hanem kétszeres frekvenciájú gyenge zöld nyalábot is tartalmaz. A lézerek megjelenése után rögtön kísérleti bizonyítást nyert az effektus. A franciák később megmutatták, hogy atomok esetén páratlan rendű, tehát háromszoros, ötszörös, hétszörös stb. frekvenciájú harmonikusok sora lép fel. Úgy kell elképzelnünk a jelenséget, mint a hangszereknél a felharmonikus hangok megjelenését. Ha a hegedűművész szépen húzza a hegedűjét, akkor a húr „monokromatikus” hangot ad, de ha rángatjuk a húrt, sokféle hang keletkezik. A laikus kezében a fúvós hangszerből rikácsolásszerű hang jön ki, de a hangok nem véletlenszerűek: az alaphang első, második, sokadik felharmonikusai. Ugyanez játszódik le, ha atomokat világítunk meg: a szórt fény a megvilágító fényel azonos és többszörös frekvenciájú fényhullámokból áll. Kis fényintenzitás esetén csak néhány gyenge felharmonikus jelenik meg. Nagy lézerintenzitásnál viszont már sok felharmonikus keletkezik. [...]

Ezek a harmonikus csúcsok az infravöröstől a röntgen-hullámhosszakig terjednek. A lézer alapfrekvenciájának hangolásával ez a fésűszerű spektrum finoman hangolható: a teljes spektrum felhasználható spektroszkópiai alkalmazásokra. Elkezdtém azon gondolkodni, hogy mivel a természetben nem találunk ilyen széles spektrumot, a spektroszkópián kívül mire lehetne felhasználni. A klasszikus hullámtan „Heisenberg-relációjából” az következik, hogy a frekvencia sáv szélességének növekedtével fordított arányban csökken az impul-

zus időtartama. A magas harmonikusokat tartalmazó, szokatlanul széles spektrumú nyalábnak tehát szokatlanul rövid időtartamú fényintenzitás-csúcsoknak kell lenniük. A gimnáziumban azt tanítják, ha megütünk egy hangvillát, szép monokromatikus hangot ad. Ha megszűnik még egy hangvillát, amit elhangolunk (ráteszünk egy kis tömeget), és a kettőt egyszerre ütjük meg, a két különböző hang összelebeg, „hullámzó” érzetet kelt. Ha sok ilyen, egymástól azonos rezgéskülönbséggel elhangolt hangvillát szólatatunk meg egyszerre, vakantásszerű hangokat hallunk. Ugyanez igaz a fényhullámokra is: az egymásra telepedő, különböző rezgésszámú fényhullámok amplitúdóját ábrázolva szintén fésűszerű képet kapunk, most azonban – Fourier-szintézis révén – az idő függvényében. A „fogak” időtartama fordítva arányos a sáv szélességgel, és akár attoszekundum rövid is lehet.



A szórt fény magas rendű harmonikusainak diszkrét szerkezetű spektruma



A magas rendű harmonikusok Fourier-szintézise révén keletkező attoszekundumos fényimpulzusok sorozata (T a lézerrezgés periódusideje)

1992-ben a Côte d'Azurön, egy nagyon elegáns konferencián említettem ezeket az eredményeimet, de a téma legjobb elméleti fizikus szakértője kikelt ellenük. Eltelt két év, és ugyanő, alapos tanulmányok után, munkatársaival igen lelkes cikkek sorozatában mutatta meg az attoszekundumos impulzusok megvalósíthatóságát és ígéretes voltát. Jó tíz év alatt, rengeteg elméleti munka után, kísérletileg is kimutatták az impulzusokat. Az attofizika nagy tudományterületté nőtte ki magát, a világ minden táján működnek már attofizikai intézetek. Feltétlenül meg kell említenem Krausz Ferenc élenjáró attofizikai tevékenységét, aki nemcsak kimutatta és megmérte, hanem fizikai mérésekben is elsőként alkalmazta az impulzusokat.

(*Természet Világa*, 2007. 3).



Hargittai István

■ BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

# A megfigyelés sebessége

*Elismeréssel Krausz Ferencnek*

A 20. század második felében több kémiai Nobel-díjat is odaítéltek időskálával kapcsolatos kutatásokért. Kétféle időskáláról beszélünk. Az egyik a vizsgált szerkezet élettartama, a másik a kísérlet kölcsönhatásának időtartama, vagyis a megfigyelési idő. A 2023-as fizikai Nobel-díjat az attomásodperces ( $10^{-18}$  s) vizsgálati módszer megvalósításáért ítélték oda. Ez a díj ráirányította a figyelmet az időskálákra.

Oláh György (1927–2017) Nobel-díját 1994-ben a karbokation-kémiában folytatott kutatásaiért és felfedezéseiért kapta. Szupersavak segítségével az alig reakcióképes C–C és C–H kötések is reakcióképesé tette, és ezzel új irányt teremtett a kémiában. Legjelentősebb eredményének annak megmutatását tartotta, hogy a szén nemcsak négyes koordinációjú lehet, hanem ötös és hatos, sőt esetenként akár hetes és nyolcas koordinációjú is [1, 2]. Mire Oláh új kémiai Nobel-díjat kapott, már híres volt, amit egy lényegében kis jelentőségű, de két tekintélyes kémikus között évek óta tartó vita eldöntése alapozott meg. A későbbi (1979) Nobel-díjas Herbert C. Brown (1912–2004) és a nem kevésbé rangos Saul Winstein (1912–1969) arról vitáztak, hogy a 2-norbornil-észterek hidrolízise során köztes terméként keletkező 2-norbornilion szerkezete „nemklasszikus” vagy „klasszikus”. Oláh már az 1960-as években, néhány évvel Észak-Amerikába érkezése után, tehát még szinte ismeretlen bevándorlóként arról számolt be, hogy új módszert alkalmazott az egyébként rövid élettartamú karbokationok előállítására. Módszerével a magmáneses rezonancia (NMR) spektrumban észlelhetővé tette a 2-norbornilion szerkezetét és sikerült eldöntenie a vitát. A 2-norbornilion élettartama és az NMR-spektroszkópia kölcsönhatási ideje között eredetileg túl nagy volt az eltérés ahhoz, hogy a köztitermék szerkezetét meg tudják állapítani. Oláh szupersavak segítségével meghosszabbította a köztitermék élettartamát, és ezzel detektálhatóvá tette. Nobel-díját nem ezért kap-

ta, de a híres vita eldöntése segített abban, hogy felfigyeljenek munkásságára. Oláhnak ez a teljesítménye annyiban rendhagyó volt, hogy a vizsgálandó szerkezet élettartamát hosszabbította meg. A kutatások fő vonala az egyre rövidebb kölcsönhatási idők létrehozása azzal a céllal, hogy egyre rövidebb élettartamú szerkezeteket is sikerüljön felderíteni.



**Earl Muetterties** (Earl Leonard Muetterties, College of Chemistry; berkeley.edu); köszönet Kenneth Raymondnak [3]

Nagyjából akkor, amikor Oláh bejelentette, hogy eldönti a 2-norbornilion szerkezetére vonatkozó vitát, 1965-ben jelent meg egy látszólag más témájú, de nagyon is releváns közlemény. Ebben Earl L. Muetterties (1927–1984) példákat sorolt fel sztereokémiaiál változékony szerkezetű molekulák élettartamára és a meghatározásukra alkalmazott kísérletek kölcsönhatási idejére [4]. Ennek a dolgozatnak a megjelenése egybeesett kutatói pályám elindulásával, és máig tartó hatással volt kutatói érdeklődésemre. Kezdetől fogva lenyűgözött egy szerkezet vagy jelenség élettartama és a jellemzésére használt megfigyelési idő közötti kapcsolat fontossága. Muetterties példái között olyan molekulák szerepeltek, mint a metán,  $\text{CH}_4$ , szabályos tetraédres szerkezete, amelynek élettartama  $10^{15}$  másodperc és a sztereokémiaiál vál-

tozékony jód-heptafluorid,  $\text{IF}_7$ , amelynek lehetséges szerkezetei  $10^{-3}$  és  $10^{-12}$  másodperc közötti élettartamúak.

Az általunk használt gázfázisú elektrodiffrakció [5], amely 50–100 kV tartományú feszültséggel gyorsított elektronokat alkalmaz,  $10^{-20}$  másodperces kölcsönhatási idejével a leggyorsabb volt a kísérleti módszerek között. Így például az elektrodiffrakció a sztereokémiaiál változékony, de nagyoobbreszt trigonális bipiramis szerkezetű foszfor-pentafluorid-származékokban egyértelműen különbséget tesz az axiális és az ekvatoriális kötések hossza között, míg a sok nagyságrenddel lassúbb NMR-spektroszkópia az összes kötést egyformának „látja” ezekben a molekulákban. Különböző fizikai módszerek alkalmazásával tehát ugyanaz a molekula jelentősen eltérő szerkezetűnek tűnhet. Ezért fontos az igényes szerkezetkutatásban az olyan közös nevezőre hozott molekulageometria meghatározása, amely azonosan veszi figyelembe a különböző mozgásokat, vagy éppen a mozgásmentes geometriáról (egyen súlyú szerkezet) ad felvilágosítást, amit egyébként a kvantumkémiai számítások eleve szolgáltatnak. A fiatalon elhunyt Muetterties nemzetközi elismertségét a főcsoport fluoridjai, a bór-hidrogének, a katalízis és más területeken elért eredményei jelentették, köztük az esztétikai élményt is jelentő poliédres boránok kutatása. Számomra az említett rövid közlemény már az indulásnál segített eligazodni fontos szerkezeti kémiai kérdésekben.

A kémiai reakciók sebességének vizsgálata kémiai Nobel-díj indoklásában először Wilhelm Oswald (1853–1932) 1909-es díja esetében szerepelt. Az évek során, valahányszor a kémiai reakciók mechanizmusa része volt a kutatásnak, az időtényező ebben szerepet játszott. Ezzel kapcsolatban Polányi Mihály (1891–1976) kutatásait és a körülötte kialakult egész iskola munkáját kell kiemelni, és alább megemlítem munkájának egyik jellegzetes vonatkozását.

Az 1967-es Nobel-díjat Manfred Eigen (1927–2019), R. G. W. Norrish (1897–1978) és George Porter (1920–2002) kapta „a rendkívül gyors kémiai reakciók tanulmányo-



Balra: Manfred Eigen, 1997, dolgozószobájában, University of Göttingen; jobbra George Porter, 1997, dolgozószobájában, Imperial College London (Hargittai István felvételei)

zásáért, amelyeket az egyensúlyi állapot nagyon rövid energiaimpulzusokkal történő megzavarásával idéznek elő”. Portert a szabad gyökök érdekelték, amelyek élettartamát ezredmásodpercre vagy annál rövidebbre becsülték. A második világháborúban a brit haditengerészetnél szolgált, és háborús tapasztalatait felhasználva ötvözte a radartechnikát és a fotokémiát [6]. Folyamatos fényforrás helyett nagy teljesítményű villanólámpákat alkalmazott. Először egy lámpával dolgozott, később kettővel: az egyik adta az impulzust, a másik volt a szonda. Az impulzus időtartama a

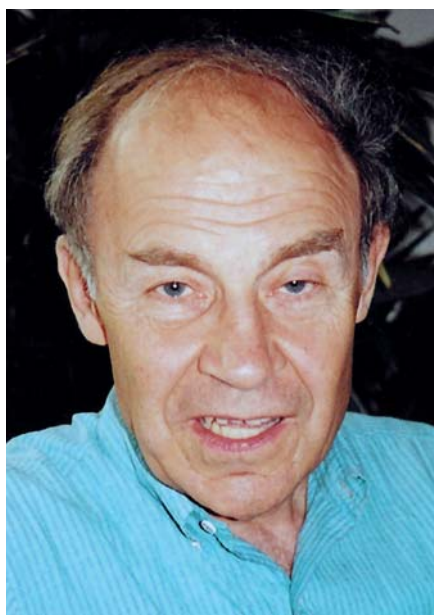
másodperc néhány milliomodrésze, azaz mikromásodperc volt. Generált egy impulzust, majd szondázta, és a fénysebesség ismeretében a megtett távolságból megkapta az eltelt időt.

Porter gondolatai már a mikromásodperces kísérletek során is előreszaladtak a nano- és pikomásodperces időskálák felé, és „több időt töltött azzal, hogy ezeken gondolkodjon, mint bármi más” ([6], 485. o.). A lézer megjelenéséig azonban nem volt olyan technológia, amivel megvalósíthatta volna elgondolásait. Porter úgy gondolta, hogy a molekuláris kémia és biol-

gia számára „nem lehet hasznosan követni semmilyen eseményt femtomásodpercnél rövidebb időskálán”, és hozzátette, hogy a magfizikában viszont a megfigyelési időt tovább lehet rövidíteni ([6], 485. o.). Ma már azonban látjuk, hogy a femtomásodperces skálánál rövidebb időskálájú kísérletek jelentősége nem korlátozódik a magfizikára. A 2023-as fizikai Nobel-díj kitüntetettjei és más kutatók felfedezéseinek következtében elérhető attomásodperces időtartamú megfigyelésekkel a kémia szempontjából is alapvető jelentőségű elektron-dinamikai események követhetők nyomon.

Manfred Eigen ismerte Porter és Norrish kutatásait; meglátogatta a két tudóst Cambridge-ben; és mindannyian részt vettek a Faraday Társaság híres ülésén 1954-ben az angliai Birminghamben. Eigen előadásának címe „A  $10^{-9}$  másodperces felezési idejű gyors reakciók tanulmányozása” volt [7]. Előadását megelőzően már született egy közlemény a másodpercek tartományában végzett mérésekről, és ezeket is gyors reakcióknak nevezték. A következő előadás az ezredmásodperces tartományról szólt, és az előadó a „nagyon gyors reakciók” kifejezést használta. Ezután Norrish a „rendkívül gyors reakciók” címmel mutatta be vizsgálatait. Ez arra készítette Eigent, hogy a sajátját angolosan „átkozottul gyors reakcióknak” nevezze, vagy hogy még angolosabbnak hangozzék, „valóban átkozottul gyors reakcióknak”. Amikor eljött a Nobel-díj, Eigen az előadásának a „Mérhetetlenül gyors reakciók” címet adta. Ezzel a kifejezéssel Arnold Eucken (1884–1950) emléke előtt tisztelgett, aki-

Balról jobbra: John C. Polanyi, 1995, dolgozószobájában, University of Toronto; Dudley R. Herschbach, 1995, a Logan Nemzetközi Repülőtéren, Boston; Yuan T. Lee, 2005, egy parkban, Lindau, Németország (Hargittai István felvételei)





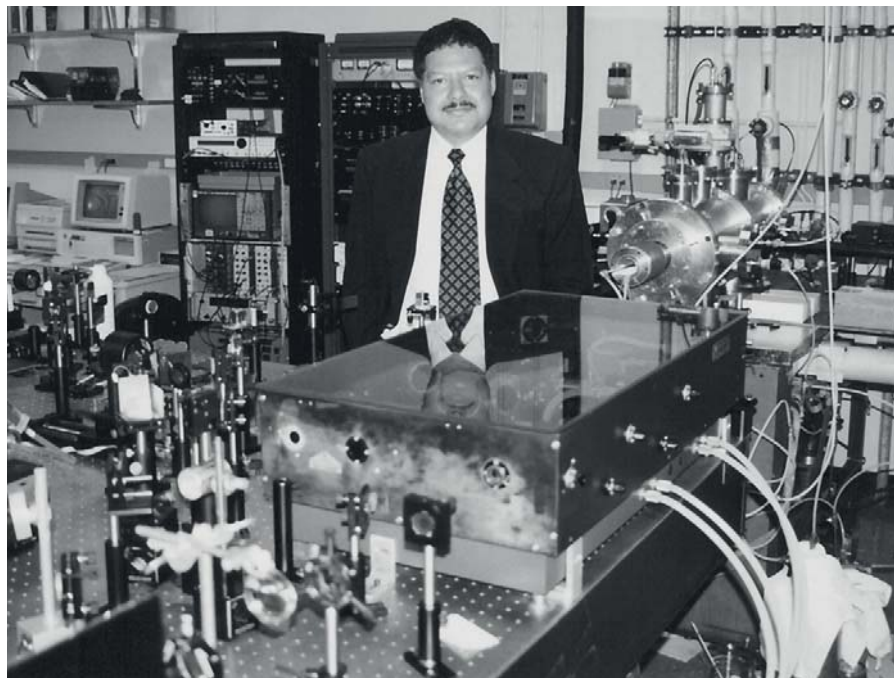
nek a monográfiájából eredetileg Eigen először tanult a gyors kémiai reakciókról. Könyvében Eucken „mérhetetlenül gyors reakciókat” (*unmessbarschnelle Reaktionen*) írt le ([7], 370. o.).

Az 1986-os Nobel-díjasok munkája szintén releváns az időskála szempontjából. John C. Polanyi (sz. 1929), Dudley R. Herschbach (sz. 1932) és Yuan T. Lee (sz. 1936) „a kémiai elemi folyamatok dinamikájával kapcsolatos kutatásaikért” kapták a díjat. John Polanyi már korai munkáiban is foglalkozott az átmeneti állapotok spektroszkópiájával [8]. Szerette volna megfigyelni a rövid élettartamú köztes állapotokat, mert felismerte, hogy ezek jelenthetik a kulcsot a reakciómechanizmus megértéséhez. A spektrumokban a  $10^{-12}$  másodpercig tartó eseményeket a vonalak kiszélesedése jelezte. Ez a kutatás édesapja, Polanyi Mihály úttörő munkájához kapcsolódott ([8], 386. o.).

Polanyi Mihály sikeresen értelmezte a nátriumatom reakcióit, amelyek a lehető legegyszerűbb reakciók közé tartoznak. A nátrium könnyen ionizálódik, és amikor egy nagy elektronaffinitású molekulához közeledik, már viszonylag nagy távolságból a nátriumatomról egy elektron a molekulára ugrik. A nagy távolság miatt nevezte ezt a jelenséget Polanyi Mihály „szigonyozásnak” (*harpooning*). A kifejezés azért is találó, mert a pozitív töltésű nátrium aztán magához vonzza a negatív fogást. A kifejezés hamar népszerűvé vált. Az említett szigonyos reakció leírható egymást követő lépések sorozataként: „1. lépés: a halász közeledik a reménybeli fogás felé; 2. lépés: szigonyával eléri a fogást; 3. lépés: a halász behúzza a fogást” ([8], 386. o.). A szigonyozást tehát leírhatjuk egyetlen eseményként, de felszabhatjuk rövidebb időtartamú események sorozatára is. Az egyre rövidebb időtartamú események leírása segítheti a mélyebb megértést.

Yuan T. Lee viszont arra figyelmeztetett, hogy nincs szükség rövidebb időtartamú mérést választani, mint amilyen valóban választ ad egy adott kérdésre. Például a molekulásugarak vizsgálatában nincs szükség a femtokémia módszereire [9]. A kémiai reakciók tanulmányozásánál sok esetben a molekula forgási periódusa szolgálhat időmérőként. Ezt Lee Herschbach kísérleteiből [10] vett példával illusztrálta. A kálium és a metil-jodid reakciójában a reakciótermék egyetlen forgásidő alatt jön létre és az időmérés ebben az esetben pikomásodperces időskálán történik ([9], 445. o.).

Ahmed H. Zewail (1946–2016) az 1999-es Nobel-díjat „a kémiai reakciók átmeneti



**Ahmed H. Zewail, 1997, „Femtoland” laboratóriumában, California Institute of Technology** (Hargittai István felvétele)

állapotainak femtomásodperces spektroszkópiával végzett vizsgálataiért” kapta. Laboratóriumát „Femtoland”-nek nevezte, amelyet „játszóterének” tekintett [11]. Femtomásodperces időskálája lehetővé tette a kémiai kötések keletkezésének és felbomlásának – ezeknek a legjellemzőbb kémiai eseményeknek – a megfigyelését. Linus Paulinghoz csatlakozva, akinek alapvető munkássága elősegítette a kémiai kötés természetének megismerését, Zewail Pauling szellemi örökösének tekintette magát.

Zewail a femtomásodpercesnél rövidebb időskála jelentőségéről így nyilatkozott: „Amikor a femtomásodpercesnél is rövidebb időskálába lépünk, az elektronok mozgása válik érdekessé. Ez a skála lehetőséget adhat például az elektronok benzolgyűrűben történő mozgásának a követésére. Ezen a skálán a fizika körébe tartozó jelenségek fontosabbá válnak a kémiai vonatkozásoknál” ([11], 493. o.). Ahogy Porter esetében, itt Zewail megjegyzésével is vitatkozhatunk, mert a kémia szempont-

**Balra: A 2023-as fizikai Nobel-díjjal kitüntetett három tudós egyike, Krausz Ferenc, 2014, dolgozószobájában, München** (Thorsten Naeser felvétele, Krausz Ferenc szívességéből, 2018). **Jobbra: Theodor W. Hänsch, 2007, Rijád, Szaúd Arábia** (Hargittai István felvétele)





jából is alapvető fontosságú elektrondinamikai jelenségek tartoznak ide, tehát nincs elvi különbség a fizika és a kémia között az attomásodperces módszer alkalmazási lehetőségeit illetően.

