

A TARTALOMBÓL:

- Miért kaptak 2022-ben Nobel-díjat?
- A szennyvíziszap újrahasznosítása
- Nagyon jó állandóan fiatalok között lenni
- Mester és tanítványa
- Világító ruhák



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXVIII. ÉVFOLYAM • 2023. FEBRUÁR • ÁRA: 950 FT

## Nobel-díj klikkelésért?



## Bioortogonális kémia + fluoreszcencia

# Nitrogen doped carbonaceous materials as platinum free cathode electrocatalysts for oxygen reduction reaction (ORR)

Ilgar Ayyubov<sup>1,2</sup> · Emília Tálas<sup>1,4</sup>  · Camelia Berghian-Grosan<sup>3</sup> · Loránd Románszki<sup>1</sup> · Irina Borbáth<sup>1</sup> · Zoltán Pászti<sup>1</sup> · Ágnes Szegedi<sup>1</sup> · Judith Mihály<sup>1</sup> · Adriana Vulcu<sup>3</sup> · András Tompos<sup>1</sup>

Received: 6 October 2022 / Accepted: 20 November 2022  
© The Author(s) 2022

## Abstract

Comparison of physicochemical properties and electrocatalytic behavior of different N-doped carbonaceous materials as potential catalysts for oxygen reduction reaction (ORR) was attended. Ball-milling of graphite with melamine and solvothermal treatment of graphite oxide, graphene nanoplatelets (GNP) with ammonia were used as preparation methods. Elemental analysis and N<sub>2</sub> physisorption measurements revealed the synthesis of N-doped materials with strongly different morphological

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.



molecules



## Article

# Synthesis of Novel Cavitand Host Molecules via Palladium-Catalyzed Aryloxy- and Azidocarbonylation

Akash<sup>1,†,‡</sup> , László Kollár<sup>1,2,3,\*,†,‡</sup>  and Tímea R. Kégl<sup>1,2,4,\*,†,‡</sup>

**Citation:** Akash; Kollár, L.; Kégl, T.R. Synthesis of Novel Cavitand Host Molecules via Palladium-Catalyzed Aryloxy- and Azidocarbonylation. *Molecules* **2022**, *27*, 8404. <https://doi.org/10.3390/molecules27238404>

Academic Editor: Qingwen Song

Received: 3 November 2022  
Accepted: 27 November 2022  
Published: 1 December 2022

- <sup>1</sup> Department of General and Inorganic Chemistry, University of Pécs, H-7624 Pécs, Hungary
- <sup>2</sup> ELKH-PTE Research Group for Selective Chemical Syntheses, H-7624 Pécs, Hungary
- <sup>3</sup> János Szentágothai Research Centre, University of Pécs, H-7624 Pécs, Hungary
- <sup>4</sup> National Laboratory of Renewable Energy, University of Pécs, H-7624 Pécs, Hungary
- \* Correspondence: kollar@gamma.ttk.pte.hu (L.K.); trkegl@gamma.ttk.pte.hu (T.R.K.); Tel.: +36-72-501-500-28816 (L.K.); +36-72-501-500-24585 (T.R.K.)
- † Current address: Ifjúság útja 6, H-7624 Pécs, Hungary.
- ‡ These authors contributed equally to this work.

**Abstract:** Novel, elongated, resorcin[4]arene-based cavitands were synthesized via various consecutive reaction steps, including homogeneous catalytic aryloxy- and azidocarbonylation processes. The effects of carbon monoxide pressure and temperature on the conversion were examined in aryloxy-carbonylation. It was revealed that a reaction temperature of 100 °C is required to achieve complete



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVIII. évf., 2. szám, 2023. február



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

### Szerkesztőség:

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

### Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,  
LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR,  
PAP JÓZSEF SÁNDOR,  
ZÉKÁNY ANDRÁS

Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

### Szerkesztőbizottság:

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

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

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.

Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883

Fax: 36-1-201-8056

E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete

Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA

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 Batthyany Kultur-Press Kft.,

H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.