A Svéd Királyi Tudományos Akadémia a 2023. évi fizikai Nobel-díjat Pierre Agostini (sz. 1941), Krausz Ferenc (sz. 1962) és Anne L'Huillier (sz. 1958) részére ítélte oda „az anyagban lévő elektronok dinamikájának tanulmányozására szolgáló attomásodperces fényimpulzusokat létrehozó kísérleti módszerekért”. Szívvel gratulálunk mindhárom új Nobel-díjasnak és a magyar Krausz Ferencnek külön is, aki a BME-n és az ELTE-n folytatott egyetemi tanulmányai után Bécsben, majd Münchenben folytatta tudományos pályáját.

A Porter és Zewail megállapításaival kapcsolatban említett megjegyzéseinkkel összhangban azt remélhetjük, hogy az attomásodperces módszerek megtalálják a maguk helyét mind a fizikában, mind a kémiában. Krausz Ferenc volt az, akinek először sikerült áttörnie az ezer attomásodperces határt [12, 13]. Hozzátehetjük, hogy a femtomásodperces és az attomásodperces időskálák a tudományos kutatásokban nem határolódnak el élesen egymástól. Például a Krausz Ferenc úttörő munkájában említett 650 attomásodperces fényimpulzus leírható 0,65 femtomásodperces fényimpulzusként is. Krausz erős nemzetközi kutatócsoport élén érte el a különleges eredményt. Egyik szerzőtársa, Theodor W. Hänsch (sz. 1941) nem sokkal az attomásodperces felfedezésben való részvételét követően, 2005-ben fizikai Nobel-díjat kapott korábbi munkáiért, a lézeralapú precíziós spektroszkópia fejlesztésében tett felfedezéseiért. Krauszhoz hasonlóan Hänsch is Münchenben dolgozik hasonló pozíciókban. Elképzelhetjük, milyen alkotói légkör alakul ki ilyen kaliberű résztvevőkkel.

**Közönetnyilvánítás.** Köszönöm Hargittai Magdolna, Krausz Ferenc és Silberer Vera segítő megjegyzéseit.

IRÓDALOM

- [1] I. Hargittai: *Candid science: conversations with famous chemists*. Edited by M Hargittai. Imperial College Press, London. Chapter 21, „George A. Olah”, 2000, 270–283.
- [2] I. Hargittai: Structures and mechanisms in chemical reactions: George A. Olah's life-long search of chemistry. *Struct. Chem.* (2017) 28, 259–277.
- [3] K. N. Raymond, R. A. Andersen, R. G. Bergman, A. M. Stacy: Earl Leonard Muetterties. *Berkeley College of Chemistry honlap*, March 20, 2020 (Earl Leonard Muetterties, College of Chemistry (berkeley.edu)), letöltve 2023. október 19.
- [4] E. L. Muetterties: Stereochemically Nonrigid Structures. *Inorg. Chem.* (1965) 4, 769–771.

- [5] I. Hargittai, M. Hargittai: Requiem for gas-phase electron diffraction. *Struct. Chem.* (2023) 34, 1225–1230; és az ott közölt hivatkozások.
- [6] I. Hargittai: *Candid science: conversations with famous chemists*. Edited by M. Hargittai. Imperial College Press, London, 2000, Chapter 38, „George Porter”, 476–487.
- [7] I. Hargittai: *Candid science III: more conversations with famous chemists*. Edited by M. Hargittai. Imperial College Press, London, 2003, Chapter 26, „Manfred Eigen”, 368–377.
- [8] I. Hargittai: *Candid science III: more conversations with famous chemists*. Edited by M. Hargittai. Imperial College Press, London, 2003, Chapter 27, „John C. Polanyi”, 378–391.
- [9] I. Hargittai, M. Hargittai: *Candid science VI: more conversations with famous scientists*. Imperial College Press, London, 2006, Chapter 21, „Yuan Tseh Lee”, 438–457.
- [10] I. Hargittai: *Candid science III: more conversations with famous chemists*. Edited by M. Hargittai. Imperial College Press, London, 2003, Chapter 28, „Dudley R. Herschbach”, 392–399.
- [11] I. Hargittai: *Candid science: conversations with famous chemists*. Edited by M. Hargittai. Imperial College Press, London, 2000, Chapter 39, „Ahmed H. Zewail”, 488–507.
- [12] A. Baltuška, Th. Udem, M. Uiberacker, M. Hentschel, E. Goulielmakis, Ch. Gohle, R. Holzwarth, V. S. Yakovlev, A. Scrinzi, T. W. Hänsch, F. Krausz: Attosecond control of electronic processes by intense light fields. *Nature* (2003) 421, 611–615; Erratum: (2003) 422, 189.
- [13] D. Castelvécchi, K. Sanderson: Physicists who built ultrafast 'attosecond' lasers win Nobel Prize: Trio receives the award for ultra-short pulses of light, which have enabled the close study of electrons. *Nature* (2023) 622, 225–227.

# Chemistry Europe Fact Sheet

16 chemical societies, 15 European countries.  
Family of high-quality scholarly chemistry journals, covering a very broad range of disciplines.

Evaluate, publish, disseminate, and amplify the scientific excellence of chemistry researchers from around the globe in high-quality publications.

Societies:  
[www.chemistryviews.org/chemistry-europe-member-societies/](http://www.chemistryviews.org/chemistry-europe-member-societies/)

Hub:  
[www.chemistry-europe.org](http://www.chemistry-europe.org)

Association

Mission

3 per year, free

Newsletter



Chemistry Europe

Science news magazine

ChemistryViews

What is happening in the global chemistry community

[www.chemistryviews.org/register/](http://www.chemistryviews.org/register/)

[www.chemistryviews.org](http://www.chemistryviews.org)

Recognizes members for their outstanding achievements.

[www.chemistryviews.org/fellows/](http://www.chemistryviews.org/fellows/)

Fellows Program

Award

Recognizes outstanding contributions to chemistry.

[www.chemistryviews.org/chemistryeuropeaward/](http://www.chemistryviews.org/chemistryeuropeaward/)

  
@ChemEurope

Hub:  
[www.chemistry-europe.org](http://www.chemistry-europe.org)

  
[linkedin.com/company/chemeurope/](https://www.linkedin.com/company/chemeurope/)





Kemenesi Gábor

■ Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar | kemenesi.gabor@gmail.com

# Karikó Katalin Nobel-díja és az mRNS-vakcinák üzenete

**N**ehéz jól megfogalmazni, hogy pontosan mit is jelent egy kutató számára az mRNS-vakcinatechnológiáért kiosztott Nobel-díj. Karikó Katalin kitalálása és példamutató állhatatossága mindenképp személyes motiváció a kutatók és az átlagember számára egyaránt – nagyokká ugyanis a tudományban is azok válhatnak, akik kitalálnak az elképzeléseik mellett. A nagyság persze sokféleképp mérhető. Számomra és talán az egész világ számára sem csupán Karikó Katalinról szól a Nobel-díj, hanem a tudomány diadaláról egy rendkívül nehéz időszakban. Ezért most, kissé túllépve a technológia pusztá ismertetésén, lássuk, mit hozott még ez a díj mindannyiunk jelene és jövője számára.

A koronavírus-járvány nem csupán a modern világ egészségügyi és működésbeli sebezhetőségét mutatta meg, de a modern társadalmak infokommunikációs kiszolgáltatottságát is az álhírek és a modern tudománytalanság számára. Egészen elképesztő elméletek éltek reneszánszukat, melyeket a legalapvetőbb, több évszázados tudományos eredmények is rég megcáfoltak már. A Covid-pandémia idején azonban egy csapásra mindannyiunk egészsége és biztonsága lett a tét, és az áltudományos nézetek soha nem látott terjedése vált az egyik legnagyobb kockázattá. Az évszázadok alatt felépített tudományos módszertan, a „tudományosság” és a mindezeket megtagadó újhullámos „tudománytalanság” küzdelme azonban jelenleg is, újult erővel zajlik.

Az mRNS-vakcinák és a technológia ki-fejlesztésének története ebből a szempontból is különleges, hiszen sok évtizednyi kutatómunka után, szinte a polcról le-emelve megérkezhetett egy vészterhes időszak közepén. Ráadásul a tudománytalanság infokommunikációs viharában élő átlagember számára is megmutatta a tudomány fontosságát és működését.

## Négy évtizednyi fejlesztésről van szó

Kevesen tudják, hogy az mRNS-vakcinához vezető utat tágabb értelemben 1961 óta járja a tudomány, ekkor fedezték fel ugyanis az mRNS-t. A felhasználás ötlete és az ezzel kapcsolatos kutatások azonban csak az 1980-as években kezdődhettek, hiszen a molekula mesterséges előállítására sokáig nem volt lehetőség. 1984-ben Paul Krieg és Douglas Melton virális eredetű RNS-szintetizáló enzimet használtak, hogy laboratóriumi körülmények közt szintetizálják a molekulát. Ezzel nemsokára meg is kezdődhettek a bejuttatást és fehérjeszintézist befolyásoló (elindító vagy akár blokkoló) kutatások.

1987-ben Robert Malone laboratórium-ban szintetizált mRNS-t kevert apró zsírcseppekkel, majd az elegybe emberi sejteket helyezett. A sejtek sikeresen felvették az „üzenetet”, ráadásul fehérjetermelésbe

is kezdtek. Több szempontból is tanulságos kísérletről és kutatóról van szó, ugyanis Robert Malone az mRNS-vakcinákkal kapcsolatosan egyik legnagyobb álhírterjesztő kutatóvá lépett elő a Covid-19 pandémia alatt. Másrészt pedig a kísérlet később bizonyult szabadalmi vitáig jutott.

A kilencvenes évekre már komolyan szóba került a gyártástechnológia megvalósítása, ám érdekes módon a megelőzésre, azaz vakcinaként történő alkalmazásra kevés figyelem és befektetés érkezett, inkább a rákgyógyászat, azaz a terápiás felhasználás felé fordultak a kutatók. Érdekesség, hogy számos elszánt kutató, érdeklődés és álmait követve kitartott a vakcinafejlesztések ötlete mellett, és a kilencvenes-kétezres évekre feltűnt néhány elszánt laboratórium, start-up és számos kapcsolódó felfedezés, publikáció és szabadalom, melyek kikövezték a vakcinák számára történő felhasználás útját.

Karikó Katalin és Drew Weissman (Penn Medicine)





Karikó Katalin és Drew Weissman, a 2023-as élettani és orvosi Nobel-díj nyertesei is ebben az időben kezdték meg kapcsolódó munkájukat. A kutatásuk elsősorban azt az ekkor még mindig fennálló problémát kívánta megoldani, hogy miként lehet a mesterségesen előállított mRNS-t oly módon „megszelídíteni”, hogy a bejutás után a veleszületett immunitás ne kezelje idegenként – azaz, hogyan lehet kikövezni az utat a valódi és biztonságos emberi felhasználás felé. Tudományosan fogalmazva az áttörést végül éppen ez, az mRNS-molekula megfelelő módosításának kidolgozása hozta el.

Érdekesség, és legalább ennyire fontos a vakcinákig vezető úton, hogy az mRNS-molekula megfelelő bejuttatási technológiájának kidolgozása is évtizedek kutatómunkájának gyümölcse. Ezek a kísérletek majdnem egyidősek az mRNS felfedezésével, és már a hatvanas években megkezdődtek. A kanadai Pieter Cullis laboratóriuma érte el végül azt az áttörést, ami elvezetett a ma is alkalmazott lipid nanorészecske-alapú bejuttatási megoldáshoz.

## A fertőző betegségek és azokon túl

A rövid történeti áttekintés is jól szemlélteti, hogy mennyire összetett tudományos munkáról és egymással párhuzamos fejlesztésekről van szó. Nem meglepő, hogy a technológia jóval túlmutat a járványok elleni küzdelmen, amely a Covid-19 pandémia óta teljesen új szintre lépett. A Coalition for Epidemic Preparedness Innovations (CEPI), az egyik legnagyobb nonprofit vakcina- és gyógyszerfejlesztést segítő entitás például meghirdette a „100 nap” programot, melyben a következő, ismeretlen kórokozó felbukkanására készülve kívánják a technológiát 100 napos fejlesztési reakcióidőre beállítani. A Covid-19 vakcinák óta persze nem csupán az ismeretlen, de más ismert kórokozókra is sorban készülnek mRNA-alapú vakcinák. Érdemes megemlíteni, hogy Karikó és Drew Weiss-

man tanítványaként és munkatársaként, Pardi Norbert már a járvány előtt felhívta a figyelmet a technológiában rejlő potenciálra, és több ezzel kapcsolatos úttörőnek számító munkája is volt.

A biológiai információ megfelelő és biztonságos bejuttatása a szervezetbe más területek és fejlesztések számára is elhozta a forradalmat. A rákgyógyászat számára szintén elérkezett az idő, hiszen évtizedes fejlesztések során sem sikerült még ilyen közel kerülni az olcsó, gyorsan szintetizálható, biztonságos mRNS-technológiáig. A rákgyógyászat során az elv a daganatra jellemző antigén vakcinaként történő használata és ezzel az immunrendszerünk figyelmének felkeltése a tumorra. Az évtizedes fejlesztések során azonban mindig probléma volt, hogy a tumorsejtek gyors mutációs képessége hamar hatástalanná teszi ezt az eljárást. Azonban a gyorsabb és olcsóbb mRNS-előállítás miatt már lehetőség van számos antigén egyszerre történő célbavételére és a vakcina gyors módosítására is.

A génszerkesztés 2023 óta már hivatalosan is a jelen gyógyászatának része. Ugyan a CRISPR/Cas9 molekuláris ollót alkalmazó eljárást még csupán Angliában engedélyezték két genetikailag örökletes betegség gyógyítására és egyelőre igen költséges, mégis vitathatatlanul megjelent az elérhető orvosi megoldások listáján. Az mRNS-technológia itt is óriási reményekkel kecsegtet, és egészen érdekes módon éppen az egyik hátránya, a molekula érzékenysége, rövid élete jelenthet előnyt. A génszerkesztés során ugyanis kulcsfontosságú, hogy csupán a kívánt DNS-szakaszon történjen szerkesztés, és minél tovább aktív az enzim vagy a célzáshoz használt molekula, annál nagyobb az esély a nem várt helyen történő szerkesztésre.

## Személyes gondolatok

Számomra az mRNS-vakcinákhoz vezető hosszú út mutatja legjobban a tudomány

erejét és szépségét. Évtizedek és több száz kutató munkája végül a szükség idején elhozza a várt, megálmodott és remélt hatást. Nem is lehet egyértelműbb üzenet, hogy a Karikó Katalinéhoz hasonló kitarítás lépőkövein, számos tudós munkája nyomán épülő tudománynak mekkora szerepe van az emberiség élete és jövője számára. Ezekben a tudománykommunikációs szempontból vészterhes időkben, amikor a mindennapi ember számára is egyre látványosabb és kívánatosabb a tudományos értékek megkérdőjelezése, ez nagyon fontos üzenet.

Az, hogy Karikó Katalinék megkapták a díjat, véleményem szerint ennek a sok évtizedes tudományos munkának elkerülhetetlen állomása volt. Noha a felfedezés jellege sokak szerint a kémiai Nobel-díj kategóriájába tartozna, azok a lehetőségek, melyeket megnyitott, már a jelenünkben és a közeljövőnkben is átforgalmazzák a gyógyászat számos területét a fertőző betegségektől, a daganatok legyőzésén át, a genetikai betegségek hatékonyabb leküzdéséig, így a hatása miatt kétségtelenül az élettani és orvosi Nobel-díj kategóriájába tartozik.

Nagyon fontos és egy kutató számára talán az a legfontosabb üzenet, hogy a tudományos munka soha nem magányos, és sokkal inkább az alázatról, együttműködésről és kitartásról szól, mint a személyes sikerekről. Az, hogy Karikó Katalin minden körülmények között, évtizedeken át kitartott az elképzelései mellett vagy az, hogy Robert Malone, akinek a technológia korai fejlesztései során kutatóként szerepe volt abban, hogy most itt vagyunk, mégis inkább a tudomány ellen fordulva egyszerű álhírgyárossá lépett elő, emberi példákat mutatnak számunkra. A példák mögött azonban, jóval magasabb helyen, a tudományos megismerés megállíthatatlanul tört előre, és elhozta az mRNS-technológia forradalmát és nem utolsósorban egy rendkívüli tudományos és emberi példaképet mindannyiunk számára Karikó Katalin személyében. ●●●

## Az érem



Az élettani vagy orvosi Nobel-díj érmének hátlapján az orvostudományt megszemélyesítő, babékoszorús nőalak nyitott könyvet tart az ölében. Egyik kezével egy sziklahasadékból előtörő forrás vizét gyűjti össze, a másikkal egy beteg nőt karol át, akit meg akar itatni. A körben futó felirat: *Inventas vitam iuvat excoluisse per artes*. A mondat a Vergilius *Aeneis*-ében szereplő egyik sor kis átalakításából született; azokra utal, akik a művészetek és a mesterségek feltalálása révén az emberi életet „kiművelték”, jobbá tették. Az érem alsó téglalapjába a díjazott nevét és a díjazás évét vésik. A képen látható érem az 1978-ban kitüntetett Daniel Nathansé volt. 2017 végén szerepelt egy New York-i aukción; közel 400 000 dollárt ért a gyűjtőnek.



## Olvasnivalót ajánlanék

Karikó Katalin: *Áttörések – Életem és a tudomány*, Helikon, Budapest, 2023

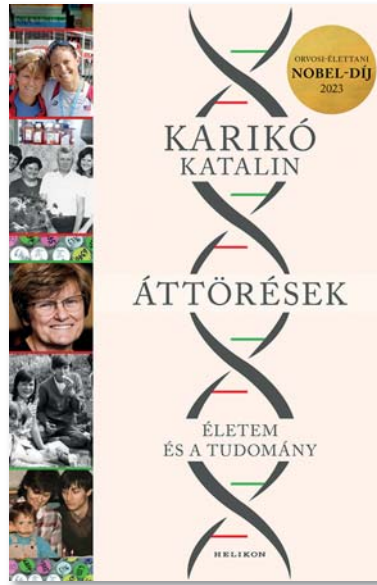
Könyvbemutatón jártam. Az orvosi Nobel-díj idei nyerteseinek (Karikó Katalin és Drew Weissman) kihirdetése után, magyarországi látogatása elején, október 11-én volt Karikó Katalin önéletrajzi könyvének bemutatója az MTA székházában. Sokan voltunk, barátok, volt tanárok, munkatársak, tisztelők. A szerzőt Horváth János, az 1964. évi „Riporter kerestetik” vetélkedő győztese kérdezte. A beszélgetés során megismerkedtünk a kisújszállási otthon egyszerű, de családias környezetével, ahol a fiatal Katalin az ismeretek megszerzésének igényét megszerezte. Megismertük nővérét, Zsuzsát, személyesen is, és megtudhattuk, hogy az idősebb testvér, legyen bármilyen jó és szeretetteljes a kapcsolat a két leány között, bizony idősebb testvér és ő „parancsol”. Megtudhattuk, hogy Katalin Zsuzsi lánya rendszeresen töltötte a nyarat a családi házban, a Mamánál (már amerikai tartózkodásuk alatt). Zsuzsinak Kisújszállás volt a világ közepe, mutatta néha a földgömbön.

Katalinnak általános és középiskolás korából általában szép élményei voltak. Tanárai szeretik, jól tanul, egyre inkább vonzódik a természettudományokhoz, különösen a biológiához; egymás után nyeri a tanulmányi versenyeket. 14 éves korában egyik tanára adja a kezébe Selye János *Életünk és a stressz* című könyvét. A könyv nagy hatással van rá, és meghatározó későbbi kutatói pályájára. A könyvből származik a Katalin által követett és a fiataloknak is sokszor idézett jó tanács: *csak azokra a dolgokra összpontosítsunk, amelyeket befolyásolni tudunk, és nem azokra, amelyeket nem.*

Megtudhattuk, hogy Karikó Katalin 1973-ban felvételt nyert a szegedi egyetem biológia szakára. Élvezte a nagyobb szabadságot, amit az egyetem jelentett. Két fontos eseményt említett egyetemi pályafutásából. Akkor került kapcsolatba a Szegedi Biológiai Kutatóközponttal (SZBK), ismerkedett meg Kondorosi Éva és Duda Ernő kutatókkal és kezdett lipidekkel foglalkozni, később a vírusokkal, a nukleinsavakkal, az RNS-sel, melyek meghatározták későbbi célpontját. Másrészt megismerte Bélát, Francia Bélát, akivel később, 1980-ban házasságot kötöttek, és mint mondta, most ünneplik 43. házassági évfordulójukat.

Az egyetem elvégzése után az SZBK-ba került, ott is doktorált nukleotidkémiaiából, Tomasz Jenő irányításával. Tehát már itt, 1978-ban együtt volt az antivirális RNS-molekula készítésének ötlete. A doktorátus megszerzése után folytatta munkáját a lipidlaboratóriumban. A munkát nagy családi öröm szakította meg: 1982 novemberében megszületett Zsuzsi, a kislányuk. A kutatómunka nem állhatott le sokáig, februárban Zsuzsi már bölcsődés volt. A munkák jól haladtak, de 1985 júliusától Katalin állását az SZBK pénzügyi támogatás hiányában felmondta. Állás után kellett nézni. Sikertelen pályázatok sora után végül az egyesült államokbeli Philadelphiában kapott állást. Eladták mindenüket, és útra keltek.

A lehetőségek hazájában sem indult minden rózsásan. Sokan akarták lebeszélni kutatásai folytatásáról. Nem hittek benne. Egy-szer sem sikerült anyagi támogatást nyernie kutatásaihoz. Szerencsére volt, aki elejétől hitt elképzeléseiben, akkor is, amikor 1995-ben a Pennsylvania Egyetem (Penn) tanszéke elbocsájtása



mellett döntött. Ekkor az idegsebészeti klinika alkalmazta a molekuláris biológust.

A családról megtudhattuk, hogy Béla, a férj, minden műszer csodadoktora, Mr. Ezeremester. Katalin elromlott műszereit is azonnal megjavította, az éjszakáit sem kímélve. Zsuzsi, a lányuk közben felnőtt, a Pennen diplomázott kriminológiából és az evezés elkötelezettje is lett. Olyannyira, hogy mára kétszeres olimpiai bajnok, hamarabb célba ért, mint édesanyja.

Katalin *látzólag* hiába találkozott 1997-ben Drew Weissmannal, aki új vakcinákat akart fertőző betegségek ellen előállítani, de társra találtak egymásban az mRNA hasznosításának kutatásában. 2006-ra alapjaiban sikerült megoldaniuk a problémát. Eredményeiket a *Nature* nem fogadta el, így az *Immunity* folyóiratban publikálták. Módszerüket a Penn segítségével szabadalmaztatták. Sem a tudományos közvé-

lemény, sem a vállalkozói kör nem figyelt fel az eljárásban rejlő lehetőségekre. Katalint 2013-ban eredménytelen kutatásai miatt a Penn végleg elbocsátotta.

Ekkorra a biotechnológiai cégek az egész világon felfutottak. A rák gyógyításában az immunterápiás szerek kifejlesztésére összpontosítottak. Az mRNA alkalmazása a célkeresztbe került. Több biotechnológiai cég is érdeklődött a Karikó-Weissman-szabadalom iránt. Katalin egyben állást is keresett, és a mainzi BioNTech nyerte el a tetszését. A kölcsönös érdekek találkozása alapján hamar megállapodtak, és 2013-tól a cég alelnökeként folytatta kutatásait. Minden ment a maga útján, amikor 2019 végén jött a Covid-19, amely, mint emlékezhetünk, 2020 elejére világjárvánnyá vált. Mivel ez a vírus új volt, az embereknek nem volt immunitásuk vele szemben. Vakcina kellett, de gyorsan. Az mRNA-módszernek éppen a gyorsasága az egyik előnye. 2020 január elején publikálták a kínaiak a SARS-COV-2 vírus genetikai szekvenciáját, s a BioNTech és a Pfizer összehangolt együttműködésének eredményeként 2020. november 8-án jelenthette a BioNTech elnöke, hogy a vakcina „működik”. Soha ilyen rövid idő alatt még nem sikerült vakcina kifejlesztése az orvostudomány történetében, köszönhetően annak a felfedezésnek, amit néhány évvel korábban a *Nature* főszerkesztője még „incremental contribution”-nak (kis előrelépésnek) minősített a tudományban és közlését elutasította. Csak a felfedezők hittek abban, hogy munkájuk **áttörés** volt a tudományban. Még 15 évet kellett várniuk arra, hogy a világ is elismerje, és közel 20 évet, hogy felfedezésüket Nobel-díjjal jutalmazza.

Kutatótársa többek között azt mondta Katalinról, hogy te mindig cikcakkban gondolkodsz, én pedig egyenesen. Katalin azzal „védekezett”, hogy én közben rengeteget tanulok. Ha hozzátehetek én is valamit, azt figyeltem meg, hogy mindig pörög az agya, és miközben beszél valamiről, gondolatai előrébb járnak már, de ez nála nem válik az érthetőség rovására, mert mindig pontosan tudja, mit akar mondani.

A könyvbemutatót részt vevő több száz ember a felejthetetlen élményt jelentő beszélgetés után türelmesen állt sorba, hogy honfitársunk, a Nobel-díjas szerző dedikálja könyvét, melyet mindenkinek, fiatalnak, idősebbnek örömmel ajánlok olvasásra. **KT**



## Stockholm, 2023. december 10.

A díszlet elképesztően szép, a sok száz szigettel tarkított tengeröböl mentén a gazdag északi főváros, Stockholm, impozáns hatalmas épületeivel. December elején Nobel-láz van, mindenütt Nobel, Nobel, Nobel. Pontosabban NoBel, NoBel, NoBel. Tizedike van, a díjak átadásának napja. A dinamitgyáros 10-én szenderült örök nyugalomra a mediterrán San Remóban, ilyenkor a várost mindenütt San Remó-i virágok tömegei díszítik. A díjátadási ceremóniát a *Konserthuset*ben tartják, reggel a *laureates*, a díjazottak már főpróbán gyakorolták, hogyan kell fejet hajtani a király és családja előtt. A díszelőadások már 7-én (és 8-án) elhangzottak a Karolinska Intézet lenyűgöző *Aula Medicá*jában. A díjazottaknak azóta sincs megállás, reggel BBC-interjú, majd középiskolásokat kell lelkesíteni, majd VIP-k kívánnak kezet rázni, beszédet mondani. Fogadás itt, beszédek, bankett ott, beszédek, nagykövetségen találkozó a magyar és nemzetközi diplomáciai testületek tagjaival, aktív és inaktív miniszterrel, beszédek, beszédek, aztán rohanás tovább, beszélni és beszédet hallgatni. Nem téma, hogy a Nobel-díjas kimerült-e, fáj-e a lába vagy a gyomra, a gépezet teljes fordulatszámmal működik.

A díjátadás is óramű pontossággal zajlik, hiszen nézi az egész világ. Mindenhol nagy biztonsági készültség, talán a gázai háború is ok lehet, csak meghívóval és igazolvánnyal lehet belépni, de előtte utcányi sorban kell állni a kásás hóban belépésre várakoz-

va, míg a fehér sapkás, kék-sárga szalagos rendezők kislabizálják a meghívottak neveit. Szerencsére megenyhült a skandináv tél, a fedetlen vállakat sem fenyegeti feltétlenül tüdőgyulladás. Tíz díjazott, öt laudáció. Az irodalmi díjat kapó Jan Fosse méltatása nem angolul hangzik el, ő ui. *nynorsk* nyelven ír, illik skandinávul bemutatni. Tíz díjátadás, tíz-tíz meghajlás a király felé, a pódiumon feszítő kiválóságok felé, majd a közönség felé. A hallgatóság is jól idomított, csak az utóbbi után dübörög fel a taps. Krausz Ferenc mellett a fizikus hölgynek, Anne L’Huillier-nek is szorítunk, hiszen gyakori vendég Szegeden, az ELI-ben. Kis jóindulattal magyar Nobel-díjas. Karikó Katalin mosolyog, Drew Weissman póker arccal üli végig a ceremóniát. Ha belegondolunk, mennyire anakronisztikus és időtlen, ahogy a 21. század szellemi elitje hajladozik a középkort megtestesítő (egyébként rokonszenves) király előtt.

Az estét vacsorás fogadás zárja a városháza ódon falai között, ahová annyi vendéget zsúfoltak, ahány ülve elfért. A légúti vírusok a kezüket dörszölik, itt a lakoma. Gyönyörű virágok San Remóból, zene, beszédek, félórás vonulások a Kiválasztottak Terméből és vissza. Eltelik a három óra. A díjakat ma még vissza kellett adni, majd holnap megkapják – a három replikával együtt. Éljenek a Nobel-díjasok, éljen a király!

Duda Ernő

Milen Mátyás

## A víz két pKa értéke: 14,0 és 15,7

2017-ben két amerikai vegyész, Todd P. Silverstein és Stephen T. Heller hívta fel a figyelmet arra, hogy a víz pKa értéke kétféleképpen szerepel a kémiai szakirodalomban, beleértve a tankönyveket is [1]. A szerves kémiában a víz pKa értékét standard körülmények között gyakran 15,7-nek tüntetik fel, ellentétben a fizikai kémiában használt 14,0-val. A legismertebb magyar nyelvű

és külföldi tankönyvekben valóban ez a két adat jelenik meg, ahogy az **1. táblázat**ban láthatjuk időrendi felsorolásban.

Bár a legtöbb esetben a víz pKa értékét csak feltüntetik, néhol a kiszámításával is találkozhatunk. Például Atkins a következő egyszerű levezetést írta le a könyvében.

A víz autoprotolízisét a következő oldalon lévő egyenlet szemlélteti:

1. táblázat. A víz pKa értéke különböző tankönyvekben

pKa(H <sub>2</sub> O)	Tankönyv/Jegyzet	Év	Oldal
15,7	Nyilasi J.: Általános kémia. Gondolat Kiadó	1980	273
15,7	Furka Á.: Szerves kémia. Tankönyvkiadó	1988	belső borító
14,0	P. W. Atkins: Fizikai Kémia I. Tankönyvkiadó	1992	227
14	Isaacs, N. S.: Physical Organic Chemistry. Wiley	1995	237
15,7	Ruff E.; Csizmadia G. I.: Szerves reakciómechanizmusok vizsgálata. Nemzeti Tankönyvkiadó	2000	325
14,0	Gergely P.; Elődi E.; Vereb G.: Általános és bioszervetlen kémia. Semmelweis Kiadó	2005	137
15,7	Smith M. B.; March, J.: Advanced Organic Chemistry. Wiley	2007	362
15,7	Clayden J.; Greeves N.; Warren S.: Organic Chemistry. University Press	2012	169
15,7	Antus S.; Mátyus P.: Szerves kémia I. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó	2014	43/44
15,7	Okuyama T.; Maskill H.: Organic Chemistry a mechanistic approach. Oxford University Press	2014	115
15,7	Huszthy P.; Tóth T.; Móczár I.; Kupai J.; Kormos A.: Szerves kémia I. Elektronikus jegyzet	2017	40
15,7	Schore N.; Vollhardt P.: Organic Chemistry. W. H. Freeman and Company	2018	66
15,7	Balci M.: Reaction Mechanisms in Organic Chemistry. Wiley	2021	35



Az egyensúlyi állandó a következő formában írható fel:

$$K_v = \frac{a(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot a(\text{OH}^-)}{a(\text{H}_2\text{O})^2}$$

A víznek mint tiszta folyadéknak az aktivitása 1 [ $a(\text{H}_2\text{O}) = 1$ ], ezért az egyensúlyi állandót a következőképpen egyszerűsíthetjük:

$$K_v = a(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot a(\text{OH}^-)$$

A fenti, úgynevezett vízionoszorzat értéke 25 °C-on  $1,008 \cdot 10^{-14}$ , amelynek negatív tízes alapú logaritmusát adja a víz  $pK_a$  értékét:

$$pK_a(\text{H}_2\text{O}) = -\lg 1,008 \cdot 10^{-14} = 14,0.$$

Ruff Ferenc és Csizmadia Imre *Szerves reakciómechanizmusok vizsgálata* című könyvében pedig a következő levezetéssel találkozhatunk.

A víz autoprotolízise és a hozzá tartozó egyensúlyi állandó a következőképpen van leírva:



$$K_v = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Ebben az összefüggésben az oxónium-, a hidroxidion és a víz koncentrációja szerepel. A tört számlálója azonos a vízionoszorzattal, amelynek értéke:  $10^{-14}$ . A nevezőben pedig a víz koncentrációja található, értéke:  $55,33 \text{ mol/dm}^3$ . Ez utóbbi  $1 \text{ dm}^3$  víz anyagmennyiségét jelenti 25 °C-on, amely kiszámítható a víz sűrűségéből ( $0,9970 \text{ g/cm}^3$ ) és móltömegéből ( $18,02 \text{ g/mol}$ ). Behelyettesítve a számadatokat a fenti egyenletbe megkapjuk a  $K_v$  értékét:

$$K_v = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{10^{-14}}{55,34} = 1,8 \cdot 10^{-16}$$

Ebből pedig a víz  $pK_a$  értéke:

$$pK_a(\text{H}_2\text{O}) = -\lg 1,8 \cdot 10^{-16} = 15,7.$$

A fenti levezetésben az aktivitások helyett koncentrációk vannak feltüntetve. Ettől eltekintve két hibát találunk, amelyek közül az egyik, hogy az egyensúlyi állandó nincs összhangban az egyenlettel. Ugyanis az egyenlet bal oldalán két vízmolekula szerepel, ezért az egyensúlyi állandó nevezőjébe a  $[\text{H}_2\text{O}]^2$  kifejezést kellene írni. Ennek megfelelően a  $K_v$  és a  $pK_a(\text{H}_2\text{O})$  értékek így változnának:

$$K_v = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = \frac{10^{-14}}{55,34^2} = 3,26 \cdot 10^{-16}$$

$$pK_a(\text{H}_2\text{O}) = -\lg 3,26 \cdot 10^{-16} = 17,5.$$

A másik hiba a víz koncentrációjának megadása, erről később lesz szó.

Antus Sándor és Mátyus Péter *Szerves kémia I* című könyvében a víz  $pK_a$  értékére az alábbi levezetést olvashatjuk.



$$K_v = \frac{[\text{H}^+] [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{10^{-14}}{55,74}$$

$$pK_a(\text{H}_2\text{O}) = 15,7.$$

A víz ionizációját egyszerűen tüntetik fel, melyben proton és hidroxidion keletkezik. Az egyenlet helyes, ha a hidrogénion (proton) a tiszta vízben megtalálható összes pozitív töltésű iont jelenti, ugyanis az oxóniumion ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) mellett más  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})$  bonyolultabb szerkezetű ionok is jelen vannak [2,3]. Az egyensúlyi állandóban az aktivitások helyett koncentrációk szerepelnek. A tört számlálójában a vízionoszorzat található, a nevezőben pedig a víz koncentrációja. Ez utóbbi  $55,74$  érték  $1 \text{ dm}^3$  vízben lévő vízmolekulák anyagmennyiségét jelenti molban kifejezve, azonban ez nem tekinthető koncentrációnak. Az anyagmennyiség-koncentráció csak oldatok esetében használható, ahol van oldott anyag és oldószer. Az egykomponensű tiszta víz nem lehet oldat, azaz vízben oldott vízmolekulák nem léteznek [4].

A víz  $pK_a$  értékével több közlemény részletesen foglalkozik [5,6]. Az újabbban megjelent szerves kémia könyvekben [7] és szerves kémiai adatbázisokban [8] a víz  $pK_a$  értékét  $14,0$ -ra javították. Ez azért fontos, mert kémiai számításoknál erre az adatra szükség lehet és a többi vegyület  $pK_a$  adatával is a helyes értéket célszerű összehasonlítani. Például annak eldöntésére, hogy a víz vagy a metanol az erősebb sav. Ha a víz  $pK_a$  értékét  $15,7$ -nek vesszük, akkor a metanol egy kicsivel ugyan, de erősebb sav. Azonban a víz  $pK_a$  értéke helyesen  $14,0$ , így a víz tekinthető erősebb savnak. Ez az egyszerű, szerves kémiában jól használható gondolatmenettel is eldönthető.



A metanolban a metilcsoport elektronküldő, az oxigén-szén kötés könnyebben polarizálható, mint a vízben lévő oxigén-hidrogén kötés. Ezért a metanol O-atomja nagyobb elektronsűrűséget visel, nehezebben válik meg protonjától, mint a víz O-atomja. Vagy megfordítva: a metoxid-anion ( $\text{H}_3\text{CO}^-$ ) könnyebben protonálódik, mint a hidroxid-anion ( $\text{OH}^-$ ).

#### IRODALOM

- [1] Silverstein T. P., Heller S. T.;  $pK_a$  Values in the Undergraduate Curriculum: What Is the Real  $pK_a$  of Water? *J. Chem. Educ.* (2017) 94, 690–695.
- [2] Veszprémi T.: Általános kémia. Akadémiai Kiadó. 2015.
- [3] Headrick J. M.; Diken E. G.; Walters R. S. et al.: Spectral Signatures of Hydrated Proton Vibrations in Water Clusters. *Science.* (2005) 308, 1765–1796.
- [4] Neils T. L.; Silverstein T. P.; Schaertel S.:  $\text{H}_2\text{O}(\text{aq})$  Does Not Exist: Critique of a Proof-of-Concept Derivation. *J. Chem. Educ.* (2023) 100, 1676–1679.
- [5] Meister E. C.; Willeke M.; Angst W.; Togni A.; Walde P.: Confusing Quantitative Descriptions of Brønsted–Lowry Acid–Base Equilibria in Chemistry Textbooks – A Critical Review and Clarifications for Chemical Educators. *Helv. Chim. Acta.* (2014) 97, 1–31.
- [6] Neils T. L.; Schaertel S. What is the  $pK_a$  of Water? LibreTexts Chemistry. [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic\\_Chemistry/Supplemental\\_Modules\\_\(Organic\\_Chemistry\)/Fundamentals/What\\_is\\_the\\_pKa\\_of\\_water](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Supplemental_Modules_(Organic_Chemistry)/Fundamentals/What_is_the_pKa_of_water) (accessed Oct. 2022).
- [7] Smith M. B.; March J.: March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure 8th Edition, Wiley, 2020.
- [8] <https://organicchemistrydata.org/hansreich/resources/pka> (accessed Apr. 2022)



Kovács Lajos

■ SZTE Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar, Orvosi Vegytani Intézet | kovacs.lajos@med.u-szeged.hu

# Russell Marker\*

Második rész

„Wo ein Wille ist, [da] ist auch ein Weg”  
(Ahol van akarat, [ott] van út is)

német közmondás

## Magyar–mexikói gyógyszerkapcsolatok a két világháború között és utána

A *Laboratorios Hormona* és a *Syntex* számos különböző nemzetiségű emberrel dolgozott együtt, például az osztrák–amerikai Carl Djerassival (1923–2015), a mexikói Luis Ernesto Miramontesszel (1925–2004), az uruguayi Alejandro Zaffaronival (1923–2014) és sok más kutatóval. A magyar bevándorlók beáramlása igen látványos volt, pl. Carlos Bíró (Bíró Károly), Ladislao Garay (Garay László, sz. 1916), Esteban Rosenberg (Rosenberg István, sz. 1910), Luis Steinfeld (Steinfeld Lajos, sz. 1900), Juan Pataki (Pataki János, sz. 1919), José Erdos Blau (Erdős József), Steve Kaufmann (Kaufmann István, sz. 1916), Nick Vida (Vida Miklós), José Steinhardt (Steinhardt József, sz. 1907) és természetesen a már említett Rosenkranz György, a *Syntex* vezérigazgatója. Meg kell említeni, hogy Rosenkranz, Kaufmann és Pataki mindannyian a neves szteroid-kémikus Leopold Ružičkánál szereztek PhD-fokozatukat. Ennyi magasan képzett ember megjelenése Marker történetében a távoli Magyarországról magyarázatot igényel.

Mexikó nem volt az Amerikába irányuló kivándorlás elsődleges célpontja, de Lázaro Cárdenas elnöksége (1934–1940) alatt sok külföldit fogadott be, különösen a spanyol polgárháború üldözötteit. A politikai akarat azonban nem felelt meg teljes mértékben a közhangulatnak. A két világháború között mintegy 3000 magyar élt Mexikóban, mintegy 60 százalékuk zsidó származású, 15 százalékuk diplomás volt. Mexikóban abban az időben az *húngaro* (magyar) kifejezés szinte a *gitano* (cigány) szinonimája volt, és a cigányokat gyakran *húngarónak* nevezték. Ez számos magyar számára megnehezítette a beilleszkedést,

tekintettel a cigányok alacsony társadalmi státuszára, ezért a katolikus Mexikóban sokan eltitkolták magyar és/vagy zsidó származásukat, gyakran németnek vagy osztráknak vallották magukat (a mexikóiakról alkotott kép Magyarországon akkoriban szintén meglehetősen negatív volt, de ebben más sztereotípiák játszottak szerepet). Mexikó sokáig ingadozott, hogy részt vegyen-e a háborúban, és ha igen, akkor melyik oldalon. A döntő eseményre 1942. május 22-én került sor: a Mexikói-öbölben két olajszállító tartályhajót, a *Potrero del Llanót* és a *Faja de Orót* német tengeralattjárók megtorpedóztak, ami után Mexikó hadiállapotot hirdetett a tengelyhatalmakkal, többek között Magyarországgal. Magyarország és Mexikó között a diplomáciai kapcsolatok is megszakadtak, csak 1974-ben álltak helyre.