1251 Budapest, Postafiók 30.

Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:

SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,

1015 Budapest, Hattyú u. 16.

Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,

e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális 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.2023.02

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



2022 elmúlt és brutális kegyetlenséggel ránk csapta az ajtót. Az új év elején csak annyi látszik, hogy továbbra is olyan problémákkal kell szembesülnünk, amelyek gyökeresen megváltoztatják életünket. Ebben a helyzetben mindenkinek át kell gondolnia, hogy milyen stratégiával néz szembe a kihívásokkal. Van, aki azt mondja, szegjük le a fejünket, eltökélten végezzük a munkánkat és ne foglalkozunk ránk nem tartozó dolgokkal. Ez az összeomlás stratégiája, mert már régen a „ránk nem tartozó dolgok” határozzák meg életünket, és egyszerűen nem tehetjük meg, hogy ne viszonyuljunk valahogy a körülöttünk zajló eseményekhez, ne próbáljuk alakítani világunkat és ne használjuk szakmai ismereteinket valamennyiünk javára, de főleg egy jobb jövő reményében. Tudom, nem triviális elvárás ez, mert nincsenek holtbiztos megoldások, és már a problémák teljes mélységű feltárása is embert próbáló feladat. Csak néhány

esetet említek ennek illusztrálására.

Putyin háborújának a következményei katasztrofálisak. A kényszerű energiatakarékosság ellehetetleníti munkakörülményeinket, a mindenhová beszivárgó infláció és áruhiány pedig olyan gazdasági kényszereket hozott, amelyek fejlesztési, kutatási és tudományos programok leállítását vagy jelentős „karcsúsítását” teszik szükségessé. Mindez azonban eltörpül az emberéletben, anyagi értékekben elszenvedett pótolhatatlan veszteségekhez és a háború hosszabb távú hatásaihoz képest. Most még nincs napirenden, de nekünk, kémikusoknak már most fel kell készülnünk a környezet helyreállítására, mert ne legyen kétségünk afelől, hogy a háború a leghatékonyabb eszköze a környezetrombolásnak, ami nem ismer határokat.

Persze a környezet minőségével kapcsolatos kérdések a háborútól függetlenül is napirenden vannak, és gyakran egy-egy konkrét ügy kapcsán a közvélemény nehezen képes kibogozni a valóság és a képzeletvilág összegabalyodott szálait. A kémiai ismeretek birtokában nekünk lenne a kötelességünk mindenki számára érthető módon tisztázni néhány alapvető kérdést. Ez azonban elsősorban nem a szándékainkon, hanem a hozzáférhető információkon múlik. Példának okáért, az utóbbi időszakban sokan kérdezték tőlem, hogy mi a véleményem Magyarország tervezett „akkumulátorgyártási nagyhatalom” státuszáról. Kénytelen voltam azt válaszolni, hogy semmi, mert a hatástanulmányok (már ha vannak egyáltalán) és a konkrét technológiai tervek ismerete nélkül badarság lenne bármit is mondani a beruházásokról. Az viszont tény, hogy a projekteket körülvevő titkolózás, a kiszivárogtatott félinformációk és a jelentős állami támogatások indoklásának elmaradása nem segíti a bizalom megeremtését és a szakmai alapon álló érvek elfogadtatását.

„Közszolgálati” feladataink az élet számos más területén is lennének. Sajnos már hónapok óta napirenden van a közoktatás helyzete. Az ilyen-olyan ígérek ellenére nem látszik a kibontakozás. Világosan látnunk kell, hogy minden szakmának érdeke a stabil és jó színvonalú oktatás, mert csak így biztosítható a szakemberek utánpótlása. A tanárok – és hangsúlyozottan nem csak a kémiatanárok – jogos igényeinek támogatásával, egy válságkezelő közoktatási koncepció kialakításában való részvétellel hozzá kell járulnunk a helyzet normalizálásához. Már ha egyáltalán igényt tartanak a véleményünkre ebben az ügyben (is).