A Magyarország és Mexikó közötti gazdasági kapcsolatok a gyógyszeripar kivételével nem voltak jelentősek. Rottenstein (Max) Miksa (sz. 1897, Kiskunfélegyháza) sebészorvos alapította a *Sanyn* gyógyszergyárat, amelynek kereskedelmi igazgatója Rostás Ilona volt (sz. 1904, Kiskunfélegyháza), míg a beszerzésért Stillmann Lajos felelt (sz. 1921, Budapest). A *Sanyn* vállalat később megszűnt. A háttér szempontjából figyelemre méltó, hogy a gyógyszeripart akkoriban Mexikóban a nemzetközi cégek uralták, míg a hazaiak súlya gyenge volt. Csak a Cárdenas-korszakban (1934–1940) kezdtek el protekcionista politikát bevezetni a mexikói gyógyszeripar fejlesztése érdekében.

A két magyar gyógyszergyár, a *Richter Gedeon* és a *Chinoín* mexikói jelenléte sokkal fontosabb volt, mint a *Sanyné*, mivel kitűnő üzleti lehetőséget láttak a mexikói gyógyszeripar létrehozásában, így enyhítve az importált gyógyszerektől való súlyos függőséget. A trianoni békeszerződés következtében Magyarország területe kétharmadával csökkent, és a zsugorodó hazai piac külföldi terjeszkedésre ösztönözte mindkét gyárat. Ennek következtében a *Richter* gyógyszergyár tíz év alatt öt kontinensen mintegy ötven külföldi képviselőt vagy leányvállalatot hozott létre, ami

Richter Gedeon (1872–1944), a szeniális gyógyszeripari vállalkozó merész lépése volt. Somló Imre, a már említett ügyvéd 1927-től képviselte a *Richter* céget, 1934-ben pedig megalakult a *Richter* saját leányvállalata, a *Productos Gedeon Richter S. A.* Ez utóbbinak 1940-ben mintegy 50–100 alkalmazottja volt, igazgatótanácsát pedig Richter bizalmasai, Winkler István, Kiss Jenő és Révész Marcell alkották. A mexikói leányvállalat 35 000 svájci frank biztosításával Richter Gedeon életét is próbálta megmenteni a magyar nyilaskeresztes csapatoktól, de hiába, mert 1944. december 30-án Richter Gedeont a Dunába lőtték. A háború után Richter fia, László két évig Mexikóban élt. A *Richter* céget Mexikóban nagy tisztelet övezte, és Richter László édesapja emlékére 1945-ben Richter Gedeon-díjat alapított a Mexikói Nemzeti Egyetemen, hogy támogassa a kémiai tudományok karának kiemelkedő tehetségű diákjait. 1946-ban Richter László és Winkler István megalapította a *Gedeon Richter Pharmaceutical Products Inc. Co. Ltd.* vállalatot New Yorkban, amely a *Richter* cég leányvállalataként működött Mexikóban. A második világháború, és különösen az, hogy Magyarország és Mexikó ellentétes oldalon harcolt, végleg elválasztotta a leányvállalatot az anyavállalattól, a mexikói leányvállalat végül egy olasz cég kezébe került. 1948-ban a New York-i leányvállalattal is megszakadt a kapcsolat, a céget 1958-ban megszüntették. A *Richter* cég és Marker kapcsolatát jól szemlélteti, hogy miután az utóbbi kivált a *Syntex*-ből, a *Richter* mexikói leányvállalatának vezetőjével közös vállalatot alapított a progeszteron gyártására *Hormosynth* márkanév alatt. Ezt a vállalatot később a *Richter* felvásárolta. Marker a *Hormosynth* tanácsadója maradt 1949-ig, amikor a tőle megszokott határozottsággal befejezte rendkívül sikeres tudományos kutatói pályafutását. Ekkor Marker megsemmisítette minden iratát és jegyzetét, hogy soha többé ne késztessek a tudományos munka folytatására, amit később megbánt, ezért kénytelen volt azoknak az egyetemeknek és laboratóriumoknak a nyilvános feljegyzéseire támaszkodni,

\* A közlemény részletes hivatkozásai a publikáció angol nyelvű változatban található: Lajos Kovács: “The Campfire Stories of Russell Marker, a Pioneer of Chemistry.” *Notes Rec.* 77 (2023): 1–25. <https://doi.org/10.1098/rsnr.2023.0022>. A magyar változat első része az MKL 2024. januári számában jelent meg.



ahol korábban dolgozott. A *Hormosynth* tőkehiány miatt csődbe ment, majd egy *Richtertől* független befektetői csoport *Diosynth* néven újjáélesztette; először a *Wyeth*, majd a holland *Organon* gyógyszeripari vállalat tulajdonában volt.

Marker történetéhez szorosan nem kapcsolódik, de érdemes megemlíteni a *Chinoín* mexikói történetét is. 1923-tól a *Chinoín* Mexikóban Knöpfler György képviselte. A nagy távolságok és a vámok ellenére az üzlet nyereséges volt, de a nagy gazdasági világválság új megoldást követelt, és *Chinoín Productos Farmacéuticos S. A.* néven mexikói leányvállalatot alapítottak. 1932-ben Knöpfler súlyosan megbetegedett, és kezelésre ideiglenesen vissza kellett térnie Európába. Távollétében a laboratóriumot adócsalás miatt feljelentették, és a mexikói hatóságok mindent lefoglaltak. A *Chinoín* anyavállalat kemény munkával meg tudta menteni a raktározott termékeket, de a cég soha nem tudta behajtani a már eladott árukért Knöpflernek járó pénzt, mert anyagi csődbe ment. A *Chinoín* 10 000 peso, valamint a kapcsolattartók és vásárlók listája ellenében lemondott a pereskedésről, hogy folytatni tudja az értékesítést Mexikóban. A *Chinoín Productos Farmacéuticos S. A.* élére később Kuthy Goebel József (sz. 1895, Székesfehérvár) került, aki 1984-ben bekövetkezett haláláig töltötte be ezt a pozíciót. A leányvállalat nagyon sikeres volt, 1937-ben szükségessé vált a cég alaptőkéjének emelése a növekedés érdekében. A második világháború a *Chinoín* számára is döntő fordulópontot jelentett. A részvényeket elkobozták, az anyavállalat és a leányvállalat közötti kapcsolatot megszakították és a mexikói leányvállalat függetlenné vált (1946). A magyar kapcsolatok azonban nem tűntek el teljesen, sőt, részben azért maradtak meg, mert a dolgozók közül sokan magyar gyökerekkel rendelkeztek, hiszen a *Chinoín* vezetőségének több tagja a második világháború után Mexikóba költözött, és fontos szerepet játszott a mexikói cég életében. Külön kiemelendő Ungár Endre (sz. 1890, Budapest) vegyész mérnök, a magyar gyár egykori vezérigazgató-helyettese és Strasser Ottó (sz. 1890), a *Chinoín* alapítójának, Wolf Emilnek (1886–1947) az örököse. A *Chinoín Productos Farmacéuticos S. A.* vállalat ma is a mexikói gyógyszeripar fontos szereplője.

Figyelemre méltó, hogy a szteroidipart egy fejlődő országban alapították meg (és terjesztették ki később a gyógyszeriparra), ahol a szakemberek hiánya komoly akadályt jelentett. Ezt a helyzetet először képzett munkaerő behozatalával lehetett le-

küzdeni, főként a háború sújtotta Európából és az Amerikai Egyesült Államokból. Később Rosenkranz és munkatársai Mexikóvárosban képzési programokat is kezdeményeztek, beleértve a szerves kémia doktori képzését (akkoriban ez Mexikóban nem létezett), ami jelentősen hozzájárult a mexikói szteroidipar fejlődéséhez. Ebben az összefüggésben az említett bevándorló kutatók folytatták a Marker által megkezdett munkát a helyi munkaerő képzése érdekében.

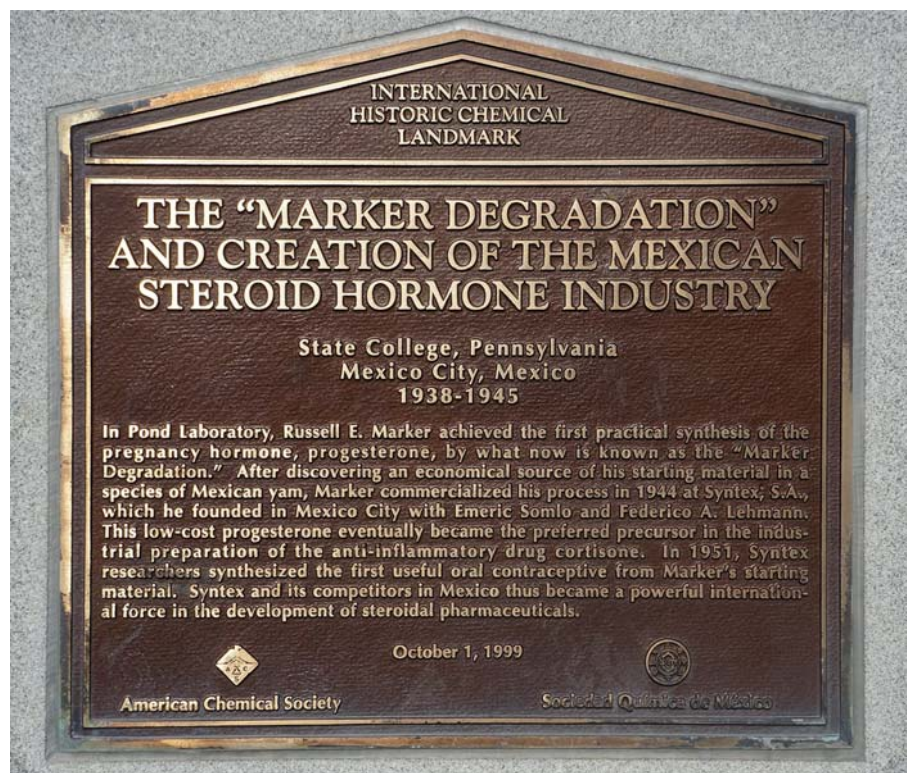
### A „visszavonult vegyész” és a megkésett elismerés

Marker mintegy húsz évre gyakorlatilag eltűnt a tudományos életből és számos pletyka keletkezett, többek között az is, hogy meghalt. Marker *oral history*-interjújából tudjuk, hogy titkos küldetéseket hajtott végre az amerikai és a mexikói kormány számára, de ezek természetéből adódóan valószínűleg soha nem fogjuk megtudni az igazságot. A pénzkeresés mellett Marker újonnan felfedezett hobbjának is hódolhatott, és élete második felében három ezüstműves mester, a francia Thomas Germain, fia, François és az angol Paul de Lamerie régi műtárgyai alapján ezüsttálat készíttetett mexikói ezüstművesekkel. A legtöbb esetben a modellek távoli múzeumokból származó másolatok voltak, de

néha a tárgyakról készült festmények alapján újraalkották a már nem létező darabokat, például a francia forradalom idején Madame de Pompadour által beolvasztott egyik tálat. Néhány ilyen projekt több mint egyévnnyi aprólékos munkát igényelt. Ezüst-replikái olykor híres tulajdonosokhoz kerültek, például John Wayne színészhez és Richard Nixon amerikai elnökhöz. Egy alkalommal Marker felajánlott néhány tálat a Pennsylvanai Állami Egyetem múzeumának, de ők elutasították, mondván, hogy nem érdeklő őket semmilyen másolat. Egy philadelphiai múzeum megvizsgálta három ilyen tárgyat, és 450 000 dollárra becsülte értéküket. Végül Marker a fiainak adta őket. A maja és azték műalkotásokban is nagy örömet lelt. Marker rendszeresen visszatért Mexikóba, a téli hónapokat ott töltötte, hogy enyhítse izületi fájdalmait.

A Markert övező legendák újjáéledtek, amikor 1969. április 23-án a Mexikói Kémiai Társaság a Mexikóvárosban megrendezett *6th International Symposium on the Chemistry of Natural Products* konferencián kitüntette őt a mexikói szteroidipar megteremtéséhez való páratlan hozzájárulásáért. A *First Chemical Congress of the North American Continent* rendezvényen (1975) Marker kitüntetését kapott életművéért, amelyet a hormonkémia amerikai úttörőjeként és a mexikói szteroidipar megalapítójaként végzett. Az antik

1. kép. International Historic Chemical Landmark emléktábla a Pennsylvanai Állami Egyetem Pond Laboratóriumában, State College, PA. Az Amerikai Kémiai Társaság jóvoltából





2. kép. Tlalok szobra Mexikóvárosban a Nemzeti Antropológiai Múzeum előtt (2014). A szobor homlokán lévő „MA” felirat a kép alján nagyítva látható (Sandra Rozental felvétele)

ezüst műtárgyak másolataiból származó bevételek segítségével alma materében, a Marylandi Egyetemen megalapíthatta a *Russell E. Marker Outstanding Freshman Award*-ot, a *Russell Marker Lecture*-sorozatot, valamint a Pennsylvániai Állami Egyetem (1953-ig Pennsylvániai Állami Főiskola) *Eberly College of Science Marker Lecture* sorozatát, amely 1984 óta a természettudományok legkülönbözőbb területein dolgozó kutatók eredményeit mutatja be. Markert a Pennsylvániai Állami Egyetem tiszteletbeli öregdiákjává nevezte ki. 1987-ben a Marylandi Egyetemen, ahol 1926-ban nem szerezte meg a doktori fokozatot, Marker díszdoktori címet kapott. Ő és néhai felesége tiszteletére a Pennsylvániai Állami Egyetemen 1987-ben létrehozták a *Russell and Mildred Marker Professorship of Natural Products Chemistry* címet. A mexikói állam Markert 1970-ben az Azték Sas-renddel is ki akarta tüntetni, de ő, hű maradván ingerlékeny természetéhez, ezt visszautasította. Marker bizonyára emlékezett arra a rossz fogadtatásra, amelyet első mexikói útjai során kapott.

Russell Marker 1995. március 3-án halt meg csípőtörés szövődményei következté-

ben. Két fia, Russell és James, húga, Alice Jensen és négy unokája élte túl.

1999-ben az Amerikai Kémiai Társaság a Mexikói Kémiai Társasággal közösen két emléktáblát (*International Historic Chemical Landmark*) helyeztet el a Pennsylvániai Állami Egyetem területén és a mexikóvárosi egykori *Syntex* gyár területén, amelyek a forradalmi jelentőségű Markerlebontásnak állítanak emléket (1. kép). A szteroidkutatás 2019-ben egy másik *International Historic Chemical Landmark* emléktáblát is kiérdemelt az *Upjohn Company* innovációiért, amelyek megnyitották az utat az olyan szteroidok előtt, mint a hidrokortizon, amelyet bőrkiütések és más gyulladások kezelésére használnak.

### Marker és „Tlalok”

Marker *Botanica-Mex*ben végzett tevékenységét különös történet keretezi. Miután 1945-ben megszakította üzleti kapcsolatait Somlóval és Lehmannal, a Mexikóvároshoz közeli San Miguel Coatlinchánba ment dolgozni, az ősi azték kultúra korabeli központjába, Texcocoóhoz közel, mert ott olcsó volt a munkaerő és bőséges a víz.

Egy alkalommal a munkatársai panaszkodtak, hogy nagyon messziről kell utazniuk a munkahelyükre, és arra kérték Markert, hogy vegyen nekik kerékpárt. Marker ezt meg is tette, de a biciklik árát levonta a fizetésükből. A „nagylelkű” ajánlatnak megörülve a munkások részegre itták magukat, és az éjszaka közepén elkezdtek jöte-vőjük nevét felvinni egy közeli kőbányában talált szoborra, amely állítólag Tlalok (Tlaloc), az eső és a mezőgazdasági termékenység azték istene volt. A zaj felébresztette a környék lakóit, akik elkergették a munkásokat, mielőtt Marker nevének első két betűjénél többet faraghattak volna. Így Marker neve szó szerint beírta magát a mexikói történelembe. A legtöbb mexikói nem ismeri ezt a történetet, és Coatlinchán lakóinak saját értelmezése van az „MA” felirat eredetéről.

Tlalok szobra később kiemelt helyre került. 1963 májusában az akkori mexikói elnök, Adolfo López Mateos (1909–1969) elrendelte, hogy a szobrot a Mexikóvárosban épülő Nemzeti Antropológiai Múzeumban állítsák ki. San Miguel Coatlinchán vezetői a lakosság megkérdezése nélkül beleegyeztek ebbe azzal a feltétellel, hogy cserébe a kisváros számos infrastrukturális beruházást kap. A szállítást 1964. február 23-ra tervezték, de a kisváros lakói megakadályozták, mert nem kapták meg az ígért beruházásokat, és attól tartottak, hogy a kultikus szobor eltávolítása szárazságot okoz. A hadseregnek kellett közbelépnie; végül három hónapos katonai beavatkozás után, 1964. április 16-án megkezdődött a szobor áthelyezése. A 7 méter magas és 167 tonna súlyú bazaltból készült szobor szállítása komoly mérnöki teljesítmény volt. Az évek ez az időszaka általában száraz szokott lenni, de ez alkalommal több napon át tartó, özvízszerű esőzések voltak, amit a mélyen vallásos mexikóiak az esőisten bosszújának tekintettek. A szobor eredetileg tervezett helye a múzeum udvarának közepén volt, de méretei és szimbóluma indokolták, hogy inkább az épületen kívül helyezték el. Egy alternatív magyarázat szerint a monolit végleges helye a múzeum előtt a coatlinchánbeliek szabotázsja által okozott késedelem közvetlen következménye volt. A múzeumot 1964. szeptember 17-én nyitották meg, a monolit jelenleg is a bejárat előtt áll, a már említett „MA” felirattal, amely a 2011–2014-es restaurálás után is látható (2. kép).

A szobor Mexikó nemzeti szimbóluma lett, áthelyezése újjáélesztette az esőisten kultuszát. Tlalok számos helyen megjelenik, többek között az Amerikai Egyesült





Államok és Mexikó között a Rio Grande folyónál, a *Presa de la Amistad* (Barátság gát) nevű, 1965–1968-ban épített gátnál, egy 11 méter magas szobor formájában. San Miguel Coatlinchán lakói nem nyugodtak bele szobruk elvesztésébe, és 2007-ben a város főterén felállították a monolit életnagyságú másolatát. Az eseményeket egy 2013-as dokumentumfilm is megörökítette [*La piedra ausente* (A hiányzó kő)]. Egyes kutatók vitatják, hogy a szóban forgó szobor valóban Tlalokot ábrázolja, nem inkább női megfelelőjét, Csalsciutlikvét (Chalchiuhtlicue), a tavak és patakok istennőjét. A monolitot valószínűleg i. sz. 400–800 között faragták, az aztékok fénykora előtt.

### Marker személyisége és teljesítménye

Szükséges, makacs, haragtartó, ingerlékeny, különc, csökönyös, tekintélyromboló – ezt a véleményt gyakran hangoztatják azok, akik úgy írtak Markerről, hogy nem feltétlenül találkoztak vele személyesen. Ki volt ez a rejtélyes személyiség? „Russell Markerről talán minden más vegyésznél több történetet mesélnek. Bár e történetek közül sok apokrif, mégis annyira lenyűgözőek, hogy a legtöbben nem győzzük ismételtetni őket. Ez a szakmánk szóbeli története, amelyet továbbadunk kollégáinknak és tanítványainknak. Ezek azok a tárbortúzi történetek, amelyek összekötik a szakmánkat” – mondta költőien Steven M. Weinreb, a Pennsylvaniai Állami Egyetem *Russell and Mildred Marker Professor of Natural Products Chemistry* cím tulajdonosa 1999. október 1-jén, a Marker-lebontásnak emléket állító *International Historic Chemical Landmark* felavatásán.

Russell Marker megszállott kutató volt, erős munkamorállal; közismert volt róla, hogy 72 órát dolgozott egyhuzamban a laboratóriumban. Kollégáival együtt számos szteroidot nyert ki és azonosított több száz mexikói növény hatalmas mennyiségéből, igen nehéz körülmények között. Közismerten makacs, a tekintélyt soha nem tisztelő – apjával, Morris Kharaschsal, Louis Fieserrel, a Nobel-díjas Adolf Butenandttal és a Rockefeller Intézet igazgatójával is hajlandó volt vitába szállni, ha úgy érezte, hogy igaza van; az utókor és az eredmények a legtöbb esetben őt igazolták. Rendkívüli memóriával rendelkezett, nagyon gyors és visszafordíthatatlan döntéseket hozott,

amelyek egész további életét meghatározták (saját szavait idézve: „Mindent hirtelen hagyok abba.”). Marker fanatikus céltudatossága és munkája lehetővé tette a különböző szteroid-alapanyagok gazdaságos és nagyüzemi előállítását. Élete végén kisé megkeseredett, mert mások aratták le munkájának gyümölcsét. Alázatos maradt eredményei előtt, 1969-ben így fogalmazott: „Amikor 1949-ben, öt év mexikói termelés és kutatás után visszavonultam a kémiaiól, úgy éreztem, hogy elértem, amit elhatároztam. Megtaláltam a szteroid hormonok alacsony áron történő, nagy mennyiségű előállításának forrásait, kidolgoztam a gyártási folyamatot és termelésbe állítottam őket. Számos versenyképes vállalat létrehozásában segítkeztem, hogy a nyilvánosság számára tisztességes árat biztosítsak, a gyártók szabadalmi védelme és jogdíjak nélkül. Mióta 20 évvel ezelőtt nyugdíjba vonultam a laboratóriumból, soha nem tértem vissza a kémia vagy a szakértői tevékenység területére, és nincs részvényem egyetlen hormonkészítménnyel foglalkozó vagy azokhoz kapcsolódó vállalatban sem.”

Nehéz elhinni, hogy Marker elérte minden életcélját, hiszen miután visszavonult a kémiaiól, forradalmi események történtek a szteroidiparban (a szteroid gyógyszerek kifejlesztése, pl. kortizon, fogamzásgátló tabletták). Vannak árulkodó jelek arra, hogy megbánta a visszavonulását: levelezése azt bizonyítja, hogy 1975 után újra kereste a kapcsolatot a tudományos közösséggel és a *Syntex Corporation*nal. Egy 1983-as levelében elismerte: sajnálja, hogy megsemmisítette iratait és jegyzeteit. Marker története példa a kémiai belüli tudományágak határainak átlépésére (a szénhidrogénektől a sztereo-kémiaiáig, majd a szteroidokig, a természetes anyagok szintéziséig és izolálásáig), sikeres kirándulásait más tudományterületekre (botanika, biogenetikai összefüggések) a versengő pénzügyi érdekeket több emberrel való összeütközése kísérte. A határok átlépése mindig a hatalommal való szembeszegülést jelenti, és Markernek ezt számos alkalommal megtapasztalhatta. Ezek a konfliktusok nem tántorították el attól, hogy belső készletét kövesse, de minden bizonnyal hozzájárultak ahhoz a döntéshez, hogy váratlanul abbahagyja szeretett szakmáját. Végző soron mindenki sebezhető. A tudományos munka megfelelő gazdasági, tudományos és társadalmi feltételeket igényel. Markernek keményen meg kellett dolgoznia az eredményeiért, és az említett feltételek nagyon gyakran messze álltak az ideálistól.

Azt is fontos megjegyezni, hogy munkájának megfelelő elismerése sokáig hiányzott, és csak jóval tudományos pályafutása befejezése után érkezett meg. Marker szerény ember volt, de nyilvánvaló, hogy munkájának megkésett elismerése őt is befolyásolta, és ez a késedelem is hozzájárult ahhoz, hogy idő előtt abbahagyta tudományos kutatásait. Ahogyan Francis Fukuyama filozófus rámutatott: „[...] mindenki arra törekszik, hogy embertársai elismerjék (azaz valódi értéke szerint becsüljék) a méltóságát. Sőt ez az ösztön olyan mélyen gyökeredzik és olyan alapvető fontosságú, hogy az egész történelmi folyamat egyik fő hajtóerejének kell tekintenünk. [...] Ehhez a fajta elismeréshez az egyének nem elegendők: csakis társadalmi közegben érhető el.”<sup>2</sup> A tehetséges emberek megbecsülése nem egyszerűen erkölcsi kérdés, hanem egy közösség önértékének a felismerése, amennyiben a közösség elfogadja, hogy a kreatív gondolkodókat elismernie és támogatnia kell, mert ezek az emberek tehetségük kibontakoztatása révén képesek lehetnek az őket segítő közösség felemelkedésében meghatározó szerepet játszani a kezdeti támogatást messze meghaladó mértékben.

Úttörő munkájáért némileg kárpótolta az a sok kitévés, amelyet élete végén kapott. Marker nem tekinthető magányos hősnek. Erős jelleme, szívóssága, kivételes kitartása, hirtelen és visszavonhatatlan döntései nem kedveztek azon eredményeinek megfelelő értékelésének, amelyeket kutatói és segítői csapatával együtt ért el. Munkája nélkül a független mexikói szteroidipar kialakulása *jelentősen késett volna*. Az is példátlan volt, hogy ez a fejlődő országból származó kutatás és fejlesztés *világszerte* átalakította a szteroidipart. Marker különc személyisége nem könnyítette meg a karrierjét, és sorsa *A remény rabjai* c. film egyik szállóigévé vált mondatára emlékeztet: „Vannak madarak, amelyeket nem szabad ketrecbe zárni, a tollaik túl fényesek...”



**Köszönetnyilvánítás.** Köszönet illeti a *Science History Institute*-ot (korábban *Chemical Heritage Foundation*, Philadelphia, PA, USA), a ZDF televíziót (Mainz, Németország), Alexandra Bainbridge-et (Pennsylvaniai Állami Egyetem Archívuma, Eberly Family Special Collections Library, University Park, PA, USA), Bozsó Zsoltot, Csúpor Dezsőt (Szegedi Tudományegyetem, Magyarország) és Sandra Rozentalt (Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad Mexico, Mexikó) az általuk rendelkezésre bocsátott fontos forrásokért és hasznos tanácsokért. Ezt a munkát a Magyar Tudományos Akadémia 472021 sz. Tantárgypedagógiai Kutatási Programja (2016–2021) támogatta.

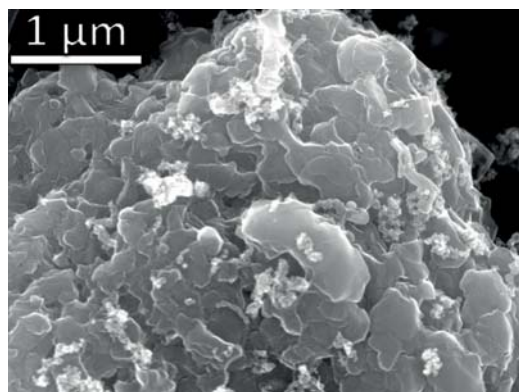
<sup>1</sup> Francis Fukuyama: *Bizalom. A társadalmi erények és a jólét megteremtése*. Budapest: Európa Könyvkiadó, 2007. 18–19. o.

TÚL A KÉMIÁN

## Kulturális és tengerszintváltozás Ausztráliában

A batimetria, vagyis a tengerek mélységének pontos, tudományos igényű mérése látványos új eredményeket ért el az ausztrál partok mentén. A földrészt körbevevő, ma sekély tengerrel borított Szahul-self, amelynek legnagyobb része a kontinens északi szélé és Pápua Új-Guinea között található, még a terület benépesülésekor is nagyrészt szárazföld volt. A self elárasztása két szakaszban történhetett, az első mintegy 14 ezer évvel ezelőtt öt évszázadig tartott, a második pedig a 12 és 9 ezer évvel ezelőtti három évezredben ment végbe. Modellszámítások és az ismert archeológiai adatok összevetése azt mutatja, hogy ebben az időszakban a Szahul-selfen számottevő népcsoport-vándorlások indultak be, illetve az egyes emberi populációk jelentős életmód-változtatásra kényszerültek.

*Quat. Sci. Rev.* 324, 108418. (2024)



## Hulladék-hidrogén

A műanyag-hulladék sok formája kitűnően alkalmas a társadalom kemofóbiájának szitására, de egy hozzáértő vegyész kezében akár értékes nyersanyaggá is válhat. Ennek adta remek példáját egy Houstonban dolgozó kutatócsoport által kidolgozott eljárás, amely során polietilén-hulladékot keverték kis mennyiségű grafitporral, majd a „flash Joule heating” nevű módszert alkalmazták, vagyis áram segítségével egy kvarccsőben néhány másodperc alatt több ezer Celsius-fokra melegítették az elegyet. Ilyen körülmények között a műanyag hidrogéntartalmának bő 90%-ából elemi hidrogén keletkezett, míg a széntartalom jelentős része grafén alakult. Ez utóbbi termék kereskedelmi értéke önmagában is fedezte az eljárás teljes költségét, így a keletkező hidrogént akár ingyenes mellékterméknek sem túlzás tekinteni.

*Adv. Mater.* 35, 2306763. (2023)

## CENTENÁRIUM



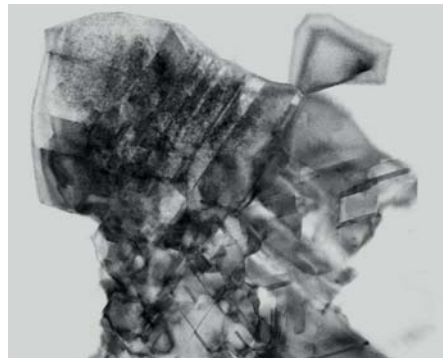
Henry Gilman, Corliss R. Kinney: The Mechanism of the Reaction of Isocyanates and Isothiocyanates with the Grignard Reagent *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 46, pp. 493–497. (1924. február 1.)

Henry Gilman (1893–1986) amerikai kémikus volt. A fémorganikus kémia megalapítójaként tartják számon, róla neveztek el a  $Li[CuR_2]$  képletű Gilman-reagenst. A Harvard egyetemen szerzett doktori fokozatot 1918-ban, képzése alatt Zürichben és Oxfordban is gyűjtött tapasztalatokat. 1919-től haláláig az Iowa állambeli Amesben dolgozott az Iowa State Universityn, ahol a kémiai épület ma az ő nevét viseli.

## Öngyógyító gyémánt

A gyémánt a legkeményebb természetes anyagok egyike, de ehhez képest elég törékeny, s ez a sajátság egyes ipari felhasználásokhoz a legkevésbé sem előnyös. Kínai tudósok a közelmúltban szintetikus, nanoikresnek nevezett, drótszerű változatát állították elő. A drótszálakat kihúzva, majd a feszítőerőt megszüntetve megfigyelték, hogy a parányi hasadásokon létrejövő új felületeken a szénatomok között vonzóerők működnek: ezek hasonló módon gyógyították meg a sérülést, mint ahogy az emberi csont összeforr. Így aztán a gyémántalkatrészek törésállóságát megfelelő nanoszerkezetek kialakításával valószínűleg jelentősen növelni lehet majd.

*Nat. Mater.* 22, 1317. (2023)



## APRÓSÁG



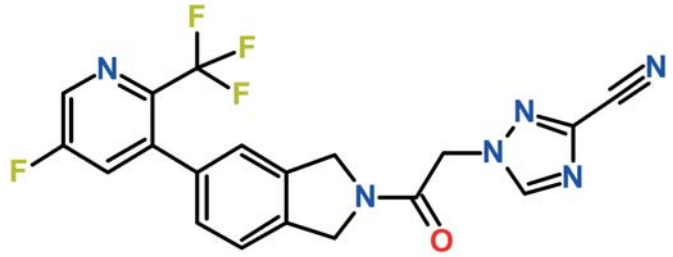
A 2024-es Nemzetközi Kémiai Diákolimpiát Szaúd-Arábia rendezte.



## A HÓNAP MOLEKULÁJA

A CT-3 jelzésű molekula ( $C_{19}H_{12}F_4N_6O$ ) a *Trypanosoma cruzi* parazita által okozott, évi 6–7 millió embert érintő betegség kezelésében kaphat nagy szerepet. A molekulát a Novartis gyógyszer-cég kutatói fejlesztették ki: elsőként mintegy kétmillió jelöltet teszteltek, majd a legjobbnak talált szerkezetet szisztematikusan továbbfejlesztették. A vegyület a parazita topoizomeráz II nevű enzimének inhibitora, így gátolja a sejtosztódást.

*Science* 380, 1349. (2023)



## A sárgarépaszín evolúciója

Egy földrajzi merítésében is igen nagy ívű tanulmány a sárgarépa házasodásának genetikai hátterét vizsgálta meg. Az elemzés szerint a növényt a kora középkorban vehették mezőgazdasági művelésbe közép- és nyugat-ázsiai területeken, de a narancsszín kifejlődése már a nyugat-európai reneszánsz kor terméke lehetett. Az  $\alpha$ - és  $\beta$ -karotint kódoló gének recesszív sajátságúak, így a szín állandósodásához a genetikai változékonyság jelentős csökkenésére is szükség volt.

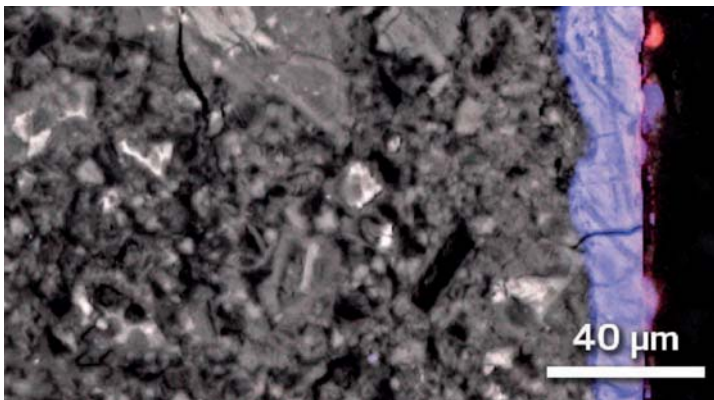
*Nat. Plants* 9, 1643. (2023)



## Betonbevonat atomerőművekhez

A nukleáris reaktorok betonfalai több évtizedes működés alatt nagy mennyiségű radioizotópot köthetnek meg, amelynek a környezetbe kerülését az erőmű bontásakor mindenképpen meg kell előzni. Ennek egy korábbinál hatékonyabb módja lehet az, ha ultravékony hidroxipatit-védőréteget visznek fel a felületre, amely megakadályozza a mélyebben lévő betonrészek szennyeződését. Ez a bevonat a felszínről mechanikai úton eltávolítható, és a védett betont akár újra fel lehet használni. A vékony réteg kialakítása úgy történik, hogy néhány napra két különböző oldatba áztatják a betontömböket.

*Sci. Rep.* 13, 11136. (2023)



## Exobolygó egy kis kénfüsttel

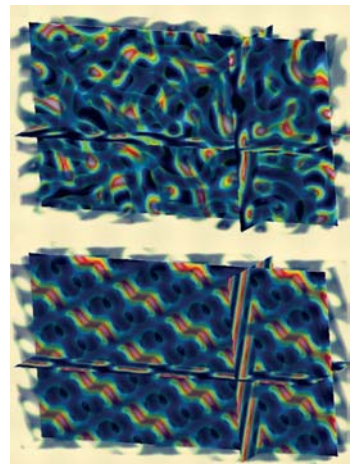
A 2017-ben felfedezett WASP-107b a Földtől mintegy 200 fényévre lévő exobolygó, amely a Szűz csillagkép egy, a Földről nézve igencsak halovány csillagja körül kering. A bolygó mérete a Neptunuszhoz hasonló, de klímája forró: felszíni hőmérséklete megközelíti az 500 °C-ot. A James Webb űrtávcső infravörös detektorával sikerült kimutatni, hogy a WASP-107b légkörében jelentős mennyiségű kén-dioxid van, amely nagy valószínűséggel fotokémiai folyamatokban keletkezik. Ugyanezek a mérések szilikátokból álló felhők és vízgőz jelenlétét is igazolták, metánt viszont nem találtak. Összességében a légkör kémiai szempontból aktív, egyensúlytól távoli rendszernek bizonyult, amely valószínűleg további meglepetéseket is tartogat még.

*Nature* 625, 51. (2024)

## Nanométernökség blokk-kopolimerekben

A blokk-kopolimerek akár spontán módon is alkotnak rendezett nanoszerkezeteket, de ezek kialakulásának szabályozása elég összetett feladat. Az egyik kulcsprobléma az ilyen típusú makromolekulák reprodukálható előállítás. Ezen a téren jelent hatalmas javulást egy közelmúltban publikált eljárás, amelyben többféle végcsoportot használtak a két különböző monomerből képződő blokkok összekapcsolására. Ellentétben a korábbi, hasonló erőfeszítésekkel, az új módszerrel könnyen felismerhető szabályok révén előre tervezett módon, összetett szerkezeteket sikerült létrehozni.

*Science* 383, 70. (2024)





# Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott három kiemelt publikáció foszfinátok és foszfinsav-amidok egymásba alakításával, az elektrolizálócella központi eleme, a membrán-elektrod együttes legfontosabb tulajdonságaival és kvantumkémiai soktestmódszerek felületkémiai felhasználásával foglalkozik.

**Perczel András**

az MTA rendes tagja, osztályelnök

Foszfinsav-származékok mikrohullámmal segített, ionfolyadék által katalizált aminolízise és alkoholízise; foszfinátok és foszfinsav-amidok egymásba alakítása

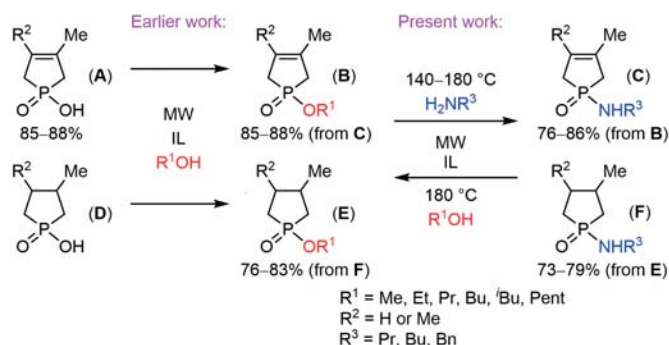
*Green Chemistry*, 2023

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/GC/D3GC02711B>

György Keglevich, Nikolett Harsági, Sarolta Szilágyi

Department of Organic Chemistry and Technology, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

A szerzők egy klórmentes egyszerű eljárást dolgoztak ki alkilamino-3-foszfolén-oxidok előállítására és alkilamino-foszfolén-oxidok diasztereoselektív szintézisére a megfelelő gyűrűs foszfinátok mikrohullámmal segített és ionfolyadékkal katalizált aminolízisével. Az ellentétes reakciót, a gyűrűs foszfinsav-amidok alkoholízisét szintén megvalósították. A foszfinátok és foszfinsav-amidok egymásba alakíthatósága általánosabb érvényű lehet.



Membrán-elektrod együttesek elektrokémiai CO<sub>2</sub> redukcióhoz: alapvetések és alkalmazások

*Angewandte Chemie International Edition*, 2023

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ange.202302789>

Zheng Zhang<sup>1,2</sup>, Xin Huang<sup>1</sup>, Zhou Chen<sup>1</sup>, Junjiang Zhu<sup>1</sup>, Balázs Endrődi<sup>3</sup>, Csaba Janáky<sup>3</sup>, Dehui Deng<sup>2</sup>

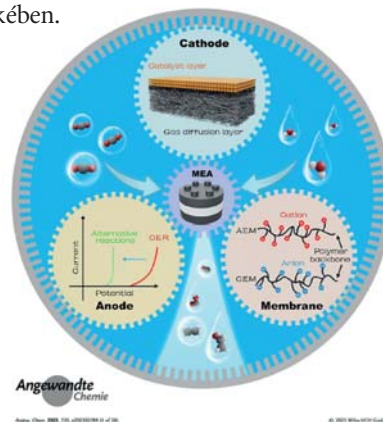
<sup>1</sup>Hubei Key Laboratory of Biomass Fibers and Eco-dyeing & Finishing, College of Chemistry and Chemical Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan, China

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Catalysis, Collaborative Innovation Center of Chemistry for Energy Materials, Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Science, Dalian, China

<sup>3</sup>Department of Physical Chemistry and Materials Science, University of Szeged, Hungary

Az elektrokémiai CO<sub>2</sub>-átalakítás gyorsan növekvő tudományterület, mivel az ilyen típusú technológiák egyszerre teszik lehetővé különböző vegyipari platform-molekulák (pl. szén-monoxid,

etilén) előállítását és a CO<sub>2</sub> hasznosítását. A közleményben a szerzők összefoglalták az elektrolizálócella központi eleme, a membrán-elektrod együttes legfontosabb tulajdonságait, a kihívásokat, és azonosították a lehetséges fejlesztési irányokat az iparosítás érdekében.



A pontos kvantumkémiai soktestmódszerek felnőttek a felületkémia kihívásaihoz: a számítások és a mérések összhangba kerültek

*Journal of the American Chemical Society*, 2023

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.3c09616>

Benjamin X. Shi<sup>1</sup>, Andrea Zen<sup>2</sup>, Venkat Kapil<sup>1</sup>, Péter R. Nagy<sup>3</sup>, Andreas Grüneis<sup>4</sup>, Angelos Michaelides<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yusuf Hamied Department of Chemistry, University of Cambridge

<sup>2</sup>Department of Earth Sciences, University College London

<sup>3</sup>Department of Physical Chemistry and Materials Science, Budapest University of Technology and Economics

<sup>4</sup>Institute for Theoretical Physics, TU Wien

A molekulák felületi kötődése kritikus például a heterogén katalízis vagy a gáztárolás leírásában. A 20 éve halmozódó eltérések után először sikerült 3 fejlett számítást és 3 újraértelmezett mérést azonos eredményre hozni a reprezentatív MgO-felületen kötött CO esetén. Különösképpen a BME-n a nyílt MRCC programban fejlesztett LNO-CCSD(T) módszerünkkel sikerült eddig elérhetetlen pontosságú számításokat végezni széles körben elérhető költséggel, ami új utat nyit a pontos felületkémiai modellezésben.





MESSE  
MÜNCHEN

# A jövő laboratóriumának lehetőségei

Laboratóriumi trendek, innovációk & know-how

A laboratóriumok világa gyorsan fejlődik - az analytica kiállításon Ön az innováció középpontjában áll. A világ vezető szakvására a laboratóriumi technológia, analitika és biotechnológia területén 55.000 m<sup>2</sup>-en nyújt teljes áttekintést az iparágról. Találkozzon piacvezetőkkel és szakértőkkel, fedezze fel a világújdonságokat, ismerje meg az Ön igényeinek megfelelő optimális megoldásokat.



**analytica**

we create lab

Információ: Promo Kft., Müncheneri Vásárképviselőt  
+36 1 224 7764 | messemunchen@promo.hu

2024. április 9-12., München

[analytica.de](https://analytica.de)



## MKE 4. Nemzeti Konferencia

A Magyar Kémikusok Egyesülete alapításának 100 éves évfordulóján, 2007-ben az ünnepi tudományos konferencián 800 kémikus találkozott, és a rendezvényen a kémia szinte minden területe bemutatta legjobb eredményeit. Az ünnepi rendezvény nagy sikere adta az ötletet, hogy az Egyesület 2011-ben, a Kémia Nemzetközi Évében Sopronban indítsa útjára új konferenciasorozatát „MKE Nemzeti Konferencia” néven. A négyévenkénti gyakorisággal megrendezendő konferenciák célja, hogy a magyar kémikusok által képviselt sokszínű szakmai tudás a kutatás, az ipari gyakorlat és az oktatás területéről megismertetésre kerüljön a kémikusok tág közösségével.

Az elmúlt egy évtized alatt a konferencia rendezvényei rendre a kémiát érintő nemzetközi évek ünnepi eseménysorozatának részei voltak. Az MKE 2. Nemzeti Konferencia 2015-ben a Fény Nemzetközi Éve programsorozathoz kapcsolódva Hajdúszoboszlón került megrendezésre. A harmadik Nemzeti Konferenciát 2019-ben, a Periódusos Rendszer Nemzetközi Évében Egerben tartottuk.

Az MKE 4. Nemzeti Konferenciáját ismét Egerben tartottuk 2023. július 10. és 12. között, „Innováció – alapkutatástól a megvalósításig” mottóval. A konferenciának most is az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem adott otthont társszervezőként. Az előadások a gyönyörű díszteremben hangzottak el, a posztereket és a 7 kiállítót a tágas folyosón helyeztük el, így a poszterek megtekintésére és a kiállítók meglátogatására az üdvözlő fogadás és a kávészünetek alatt is lehetőség nyílt.

A tudományos program nagyon tartalmas volt. A szervezőbizottság fontosnak tartotta, hogy ne legyenek párhuzamos szekciók – hiszen ennek a konferenciasorozatnak épp az az egyik kiemelt célja, hogy minden résztvevő meghallgathasson minden előadást, ugyanakkor lehetőleg minden előadást bejelentő lehetőséget kapjon a megszólalásra. A 150 résztvevő 10 plenáris, 6 meghívott előadó eredményeiről kapott információt, valamint 22 szóbeli előadás hangzott el. A 37 bejelentett poszterszerző közül 13 élt a Flash poszterbemutató lehetőségével.



Két kiemelt témáról kerekasztal-megbeszélést szerveztünk: a kémiaoktatásról Dr. Murányi Zoltán moderátor vezetésével, a környezetvédelem aktuális kérdéseiről (akkumulátorgyártás, elektromobilitás) Dr. Ágoston Csaba, Dr. Domokos Endre, Dr. Nagy Sándor vitaindítójával.

A konferencia méltó alkalmat adott tudományos díjak átadására. A Náray-Szabó István Tudományos Díjat Dr. Kotschy András,



SARKADI LIVIA ÉS MIKA LÁSZLÓ TAMÁS



KOTSCHY ANDRÁS ÁTVESZTI A DÍJÁT

a Kálmán Alajos Tudományos Díjat Dr. Berényi Attila, a Török Tibor Díjat Prof. D’Ulivo Alessandro vehette át.

A jó hangulatú esemény bankettje a Korona Borházban rendezett borkóstolós vacsora volt.

A konferencia sikeréhez nagyban hozzájárultak az EUROAPI Hungary Kft., a Richter Gedeon Nyrt., a Magyar Tudományos Akadémia, a Servier Kutatóintézet Zrt. Köszönjük a támogatást.

**A szervezők**

## Kozmetikai szimpózium, 2023

2023 novemberében a Kozmetikai és Háztartásvegyipari Társaság ismét megrendezte az évente ismétlődő tudományos tanácskozást, mely fő hangsúllyal a kozmetológia, dermatológia, gyógyszerkémia, valamint az alapanyag- és technológiakínálat területéről szervez előadókat.

Budapesten évek óta a Hotel BARA ad otthont a szimpóziumnak, ahol a 80–100 fős rendezvény résztvevői szinkrontalálkozó mellett általában 14 előadást hallgatnak meg, valamint személyesen találkoznak neves külföldi cégek hazai képviselőivel, termék-, alapanyag- és technikai bemutatóival.

A hagyományos kutatási témák mellett egyre inkább hangsúlyt fektetünk a területünket érintő környezetvédelmi célok és eredmények bemutatására is.

Jelentős eredménynek tartjuk azt is, hogy a modern fizikai és biokémiai vizsgálati módszerek alkalmazói szívesen vesznek részt a rendezvényeinken, bemutatva a bőrdiagnosztizálás céljából végzett mérések, például MRI vagy NMR-spektroszkópia alkalmazását és elért eredményeiket.



Röviden ismertetem az elhangzott előadásokat.

**Balogh-Weiser Diána** (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)

„Nanomaszk – Új lehetőségek a bőrgyógyászatban, kozmetikai kezelésekben” c. előadásában új hatóanyag-hordozóról számolt be.

A bőrgyógyászatban és a kozmetológiában a hatóanyagok felszívódása több tényező függvénye. A gélek, krémek, kenőcsök hatásmechanizmusa ismeretében kidolgozták a nanoszálás anyagok kozmetikai felhasználhatóságát. A biológiailag aktív ágensnek nanoformulázása, például nanoszálakba történő kapszulázása lehetőséget ad például a lipáz enzim nanoszálás formulázására, ami sikeres lehet a túlzott faggyútermelés okozta akne kezelésében. Az előadó bemutatta a PVP nanoszálréteg elektronmikroszkópos képét, továbbá a PVP nanomaszk Raman-felvételét, melyben a fehérjemolekulák eloszlása látható.

**Bányai István** (Debreceni Egyetem)

„Az emberi bőr in vivo kisterű NMR-relaxometriás vizsgálata” c. előadásában új kísérleti technikát mutatott be. A *Hahn echo* módszerrel ki tudják mutatni az emberi bőr hidratáltságát, azaz a bőrben lévő víz diffúziós együtthatóját. A bőr (ember) korától függően különbség van a gyorsan relaxáló, a kollagénhez erősen kötött víz és a lassan relaxáló, szabadon lévő víz között. Így az LF NMR-vizsgálat adatokat szolgáltat a bőr hidratáltságára, illetve annak csökkenésére.

**Szentmihályi Klára** (Természettudományi Kutatóintézet)

A kozmetikai hatóanyagok hatáserőssége függ a hatóanyag-részecskék nagyságától. A nanoméretű anyagok biohasznosulása jobb. Az előadásban az ismerteken kívül a mezopórusos szilícium-dioxid (Syloid és SBA-15) hordozóra felvitt metronidazol rögzítettségét vizsgálták különböző módszerekkel. Megállapították, hogy az SBA-15 alkalmasabb a hatóanyag megkötésére.

**Axel Bandow** (CLR Chemisches Laboratorium Dr. Kurt Richter GmbH)

„The postbiotic revolution in Skin Care” c. előadásában a bőr mikrobiomjával foglalkozott. A cég 1970-től a probiotikumok bőrre gyakorolt hatását vizsgálta. Ez indította a mikrobákkal való foglalkozást. A bőr-mikrobiom az egész ember egészségével van kapcsolatban. A mikrobiom nemcsak a bőr felszínén, hanem a különböző rétegeiben is létezik. A felszíni mikrobiom folyamatosan károsodik (pl. kézfertőtlenítés). Különösen fontos a *stratum corneum* középső rétegében a mikrobiom fenntartása, ami az immunrendszer erősítéséért is felelős.

Az előadó bemutatta a *Pro Renew CLR* (Lactococcus Ferment Lysate) terméket, mely a sejtből lévő *Loricrin* termelődését segíti, ezáltal biztosítva a bőr mikrobiom-egyensúlyát.

**Kovács Anita** (Szegedi Tudományegyetem)

a tartósítószerrekről tartott előadást a Ph. Hg. VIII. és a 1223/2009 EK rendelet alapján kategorizált dermális félszilárd készítmények esetén.

Kutatásaik során a kereskedelemben kapható kozmetikumokban leggyakrabban előforduló tartósítószerrekről vizsgálták, jellemzően a fenoxietanolt, kálium-szorbátot, metil-parabént.

**Berkó Szilvia** (Szegedi Tudományegyetem)

„A bőr fiziológiás tulajdonságainak mérési lehetőségei” c. elő-

adásában bemutatta, hogy a kozmetikumok és a gyógyszerkészítmények fejlesztésében milyen műszeres vizsgálati módszerek lehetségesek, illetve szükségesekek. A termékfejlesztések fontos fázisa a bőr hidratációjának, transepidermális vízvesztésének, pH-jának, rugalmasságának, valamint faggyú- és melanintermelésének mérése. Az előadó ismertette az erre szolgáló műszerezettségi hátteret.

**Falusi Fanni** (Szegedi Tudományegyetem)

kutatási munkája a dermális felhasználású habok előállítására és hatékonyságvizsgálata. A vizsgálandó paraméterek az aktív anyag felszabadulása és penetrációja. A hatóanyag-felszabadulás *in vitro* meghatározásához a Franz diffúziós cellát alkalmazták. Az aktív anyag bőrben lévő eloszlását Raman-spektrumanalízissel ellenőrizték. Megállapították, hogy a hab-hordozóban alkalmazott diklofenak hatóanyag hatásosabb lehet, mint hidrogél alkalmazása esetén.

**Tolnay Anita, Kárpáti Péter** (Labex Kft.)

A Labex Kft. 30 éve ajánl műszeres megoldásokat labortechnikai területen. A kozmetikai iparral leginkább az alapkészülékekkel, valamint fotométer, viszkóziméter, részecskemérő készülék, HPLC, sterilizáló berendezések révén van kapcsolatban. Az előadók újszerű megoldásként említették a vegyszeres, ózonos, UV-lámpás sterilizálás mellett a kék fényes LED fényforrású sterilizáló berendezést.

A készülék 405 és 470 nm tartományú fényt bocsájt ki, amely alkalmas baktériumok, élesztőgombák, penész, mikrobiális spórák, vírusok és szagok eliminálására. Előnye, hogy nincs egészségkárosító UV- és ózonhatás.

**Fernando Ibarra** (Evident Ingredients GmbH/ C.H. Erbslöh)

A Hamburgi központú cég tartósítószerreket, emulgeátorokat gyárt Németországban. Az előadó az *EVICIDE* márkanévű terméküket mutatta be, melynek piaci részesedése a prezervatívok között 24%. Ennél hatásosabb az *EVICIDE G8*, ami kaprilil-glikolt is tartalmaz. A keverékekben az általánosan használt fenoxi-etanol helyett fenil-etil-alkohol is használható. Ennek előnye, hogy kevésbé szagos, sőt enyhén rózsaszagú. Ezért is a neve *EVICIDE ROSE*.

**Torma Viktória** (DermAkademia Creativiky)

a V/O emulziókról adott részletes ismertetőt. Köztudott, hogy a zsíros krémek V/O típusú emulziók. Nagyságrendileg kisebb a piaci részesedésük, mint a hidratáló jellegű O/V krémeknek. Előállításuk is nehezebb. Az előadó hangsúlyozta a V/O emulziók modernségét és változatosságát. Bemutatott három emulgeátor-komplexet, és a velük készült változatos termékeket is megmutatta.

**Mérőné Nótás Erika** (Herman Ottó Intézet)

tájékoztatót adott a környezetbarát minősítés céljáról és módjáról. Bemutatta az öko címke elnyeréséhez szükséges bonyolult adminisztrációs és számítási műveleteket, amely alapján a minősítést és odaítélést hazánkban a Herman Ottó Intézet Környezetbarát Termék és Európai Ökocímke Tanúsító Igazgatóság végzi. A mosó- és tisztítószer öko címkezése, azaz környezetbarát célú kialakítása alapvető feltétele a fenntarthatóságnak, amely a fenntartható fogyasztás ilyen célú kialakításával biztosítható. Az előadó bemutatta továbbá a nemzetközileg elfogadott öko címke-változatokat és a magyar piacon jelen lévő öko termékeket.

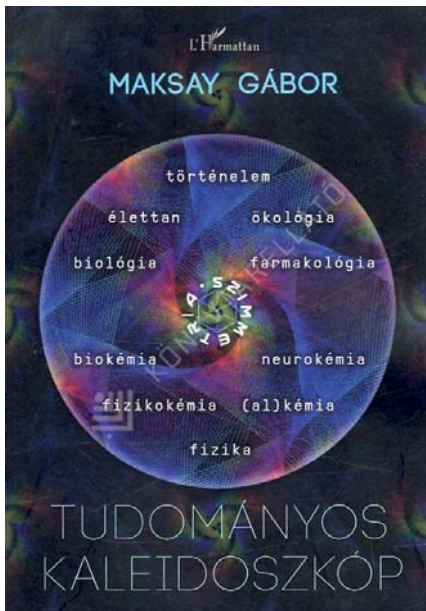
**Szirmai Sándor**



## Legalább kétszer ajánlott elolvasni

Maksay Gábor: *Tudományos kaleidoszkóp*,  
L'Harmattan, 2023

A kötetet 2023 novemberében mutatta be a Kossuth Klubban Hudecz Ferenc, az MTA alelnöke. Először az ő beszédéből, majd a kötet egyik írásából idézünk.



A szerző, Maksay Gábor okleveles vegyészként diplomázott az ELTE Természettudományi Karán. Szakterülete az évek során a neurobiokémiai, a molekuláris farmakológiai és a bioorganikus kémiai jelenségek vizsgálata, értelmezése volt, amely kiegészült elektrofiziológiai és nanobiológiai vonatkozásokkal.

Könyvének kulcsszavai – természettudományos ismeretterjesztés, kémiai kommunikáció, receptor-szerkezet, átmeneti szimmetriasértés, tudománytörténet, interdiszciplinaritás – a természettudományi tartalom mellett felhívják a figyelmet a tudomány, a tudományos ismeretek történelmi beágyazottságára, egyben rámutatnak arra is, hogy a jelenségek, a vegyületek, molekulák szerkezete, az anyagi tulajdonságok és a viselkedés megértése több tudományterület együttes eredményeinek a fényében lehet csak megalapozott. Az olvasóban kialakuló képnek van tehát nélkülözhetetlen beágyazottsága és figyelemfelhívó hatása arra nézve, hogy a különböző tudományterületek eredményeinek megértése, e területek együttműködésének (pl. biofizika, kémia, sejtbiológia) átlátása ugyancsak nélkülözhetetlen.

A kötet összeállítása és az írások egymás melletti, kaleidoszkopikus bemutatása kissé provokatív, de kitűnő gondolatnak bizonyult. A könyvet legalább kétszer ajánlott átolvasni. Először folyamatosan, talán a részletekre kevésbé fókuszálva. Ezzel a módszerrel átfogó „képet”, áttekintést kap az olvasó, és meggyőződhet arról, hogy jól választott. A második olvasás során az olvasónak vélhetően kedve támad mélyebben utánaolvasni például egy-egy izgalmas tudományos/műszaki problémának, egy-egy felfedezés körülményeinek, egy-egy kutató teljes életútjának.

\* \* \*

## Jelátvitel: szimmetria és szimmetriasértés

(részletek)

Kajtár Márton emlékére

Üzenetvétel szimmetrikus fehérjékkel

Miért fontosak a jelátviteli fehérjék? A sejtektől a társadalomig, mindenféle élő szervezet összehangolt működéséhez és szabá-

lyozásához szükség van kommunikációra, információcserére. A sejtek élettani jelek révén kommunikálnak. A jel lehet elektromos és mechanikai, tehát fizikai jelenség, de lehet kémiai vegyület is: transzmitter, hormon és feromon. Az összes fehérjefajta egyharmada a sejtet burkoló membránba ágyazódik és közreműködik az információcserében. A kibocsátott jelet a célsejten egy jelfogó fehérje, azaz receptor (f)elfogja és dekódolja. Ekkor a receptor konformációja, vagyis a fehérje térszerkezete megváltozik. Ez enzimkatalizált kémiai reakciókat indukálhat, vagy ioncsatornák nyílnak ki a célsejt membránjában, és az ionok ki- és beáramlása elektromos feszültségváltozást eredményez. A továbbiakban összpontosítsunk a receptorok térszerkezeti változásaira a jelbefogás kezdetén. Ezek kizárólag gyenge, megfordítható fizikai kémiai (nemkovalens), gyors kölcsönhatások. Egy jelfogó ioncsatornának például egy másodperc tört része alatt kell kinyílnia és visszatérnie nyugalmi állapotába. Eközben kémiai (kovalens) kötése nem változnak. Különi megfogalmazásban tehát: az életjelenségek szerkezeti titkai fizikai kémiai kölcsönhatások szövedékében rejtőznek. E szövedék fel-felfeslik és előtűnnek az életműködés titkai. A téma jelentőségét és aktualitását egyébként mi sem igazolja jobban, mint hogy 2012-ben adtak először Nobel-díjat receptorszerkezetek feltárásáért, 2013-ban pedig a fehérjék működését modellező számítási eljárásokról.

A jelfogó fehérjéket több alegység: peptidláncok „gubancái” alkotják. Úgy fejlődhetnek ki a leghatékonyabban, hogy az ősi, peptidmodulokat kódoló gének megsokszorozódtak. Két azonos alegység tükörszimmetrikusan simul egymáshoz. Több alegység pedig tengelyszimmetrikusan körbezárulhat, és gyakran csatornaüreget fog közre. Az evolúciós mutációk következtében egyes aminosav-láncszemek kicserélődnek. Ettől még a fehérje globális szimmetriája megmaradhat, de a felszínén bekövetkező lokális változások másfajta jelvivő molekula kötődéséhez vezethetnek. Az alig eltérő alegységek különféle kombinációkban egész receptorcsaládokat hoznak létre, amelyekkel az élő szervezet gazdaságosan és hatékonyan működtet jelszelektív szabályozást. A peptidláncok gyenge, de tengersok kölcsönhatása stabilizálja a fehérje szerkezetét. Ezt azonban a jelmolekula kötődése mégis megzavarja, mint vízbedobott kő a felszínt. Így a jel hatása több alegységre is áterjed, ugyanis a jelfogó fehérjék képlékenyek és alegységeik együttműködnek. Összefoglalva, a szimmetrikus receptorszerkezet gazdaságosan felépíthető és stabil. Másrészt fizikai vagy kémiai jelek átmeneti szerkezetmódosító hatása révén gyors és szelektív szabályozásra képes.

### Tükörszimmetrikus dimerek és libikóka

Manapság derül ki, hogy e szerkezetváltozást a szimmetria átmeneti sérülése, csökkenése kíséri. Nézzük meg néhány példán, hogyan. A jelfogó fehérjék legnagyobb csoportja két alegységből álló tükörszimmetrikus dimer. Ha jelmolekula kötődik az egyik alegységhez, a szimmetria egyensúlya kibillen, mint fél oldalon terhelt libikóka. Egy újabb jelmolekula már kisebb affinitással kötődik a másik alegységhez, mint ahogy nehezebb felülni a mérleghinta fellendült ágára. A szimmetrikus receptor működése és a hintázás egyaránt szimmetriasértő átmeneti állapotokon át zajlik. Az átmeneti szerkezetváltozások hatására pedig beindulnak a célsejt jelátalakító folyamatai.

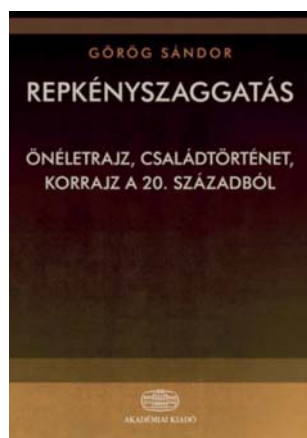


## Köszöntések a Kémiai Osztály 2023. decemberi ülésén



A Kémiai Osztály december 12-i ülésén Perczel András osztályelnök születésnapján köszöntötte az örökifjú **Androsits Beátát**, a Magyar Kémikusok Egyesülete ügyvezető igazgatóját. Tevékenységét méltatva kiemelte azt a sokoldalú munkát, amelyet a kémia megszerettetése érdekében végzett a fiatalok körében, a különböző diáktáborokat, kísérleti bemutatókat és előadás-sorozatokat. A köszöntésnek külön aktualitást adott, hogy Beáta 2023. december 31-vel több évtizedes munka után nyugdíjba megy. Perczel András jó egészséget kívánt további aktív nyugdíjas életéhez.

Ezt követően a Kémiai Osztály elnöke a családjá és barátai, tisztelői körében megjelent tudóstársát, **Görög Sándort** köszöntötte 90. születésnapja alkalmából. Részben az ünnepeletrajzi családtörténete alapján (Görög Sándor: *Repkényszaggatás*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2011) felidézte a gyógyszerkutató, akadémikus egyetemi tanár nem mindennapi életútját. Megköszönte azt az óriási munkát, amelyet tudósként, tanárként a hazai és nemzetközi tudományért és tudósképzésért eddig tett, és munkája folytatásához további tartalmas életet, jó egészséget kívánt.



Ezután Görög Sándor rövid előadásban foglalta össze a gyógyszeranalitika fejlődését a benne megélt 65 év tapasztalatai alapján. Felvázolta azt az utat, amelyen a gyógyszeranalitika a klaszikus vizsgálati módszerektől a sokoldalú műszeres analitikai eljárásokon keresztül a ma szinte kizárólagosan alkalmazott elválasztási módszerekig, kromatográfiai technikákig és nagyműszeres vizsgálatok elterjedéséig átment. Sok saját emléket, jórészt a Richterben átélt élményt felidézve tette életközelié a fejlődést. Élvezetes előadást hallhattunk.

KT

## Gábor Dénes-díj

A 2023. évi Gábor Dénes Életműdíjjal **Biacs Péter** munkásságát ismerték el. Biacs Péter 1982 és 2000 között a Központi Élelmiszeripari Kutatóintézetet vezette, később a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány főigazgatója, majd helyettes államtitkár volt. A Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal létrehozásával nemzetközi szinten elismert alkotó-szervező munkát végzett. A Nemzetközi Élelmiszer-tudományi és Technológiai Unió (IUFoST) el-



nőkeként, akadémiajának alapító tagjaként, UNIDO-, FAO- és WHO-szakértőként fontos feladatokat vállalt és oldott meg. Beindította a „Környezeti biotechnológia” tantárgy oktatását a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen, melynek Honoris Causa doktora.

*Életpályám az élelmiszer- és biotechnológia vonzásában* című visszaemlékezését 2021-ben adta ki a Lexica Kiadó. Az MKL szerkesztőbizottságának 2023 őszéig tagja volt. Lapunkban 2022 decemberében jelent meg vele interjú.

## VISSZHANG

Tisztelt Felelős Szerkesztő Úr, kedves Gábor!

Régóta figyelemmel kísérem a Magyar Kémikusok Lapjában a közelmúltban elhunyt Braun Tibor professzor írásait. Mindig nagyon érdekes témákról írt, amiket kíváncsi olvasóként gyakran az ismeretterjesztő irodalomban talált. Postumus írása a novemberi MKL hasábjain ugyancsak igen érdekes, de nagyon szemet szúr benne egy félreértés.

A cikkben elsősorban Hervé This francia kémikus tevékenységének 1994 utáni időszakát idézi, amikor This meghonosította az általa franciául „cuisine note à note”, angolul pedig „note by note cuisine” névvel jelzett főzési eljárást, aminek során szigorúan véve tiszta kémiai anyagokból „főzik” az ételeket.

Braun professzor cikkében a félreértés pont ezzel a névvel kapcsolatos. Akár francia, akár angol szótárban keressük a „note” jelentését, a zenei hang (illetve annak lejegyzett jele) mellett megtaláljuk az „illatjegy” és „ízjegy” értelmezést is. Ha csak az angol gasztronómiai és borászati szakkönyveket lapozzuk ezzel kapcsolatban, azt tapasztaljuk, hogy gyakori ezekben az „aroma notes” vagy „flavour notes” kifejezés, illetve ezek konkrétabb (fruity notes, terpene note, phenolic note stb.) alakja. Nyilvánvalóan ezek a kifejezések nem hangjegyre utalnak, mint ahogy az eredeti latin „nota” szónak is gazdag jelentéstartalma van, amiben a „hangjegy” messze nem az elsődleges jelentés.

Ha megnézzük magyar gasztronómiai, borászati, vagy például kávéval kapcsolatos szakirodalmat vagy ismeretterjesztő irodalmat, ott gyakori az „ízjegy”, illetve „illatjegy” kifejezés, de hangjegyről nem találunk említést. Tekintettel például az MTA alapító okiratának lényeges elemére a magyar szaknyelv ápolására vonatkozóan, vagy akár az MTA legújabb fórumvitájára, ami éppen a magyar szaknyelvről kapcsolatos, azt javaslom, hogy értelmezzük át Braun professzor cikkének címét és a benne többször előfordult szakkifejezést az eredeti francia, illetve angol, This által szándékolt jelentésére a következőképpen: *Ínyenc étkezés a molekuláris gasztronómiától az „ízjegyről ízjegyre” konyháig*. Ezzel nemcsak a korrekt értelmezést tesszük a helyére, hanem a korrekt nyelvi formulát (től-ig helyett ről-re) is.

Üdvözlettel:  
**Keszei Ernő**



## OKTATÁS

## 20. Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpia

(Bangkok, Thaiföld, 2023. december 1–10.)

A Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpiát (International Junior Science Olympiad, röviden IJSO) 2004-ben Indonézia alapította. A versenyen való részvétel egyik leglényegesebb kritériuma, hogy csak 16. életévüket be nem töltött diákok indulhatnak. Magyarországon ez azt jelenti, hogy érdemben a középiskolát épp elkezdő, illetve szerencsés esetben egyes 10. osztályos középiskolás, kivételes esetben igen tehetséges 8. osztályos általános iskolások versenyezhetnek.

A versenyen elvileg egyenlő arányban szerepel a három természettudományos tantárgy (fizika, kémia, biológia), így azoknak, akik több tárgyban is járatosak, a felkészítőn kevesebbet kell hozzátanulniuk. A versenyfelkészítőre azokat a diákokat hívjuk, akik a versenyt megelőző tanévben bejutottak egy vagy több korosztályi természettudományi verseny országos döntőjébe. A Covid-járvány óta igen kevés diák érdeklődött az IJSO-n való részvétel iránt. Ebben az évben – a verseny helyszíne vagy kollégáimnak az eddighez képest is intenzívebb figyelemfelhívó munkája következtében – sikerült 22 diák figyelmét felkelteni erre a versenyre. Közülük a nyár folyamán egy diák adta fel az első válogatón való megmérettetést.

Ezt az olimpiát az oktatási kormányzat 2007 és 2017 között anyagi segítséggel is támogatta. A versenyek támogatási rendszerének átalakulása után 2017 óta a Nemzeti Tehetség Program (NTP) aktuális pályázatából kapunk támogatást. Az utazás anyagi oldalának kezelését, illetve a pályázatok lebonyolítását a Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) végzi, ami óriási segítséget jelent a csapat számára. Az NTP-s pályázatok késői meghirdetése és a megpályázható összeg csökkenése miatt az előző éveknel is intenzívebben kellett támogatókat keresnünk a kiutazáshoz. A program részben a Kulturális és Innovációs Minisztérium megbízásából, a Nemzeti Tehetség Program által meghirdetett NTP-NTMV-23-B-0018 azonosítójú pályázati támogatásból valósult meg. A verseny további állandó támogatója a Richter Gedeon Nyrt. ugyan idén emelte a támogatás összegét, de az igen magas repülőjegyárak miatt ez messze nem lett volna elég az utazás szervezésének megindítására. Idén a csapat második legnagyobb támogatója a Diagon Kft. volt, de számos cégtől kaptunk kisebb-nagyobb összegeket, ezek a következők: Egis Gyógyszergyár Zrt., Cyclolab Kft., Servier, Soneas, Zutora Kft., Soneas Kft., mcule Kft., Tutti Kft., Budapesti Eötvös József Gimnázium Alapítvány, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium Alapítvány, Györi Révai József Gimnázium és Kollégium Alapítvány.

A versenyre való felkészítést ebben az évben is júniusban kezdtük meg (Gyertyán Attila matematikából és fizikából, Varga Bence és Villányi Attila kémiából, valamint új kollégánk, Papp Ádám biológiából), mivel a megtanulandó tananyag olyan nagy, hogy az őszi felkészítés nem elegendő. Néhány napos elméleti bevezető után az általános és középiskolai tankönyvekből jelöltük ki az elsajátítandó (vagy átismétlendő) ismereteket, összefüggéseket, illetve az általunk készített prezentációkból kellett az új anyagot megtanulniuk a versenyre készülőknek. Augusztus végén írtattuk az első selejtező dolgozatot. A válogató eredménye alapján és a korábbi hagyományok szerint a legalább 50%-os teljesítményt elérő legjobb diákokat terveztük kiválasztani. Nagy örömmel kons-

tattuk, hogy a megjelent 21 diák közül tizennégyen érték el a kritériumként meghatározott 50%-os határt. A pontok abszolút értékei alapján úgy döntöttünk, hogy közülük 11 diákkal folytatjuk a felkészítést. És örömmel jelenthettük be, hogy ebben az évben végre ismét a teljes, hatfős csapattal vehet részt Magyarországon a 20. IJSO-n.

A diákokat szeptemberben és októberben minden hétvégén – és több esetben hét közben is – a korábbi versenyek tapasztalatai és a követelmények alapján készítettük a versenyre, Az ELTE Apáczai Csere János Gimnázium felújítási munkái miatt a hét közbeni felkészítéseknek a Magyar Kémikusok Egyesülete adott helyszínt. A thai szervezők szeptember elejére adták meg a részvételi díj befizetésének határidejét, és eredetileg ekkor szerettek volna a végleges csapatnévsorokat is. Mivel sok ország – hozzánk hasonlóan – csak a tanév kezdetén dönti el a végleges névsort, a thai szervezők hajlandóak voltak október közepéig elhalasztani ezt a határidőt. A második válogató így is okafogyottá vált, mivel az elsajátítandó teljes tananyagot nem tudtuk október elejéig végigjuttatni. Az első válogató eredményéhez a minden tárgyból íratott röpdolgozatok eredményét számítottuk hozzá 2 : 1 arányban, és október közepére ez alapján alakult ki a végleges névsor. Október hátralevő részében befejeztük az elméleti anyagot, novemberben pedig három hétvégén a gyakorlati munkát próbálták ki a csapat tagjai.

A másfél hónapos felkészítés során a beválogatott 11 diák közül többen feladták a készülést, és végül mindössze 8 diák közül választottuk ki a legjobb hat főt a csapatba:

a tavalyi IJSO két érmesét, *Biró Artúrt* és *Simon János Dánielt*, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium 10. osztályos tanulóit,

*Nagy Lucát* és *Bauer Balázs Ábelt*, a györi Révai Miklós Gimnázium és Kollégium 10. osztályos tanulóit, valamint két diákot a budapesti Eötvös József Gimnáziumból, *Szepesi Zoltán László* 9. osztályos és *Bense Tamás István* 8. osztályos tanulóit.

A 6 diákból álló csapat és három kísérőtanár (Gyertyán Attila, Varga Bence és Villányi Attila) november 29-én indult el Bangkokba. A diákokat és a tanárokat már az érkezés napján, november 30-án elkülönítették, két külön hotelben szálltunk meg. A verseny első napjától az utolsóig – a verseny szabályzatának megfelelően – az ott-tartózkodás teljes ideje alatt a szervezők biztosították a csapat transzferét, szállását és teljes ellátását. A nyitóünnepélyre, amelyre december 1-jén délután került sor, csak negatív Covid-tesztel engedték be a csapatok tagjait, mivel az ünnepségen a 68 éves thai hercegnő is részt vett. Az ünnepély után a kísérő tanárok begyűjtötték a csapatuk tagjainak összes kommunikációra alkalmas eszközét, amelyet csak a verseny összes fordulója után kaptak vissza a diákok.

A kísérő tanárokból álló nemzetközi zsűri a harmadik, ötödik és hetedik napon vitatta meg az egyes fordulók feladatait, majd a nem angol nyelven kommunikáló országok tanárai késő éjszakaig fordították a saját nyelvükre a feladatlapokat, másnap pedig a diákok versenyeztek. Az IJSO nyolcadik napján a harmadik, gyakorlati forduló kísérleti feladatait a diákok 3 fős csapatokban oldották meg.

Ebben az évben elsősorban a kémiafeladatok voltak az átlagosnál jóval nehezebbek. A fizika feladatok a követelményrendszernek csak nagyon kis részét fedték le, a kérdések többsége a nyárra feladott témakörök alapján viszonylag könnyen megoldható volt. A gyakorlati forduló „kémia”-feladata is inkább a fizika témakörébe tartozott. A vizsgálat azonban tartalmazta az



	Feleletválasztás			Elmélet			Gyakorlat			Össz.
	Bio.	Kém.	Fiz.	Bio.	Kém.	Fiz.	Bio.	Kém.	Fiz.	
Elérhető	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>	<b>13</b>	<b>100</b>
Bíró Artúr	6,5	8,75	8,75	9,1	7,5	9,9	6,7	12,2	12,4	<b>81,80</b>
Bauer Balázs Ábel	6,75	8,75	8,75	8,0	6,7	7,2	6,7	12,2	12,4	<b>77,45</b>
Szepesi Zoltán László	0,50	6,75	8,75	8,1	5,1	9,1	6,7	12,2	12,4	<b>69,60</b>
Simon János Dániel	5,25	7,50	9,00	6,7	7,3	8,6	6,1	5,2	11,0	<b>66,65</b>
Nagy Luca	5,00	6,25	8,75	8,8	6,7	8,0	6,1	5,2	11,0	<b>65,80</b>
Bense Tamás István	6,25	8,75	7,50	5,7	6,8	7,0	6,1	5,2	11,0	<b>64,30</b>

### 1. táblázat. A magyar csapat tagjainak részletes eredménye



A díjkiosztás után. Balról jobbra: Sipos Sándor thaiföldi magyar nagykövet, Villányi Attila, Simon János, Bauer Balázs, Bíró Artúr, Szepesi Zoltán, Gyertyán Attila, Varga Bence, Bense Tamás, Nagy Luca

összes – középiskolában nem tanult – ismeretet, így alapvetően megoldható lett volna mindenkinek. A biológiafeladatok többsége könnyűnek mondható, másik részük viszont olyan megtanulandó ismereteken alapult, amelyeket – a biológia szerteágazó ismeretrendszere miatt – a diákjaink épp nem tanultak. A gyakorlati fordulónál egy szövetvizsgálat alapján történő fiktív növényhatározást kellett végrehajtani, amelynek pontozása aránytalan és elhibázott volt. Ennek következtében egyetlen elkövetett hiba esetén valamelyik csapat 1, egy másik 3 pontot kaphatott a 6-ból, azaz a hibátlan munka 6 pontot ér, egy hiba legfeljebb 3-at, de lehet, hogy kettőt, vagy csak egyet, attól függően, hogy a növényhatározás melyik lépésénél dönt hibásan valaki.

A versenyzők a versenyek közti napokon, a tanárok a diákok versenynapjain vettek részt különféle, általában érdekes, városnéző programokon.

A verseny szervezésére nem mondható panasz, a dolgozatokat és értékelésüket is mindig időben megkaptuk. Az értékelés nagyrészt megfelelően történt. A verseny harmadik fordulóját követően a pontegyeztetés is viszonylag simán zajlott le, a korábban említett biológialabor kivételével minden jogos kérésünket elfogadták. Az idei versenyen 54 ország 304 hivatalos versenyzője mérte össze

tudását. Ebben az évben is valamennyi diákunk éremmel tért haza. Az elért pontszámokat az **1. táblázat** tartalmazza.

Az országok közti nem hivatalos versenyben az 1. arany- és 5 ezüstéremmel – Ausztráliával holtversenyben – a hetedik helyen végeztünk, és ezzel az IJSO húszéves történetében a magyar csapat a legjobb helyet szerezte meg. Külön kiemelendő, hogy sok év után most volt ismét olyan diákunk, Bense Tamás István, aki még csak 7. osztályt végzett, és így került be a csapatba!

Évek óta gondot okoz, hogy kevés ország vállalja ennek a versenynek a megszervezését. Az anyagi feltételeken kívül lassan az is gátat szabhat a rendezésnek, hogy a laborgyakorlat színhelyét nem lehet korlátlanul bővíteni. (Thaiföld is ebben az évben csak 55 ország fogadását tudta vállalni csakúgy, mint jövőre Románia.) A 21. IJSO megrendezését Románia vállalta. A 2025-ös versenyt az orosz felkészítő tanárok még mindig tervezik Szocsiában, de az már most látható, hogy amennyiben a politikai helyzet nem változik, sok ország nem tud vagy nem hajlandó részt venni egy Oroszországban megrendezett versenyen. A további évekre nincs jelentkező ország, ezért a verseny nemzetközi intézőbizottsága felkérő leveleket akar küldeni az országok oktatási kormányzatának. Magyarország szellemi potenciálja egyelőre meglegyen a verseny színvonalas megszervezésére, de az oktatási kormányzat támogatása hiányában továbbra sem tudunk ilyen ígéreteket tenni a közeljövőre.

Villányi Attila

### TÁMOGATÓK



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS  
MINISZTERIUM

Nemzeti  
Tehetség Program

DIAGON  
Kutatások és megoldások

RG  
RICHTER GEDEON

EGIS

CYCLO  
PIENARU IN  
COLLEGIUM HAZAI  
INNOVATION

SERVIER  
moved by you

SONEAS  
Chemistry for a better life

zutora

mcule  
MORE THAN MOLECULES

TUTTI



EÖTVÖS  
Eötvös József Gimnázium





## Átadták a 2023. évi Rátz tanár Úr Életmű-díjakat

2023-ban 23. alkalommal adták át a természettudományos tárgyakat oktató pedagógusoknak járó Rátz Tanár Úr Életműdíjat és a hozzá tartozó 2 millió forintos elismerést a Magyar Tudományos Akadémián. Bár a Díszterem az MTA alapításának 200. évfordulójára készülve felújítás alatt áll, az ünnepséget most is a szokásos igényességgel és magas színvonalon rendezték meg. A díjat létrehozó Magyar Természettudományos Oktatásért Alapítvány munkájának legfontosabb célja, hogy minden évben megtalálja és elismerje hazánk kiemelkedő tehetségű általános és középiskolai pedagógusait, szerte az országban.

A díjátadónak különös fényt adott, hogy egy nappal a Nobel-díjak stockholmi átadása után került rá sor, és Stockholmban két magyar tudós, Karikó Katalin és Krausz Ferenc is átvehette a legmagasabb tudományos kitüntetést.

Az elhivatott pedagógusoknak meghatározó szerepük lehet a tehetségek felismerésében és előrehaladásuk segítésében, hangzott el Kroó Norbert kuratórium elnöki köszöntőjében. Kroó akadémikus megemlítette, hogy kiváló példa erre Dr. Tóth Albert József földrajz-biológia szakos pedagógus, a Nobel-díjas Karikó Katalin egykori tanára is, aki munkájáért 2015-ben vehette át a Rátz Tanár Úr Életműdíjat.

Ez évben is két-két matematika, fizika, kémia és biológia szakos tanár elismerésére került sor, és ezzel a díjazottak száma 176-ra emelkedett.



**Az előtérben a díjazottak (balról jobbra): Dr. Kosztolányi József, Punyiné Kandrács Erzsébet, C. Neményi Eszter, Tófalusi Péter, Csombóné Szaniszló Margit, Lovai Ildikó, Dr. Petz Andrea, Gergely Tibor**

Az idei két díjazott kémiatanár:

**Dr. Petz Andrea**, a Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma matematika-kémia szakos tanára,

**Lovai Ildikó**, a XIII. kerületi Hunyadi Mátyás Általános Iskola tanára.

Kitüntetésükhöz nagy szeretettel gratulálunk, és pedagógusi munkájukhoz további sikereket kívánunk! Tanári élményeikről, tapasztalataikról szóló beszámolójukkal az év folyamán a lap hasábjain találkozhatnak. **KT**

## Vegyipari mozaik

**100 millió forinttal támogatja a Richter Gedeon Nyrt. Centenárium Alapítvány a közoktatási intézményeket.** A Richter Gedeon Nyrt. Centenárium Alapítvány először tette közzé felhívását a természettudományos edukációt végző közoktatási intézmények oktatási infrastruktúrájának fejlesztésére, 100 millió forint keretösszeggel.

A Richter az ország egyik innovációs központjaként kiemelt fontosságúnak tartja a társadalmi szerepvállalást, melynek egyik legfontosabb része a hazai természettudományos oktatás támogatása. A magas színvonalú természettudományos képzés elősegítése évtizedek óta központi szerepet tölt be a Richter támogatási tevékenységében, számtalan különböző formában járulva



hozzá a terület fejlődéséhez. A Richter Gedeon Nyrt. Centenárium Alapítványa az új támogatási forma bevezetésével lehetőséget biztosít a közoktatási intézmények részére a természettudományok oktatásához elengedhetetlen eszközállomány és technikai feltételek fejlesztésére.

A 100 millió forintos keretösszegre a célintézmények maximum 10 millió forint értékben nyújthatnak be olyan támogatási kérelmet 2024. február 29. éjfélig, amelyek kifejezetten természettudományos oktatási infrastrukturális lehetőségek biztosítását, beszerzését, illetve ezek fejlesztését célozzák. Így például kérelem nyújtható be a természettudományos eszközállomány fejlesztésére, a szaktanterem állapotának javítására, illetve oktatási eszközök, laboratóriumi felszerelések, speciális bútorok beszerzésére.

„A Richter Gedeon Nyrt. az általa működtetett vagy pártfogolt alapítványokon, illetve az ezekhez kapcsolódó díjakon és egyéb támogatási formákon keresztül számos módon igyekszik segíteni mind a magyar természettudományos oktatást, mind pedig magát a pedagógustársadalmat. Ez számunkra több, mint gesztus, hiszen a Richter életében kulcsfontosságú a mindenkor, nemzetközi szinten is versenyképes szakembereink megléte. Ezért is tölt el nagy örömmel és büszkeséggel, hogy egyébként is széles körű, az általános iskolától kezdve egészen a posztgraduális képzésig terjedő támogatási portfóliónk újabb létfontosságú pályázati elemmel bővült” – mondta el a pályázat kapcsán Prof. Dr. Szántay Csaba, a Richter tudományos főtanácsadója, egészségügy- és oktatástámogatási vezetője.

„Felelős magyar, a nemzetközi gyógyszeriparban is meghatározó vállalatként a Richter érdeke is, hogy minél több felkészült, biztos természettudományos tudással rendelkező fiatal ke-



rüljön ki a magyar oktatási rendszerből. Célunk, hogy új pályázati lehetőségünkkel mi is hozzájáruljunk az ehhez szükséges feltételek megteremtéséhez” – tette hozzá Dr. Bódis Attila, a Centenárium Alapítvány kuratóriumának elnöke. (<https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/media/231218>)



### Januártól elkezdtek a konyhai zöld- és élelmiszer-hulladék gyűjtését a házaknál.

A 14 város meghatározott részein elindított rendszert a MOHU MOL Hulladékgazdálkodási Zrt. (MOHU) és szerződéses partnerei működtetik. Nemzetközi tapasztalatok alapján a begyűjtött élelmiszer-hulladék mennyisége és minősége a házhoz menő rendszerrel növelhető leginkább. Így jelentősen csökkenthető a hulladéklerakók üvegházhatásúgáz-kibocsátása, javítható a talaj minősége, valamint fokozható az általános hulladékkezelési rendszer működési hatékonysága.

A programban résztvevők lakásonként egy-egy 5 literes konyhai gyűjtőedényt kapnak, amely nemcsak könnyen kezelhető, de szag- és kifolyásmentes is. Emellett társasházak számára is kiosztanak egy-egy 120 literes barna kukát, amelyet a megszokott módon kell a ház elé kihúzni, a meghatározott napokon.

A konyhai zöld- és élelmiszer-hulladékot gyűjtő kukában sokféle szerves hulladék elhelyezhető: például gyümölcsök és zöldségek maradványai, kávézacc, teafű (viszont a filter nem), fűszerek, tojáshéj, főtt ételmaradékok, pékáruk vagy épp feldolgozott élelmiszerek és húskészítmények is. Fontos viszont, hogy nem szabad beledobni csontot, az élelmiszerek csomagolását, porzsákokot, porszűrőt, papírzsákendőt, pelenkát. Ezek, illetve az ehhez hasonló anyagok ugyanis amellyel, hogy nem komposztálhatóak, károsíthatják a hasznosítást végző gépeket. Tilos továbbá a barna kukákba helyezni a fák ágait, leveleit, gallyakat, valamint kommunális hulladékot is. A bedobható élelmiszerek listája a <https://mohu.hu/biohulladek> oldalon is megtalálható.

Az új rendszert az európai uniós előírásokkal összhangban vezetik be, ugyanis ennek értelmében 2024-től kötelező a biohulladék elkülönített gyűjtése. 2035-ig a települési hulladék közel kétharmadát újra fel kell dolgozni, ami nem érhető el a biohulladék hatékony szelektív gyűjtése nélkül. Jelenleg az EU-ban a szerves hulladéknak mindössze 16 százalékát gyűjtik és kezelik megfelelően – a fennmaradó nagyobb rész lerakókba vagy égetőkbe kerül. A hazai települési hulladék 17–29 százaléka biológiailag lebomló anyag, amelyből az élelmiszer-hulladék mennyisége évi 320–384 ezer tonnát tesz ki.

A konyhai zöld- és élelmiszer-hulladékot biogázüzemekben hasznosítják újra, így járulva hozzá a körforgásos gazdaság kiépítéséhez, hiszen megújuló energiaforrásként áramot és hőt állítanak elő. A biogázüzemben képződő maradék ráadásul – magas tápanyagtartalma miatt – kiváló komposztanyagot képez a mezőgazdaság számára.

A koncessziós hulladékgazdálkodási feladatokat ellátó társaság fokozatosan és folyamatosan vezeti be a konyhai zöld- és élelmiszer-hulladékok házhoz menő gyűjtését. Első körben kisebb területek lettek kijelölve, jellemzően társasházi környezetben. A

MOHU országszerte 14 településen, Budapest, Miskolc, Debrecen, Székesfehérvár, Szolnok, Kecskemét, Cegléd, Zalaegerszeg, Békéscsaba, Nagykanizsa, Tatabánya, Kaposvár, Gyula, valamint Békés egyes társasházi övezeteiben teszi lehetővé önkéntes jelleggel a szolgáltatás igénybevételét. ([www.mol.hu](http://www.mol.hu))



### Együttműködésbe kezd a MOL és a Dunaújvárosi Egyetem.

A MOL és a Dunaújvárosi Egyetem három évre szóló keretmegállapodást kötött, amelynek célja, hogy szakember-utánpótlást biztosítson a társaságnak, illetve további oktatási és kutatás-fejlesztési együttműködések számára teremtsen lehetőséget az egyetem és a cégcsoport között.

A Dunaújvárosi Egyetem a dunántúli régió fontos felsőoktatási intézménye, amely az elmúlt években több fronton bővítette és szélesítette képzési kapacitását. A MOL számára kiemelt fontosságú az egyetemen elérhető gépészmérnöki alapképzés, amely pontosan azt a tudást nyújtja, amelyre egy termelőüzemekkel rendelkező nagyvállalatnak szüksége van. A képzés karbantartásprofilja szintén az ipari orientációt erősíti.

A MOL és a Dunaújvárosi Egyetem együttműködésében fontos mérföldkő, hogy 2020 óta tartanak MOL-os szakemberek órákat az egyetemen karbantartási technológiák, tribológia és karbantartás tervezése, szervezése tárgyban. 2022-től újabb területtel bővült a kapcsolat: duális képzésben gépészmérnök BSc-hallgatókat fogad a MOL. Az egyetem és a vállalat így a feladatok megosztva járul hozzá a képzés magas színvonalához, korszerű ipari technológiák bemutatásához.



„A MOL számára stratégiai jelentőségű, hogy üzemei, berendezései stabilan, megbízhatóan működjenek. Ez a kulcsa Magyarország biztonságos üzemanyag-ellátásának. Erre a feladatra magas szintű, gyakorlati tudással felvértezett szakemberekre van szükség. Ezért is jelentős lépés a Dunaújvárosi Egyetemmel közös duális képzésünk beindítása, mert az MSc-szintű oktatásban már kialakult gyakorlatunk van, de BSc-szinten most fogadunk először hallgatókat. Így már a tanulmányaik kezdetétől biztosítjuk számukra a gyakorlati hátteret és a megfelelő műszaki, mérnöki kompetenciák elsajátítását. Ebben kiváló partnerre leltünk az egyetem vezetésében és oktatógárdájában” – mondta Hazuga Károly, a Downstream MOL ügyvezető igazgatója.

„A Dunaújvárosi Egyetemmel együttműködésben megvalósuló képzéseink hosszú távú karrierlehetőséget biztosítanak a gépészet területe iránt érdeklődőknek: az egyetem fenntartásában működő Bánki Donát Technikumban gépészmérnök vegyipari szakmairányon indítottuk el közösen az első duális évfolyamot.



Akár az itt tanuló fiatalok, akár a technikumon kívül érkező hallgatók is továbbtanulhatnak gépészmérnök képzésen, ahol a MOL-nál korszerű gyakorlati tudással vétezzük fel őket, és így biztosan sikerrel megállják a helyüket a munkaerőpiacon” – emelte ki dr. Bauer Dávid, Humán Erőforrás MOL igazgató. ([www.mol.hu](http://www.mol.hu))



**A MOL és a Waberer's stratégiai együttműködéssel erősíti tovább üzleti kapcsolatait.** A MOL-csoport az Indotek Group 15 százalékos, Waberer's Csoportban fennálló tulajdonrészének megvásárlásáról írt alá megállapodást, és a tranzakcióval egy időben stratégiai megállapodást is kötött a logisztikai szolgáltató céggel. Az Indotek Group a Waberer's részvényeinek 15%-át a MOL Nyrt. 100%-os leányvállalatának, a MOL Vagyonkezelő Kft.-nek értékesíti, amennyiben a vonatkozó engedélyek megszerzése ezt lehetővé teszi.

A MOL és a Waberer's az elmúlt években szoros kapcsolatot alakítottak ki a komplex logisztikai szolgáltatások és az üzemenyagértékesítés terén. A mostani stratégiai megállapodás tovább erősíti a két vállalat hagyományos üzleti tevékenységeit, és lehetővé teszi, hogy mobilitási, fenntarthatósági és energiahatékonysági projekteket is közösen valósítsanak meg. Az együttműködés során kiemelt figyelmet kap az üzemenyagok és kenőanyagok értékesítése, az alternatív üzemenyagok fejlesztése, az energiahatékonysági tudáscsere, valamint a speciális töltő- és szolgáltatópontok kialakítása is.

„Komoly lehetőségeket látunk a Waberer's és a MOL közötti kapcsolat szorosabbra fűzésében, és hiszünk benne, hogy ennek a stratégiai együttműködésnek nemcsak Magyarországon, de regionális szinten is pozitív hatásai lehetnek. Mind a MOL, mind a Waberer's elkötelezett a fenntartható megoldások mellett, ráadásul az együttműködés érdemben hozzájárulhat a hagyományos üzleti tevékenységek és a regionális ellátásbiztonság erősítéséhez” – mondta dr. Bacsa György, a MOL Magyarország ügyvezető igazgatója.

A MOL célja, hogy Magyarország piacvezető komplex logisztikai szolgáltatójával olyan közös projekteket vigyen sikerre, amelyek hozzájárulnak a vállalat SHAPE TOMORROW 2030+ stratégiájának megvalósításához. A stratégia célkitűzése, hogy a MOL kulcsszereplőjévé váljon Kelet-Közép-Európa alacsony szén-dioxid-kibocsátású körforgásos gazdaságában, és alacsony karbonlábnymó üzemenyagokkal lássa el a mobilitási szektort.

Barna Zsolt, a Waberer's International Nyrt. elnök-vezérigazgatója az együttműködési megállapodás aláírásakor elmondta, hogy a MOL-csoporttal kötött stratégiai megállapodás egy közel húszéves partnerség megerősítése, amely új szintre emelheti a két vállalat kapcsolatát úgy, hogy maximálisan elkötelezettek a fenntarthatósági megoldások alkalmazásában.

A két hazai tőzsdén jegyzett nagyvállalat jelenleg is számos területen működik együtt: a Waberer's több helyszínen nyújt komplex logisztikai szolgáltatást a MOL-nak, míg a magyar olajvállalat többek között üzemenyagot, kenőanyagokat értékesít a Waberer's számára, amivel mind a nemzetközi fuvarozás, mind a belföldi disztribúciós tevékenység területén stratégiai beszállítónak számít. A Waberer's Csoport, mint Magyarország piacvezető komplex logisztikai szolgáltatója, 2006 óta segíti különböző szolgáltatásokkal a hazai olajvállalatot, így többek között a százhalmabbattai Dunai Finomítóban, ahol három nagyobb raktárt üzemeltet, valamint részt vesz a MOL-csoporthoz tartozó pozsonyi

Slovnaft finomító logisztikai kiszolgálásában is. Az együttműködést tovább bővítve 2023 októberétől a Waberer's leányvállalata az MPK MOL Petrolkémia részére termelési logisztikai szolgáltatásokat is végez Tiszaújvárosban. ([www.mol.hu](http://www.mol.hu))

**Dobó Dorina összeállítása**

## Az egészséges energiamix felé – minielőadások a Műegyetemen

A „közösségi tudomány” jegyében, Újbuda önkormányzatával együttműködve rendezett a Műegyetem tudományos ismeretterjesztő délutánt a környéken élők tájékoztatására, 2023 végén már másodszer. Miért van szükség a közösség bevonására a kutatásokba? Ahogy Levendovszky János tudományos és innovációs rektorhelyettes fogalmazott: azért, hogy a kutatók növeljék a tudomány presztízsét és mindannyian együtt készüljünk fel az előttünk álló „transzformatív folyamatokra”.

A program azt a kérdést igyekezett körüljárni, hogy milyen energiamixszel célszerű ellátni a háztartásokat. Az előadás „karmestere” Aszódi Attila, a BME Természettudományi Karának dékánja volt, aki munkatársait kérte fel egy-egy problémakör megvilágítására. Kérdezn is lehetett – online, így néhány kiválasztott kérdést sikerült megválaszolni.

Ma Magyarországon a végsőenergia-felhasználás kb. 75%-a fosszilis bázisra épül. Az összes felhasznált energia 40%-a az épületekre jut, a háztartásokban felhasznált energia 80%-át pedig fűtésre használjuk, amiben nagy szerepet játszik a földgáz, de a fa is. Mit tehetünk a dekarbonizáció érdekében? Csökkenthetjük a felhasznált forrásokat – miközben nő az energiaigény, elsősorban a villamos energia iránt, mert „minden elektrifikálódik”. A villamosenergia-termés és -fogyasztás egyensúlyának fenntartásához különböző típusú erőművek összehangolt működésére van szükség, ebben szerep jut a „zöld átmenetnek”, de az atomenergiának is, hiszen a megújuló energia, a számítások szerint, néhány évtized múlva is legfeljebb a szükségletek felét fedezi majd, miközben a tárolásáról, az igények követéséről is gondoskodni kell.

Az előadók röviden ismertették az atomerőművek, a napelemek működését, felhívták a figyelmet az „okos” napelem-használatra – például érdemes a délelőtt és a délután sütött oldalra is paneleket telepíteni; akkor célszerű felhasználnunk a villamos energiát, amikor termeljük, hogy ne terheljük a hálózatot a visszatáplált energiával; és persze számolnunk kell azzal is, hogy télen keveset süt a nap. Az épületek energiaszükségletének csökkentésében segít az energiaigény visszaszorítása: ide tartozik az épületek szigetelése is. A számítások egyik, talán meglepő eredménye: egy panellakás fajlagos fűtési energiaigénye egy 2000-es évek elején épült családi házával egyezik meg.

Az előadók kitértek az időjárásfüggő energiatermelés és a fogyasztás modellezésére – a kutatás a termelés és a fogyasztás egyensúlyának fenntartását segíti –, valamint érintették az energiatárolás és a megfizethetőség kérdését is.

A délután üzenete: az egészséges energiamix elérésének kulcsa a diverzifikáció, az elektrifikáció és a dekarbonizáció. A nem túl távoli jövőben a háztartásokban is át kell térnünk a villamos energia felhasználására, de energiaellátásunk tervezésekor ne feledkezzünk meg az országos energiarendszerről.

A másfél órás programról készült videófelvétel az „Egy délután a háztartások energetikájáról a Műegyetemen” kereséssel érhető el a neten (<https://www.youtube.com/watch?v=AQcv9GGowJg>).



Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy a **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 671 907 forintot**

utal át a NAV Egyesületünkhöz.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértenek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkákkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2023. évi szja bevallásakor – értelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel, és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező nyilatkozat kitöltésével

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

**Az MKE adószáma: 19815819-2-41**

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

Terveink szerint 2024-ben az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az 56. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint 2024-ben tizenhatodszor szervezendő Kémiatábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

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

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

Tájékoztatjuk, hogy a Magyar Kémikusok Lapja nyomtatott változatát csak azok a tagjaink kapják meg, akik 7000 Ft-tal hozzájárulnak a Lap megjelenéséhez és postázásához. Kérjük, ha az online hozzáférés mellett a nyomtatott példányt is szeretné megkapni, küldje el nevét és címét az Egyesület Titkárságának (1015 Budapest Hattyú u. 16. 2/8., e-mail: mkl@mke.org.hu).

## Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2024. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2024. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönetet mondunk mindazoknak, akik 2023-ban kettős előfizetéssel hozzájárultak a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2024-ben is csatlakozzon a kettős előfizetési akcióhoz.

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

### LXXIX. No. 2. February

#### CONTENTS

<i>Egis ceases to work without chemistry. An interview with CEO Csaba Poroszlai, Egis Pharmaceutical Co.</i>	34
<b>GÁBOR LENTE</b>	
<b>Nobel prizes 2023</b>	
<i>Chemistry</i>	37
<b>ÁKOS KUKOVECZ</b>	
<i>Physics</i>	40
<b>LÁSZLÓ PÁLFALVI</b>	
<i>The speed of observation</i>	43
<b>ISTVÁN HARGITTAI</b>	
<i>Physiology or Medicine</i>	47
<b>GÁBOR KEMENESI</b>	
<b>Book review</b> ( <i>Breaking Through: My Life in Science</i> by Katalin Karikó)	49
<b>TAMÁS KISS</b>	
<i>10 December 2023, Stockholm</i>	50
<b>ERNŐ DUDA</b>	
<i>Two pKa values for water: 14,0 and 15,7</i>	50
<b>MÁTYÁS MILEN</b>	
<i>Russell Marker. Part II</i>	52
<b>LAJOS KOVÁCS</b>	
<i>Chembits</i>	56
<b>GÁBOR LENTE</b>	
<i>Publication of the month</i>	58
<i>The Society's Life</i>	60
<i>News of the Month</i>	63

## MKE-HÍREK

### MKE egyéni tagdíj (2024)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a 2024. évi tagdíj befizetéséről. A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:

- alaptagdíj: 10 000 Ft/fő/év
- nyugdíjas (50%): 5000 Ft/fő/év
- közoktatásban dolgozó kémiatanár (50%): 5000 Ft/fő/év
- ifjúsági tag (25%): 2500 Ft/fő/év
- gyesen lévő (25%): 2500 Ft/fő/év

**Tagdíjbefizetési lehetőségek:**

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- sárga csekk az MKE Titkárságtól kérhető
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/8.)

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



## Lépje át a határokat

eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

Teljesen új lehetőségek nyíltak meg a komplex analitikai kihívások megoldásában, a kis- és nagymolekulák világában egyaránt. A Thermo Scientific™ Orbitrap™ Tribrid™ nagyfelbontású, nagy tömegpontosságú tömegspektrométerek ötvözik a kiemelkedő szelektivitást, érzékenységet, sebességet és kombinálhatóságot, ezzel lehetővé téve a kimutatási határokat, a mennyiségi meghatározás és az ismeretlen komponensek azonosításában eddig ismert korlátok jelentős túllépését. A Tribrid™ tömegspektrométerek három analizátor típus, a kvadrupol, a lineáris ioncsapda és az Orbitrap™ előnyeit kombinálva teljesen egyedül mérési üzemmódok alkalmazását teszik lehetővé.



Thermo Scientific™ Orbitrap  
Eclipse™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap  
Fusion™ Lumos™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap  
ID-X™ Tribrid™ MS

További információk: [thermofisher.com/tribrid](http://thermofisher.com/tribrid)

Kizárólagos képviselő:

**UNICAM Magyarország Kft.**  
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.  
Telefon: +36 1 221 5536  
E-mail: [unicam@unicam.hu](mailto:unicam@unicam.hu)  
Web: [www.unicam.hu](http://www.unicam.hu)

# UNICAM