Ne feledjük! Rajtunk is múlik, hogy mit hoz a jövő. Főleg rajtunk.

2023. február

Dr. Fábíán István

egyetemi tanár, az MKE IB tagja

### TARTALOM

#### NOBEL-DÍJ, 2022

Kele Péter: Nobel-díj klikkelésért?

34

Marton-Dávid Bernadett, Sajtos László, Takács László: 2022-es orvosi-életteni

Nobel-díj: Svante Pääbo

37

Bacsárdi László: A kvantum-összefonódás nyomában

40

#### VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Tomasek Szabina, Miskolczi Norbert: Szennyvíziszapok újrahasznosítása termokémiai módszerrel

42

#### OKTATÁS

Nagyon jó állandóan fiatalok között lenni, velük dolgozni

(Ferenczyné Molnár Márta és Versits Livia gondolatai)

45

#### KITEKINTÉS

Inzelt György: Kiről nevezték el? A Gay-Lussac-törvény, a Charles-törvény, Amontons törvénye

47

Braun Tibor: Aranybányászat mikrobákkal

50

Kutasi Csaba: A jól látható ruházat funkcionális anyagai

52

#### VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata

56

#### A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA

58

#### MEGEMLÉKEZÉSEK

59

#### A HÓNAP HÍREI

63



Címlapunkon:  
Bioortogonális kémia  
és fluoreszcencia  
(Kele Péter)



Kele Péter

■ Természettudományi Kutatóközpont

# Nobel-díj klikkelésért?

A különböző tudományterületek iránt elkötelezett kutatók minden ősszel izgatottan várják az új Nobel-díjasok neveinek kihirdetését. Így volt ez 2022. október 5-én, az idei kémiai Nobel-díj esetében is. Előzetes találgatások persze mindig vannak: vajon mely kémiával kapcsolatos terület képviselői lesznek a kitüntetettek? Az előző években már többször felmerült a klikk-kémia üttörőinek neve. Idén pedig valóban *K. Barry Sharpless* és *Morten Meldal* számára ítélte oda a Nobel-bizottság a rangos elismerést a klikk-kémia alapjainak lefektetéseért. A harmadik kitüntetett *Carolyn Bertozzi*, akinek neve a klikk-reakciókon alapuló eljárások élő rendszerekben való alkalmazhatóságával, az ún. biortogonális kémiával forrt össze immár (**1. ábra**). [1]

De mi is az a klikk-kémia?

Bonyolult, például fiziológiai hatással rendelkező molekulák előállítására akár hónapokig, évekig is elhúzódhat, míg nem ritkán 10–20 kémiai reakció eredményeként, az egyszerű alkotóelemek összekapcsolásával eljutnak a komplex tulajdonságokkal rendelkező célvegyületig. Közben az egyes reakciókat gyakran lépésenként kell optimalizálni, hogy a kívánt átalakítás megfelelő hozammal szolgáltassa az egyes közti-termékeket. Mennyivel egyszerűbb lenne, ha az egyes építőelemeket akár változtatható sorrendben is, jó hatásfokkal tudnánk összekapcsolni! Valószínűleg Barry Sharpless fejében is ez járhatott, amikor az élő szervezeteket felépítő biopolimerek bioszintetikus folyamatait alapul véve lefektette a klikk-kémia alapjait 2000-ben. [2] Közleményében összegyűjtött egy tucat már ismert reakciót, melyek számos oldószerben, így akár vizes közegben, széles hőmérsékleti és pH-skála mellett is megbízhatóan, jó hatásfokkal játszódhatnak le, melléktermékek keletkezése nélkül, egyszerűen tisztítható termékeket eredményezve. E reakciók gyors és hatékony lejátszódása a reaktánsok magas energiatartalmából fakadó nagy termodinamikai hajtóerőnek köszönhető. A klikk-paradigmát közlő munkájában alapvetően szén-heteroatom kötések kiépítését eredményező re-



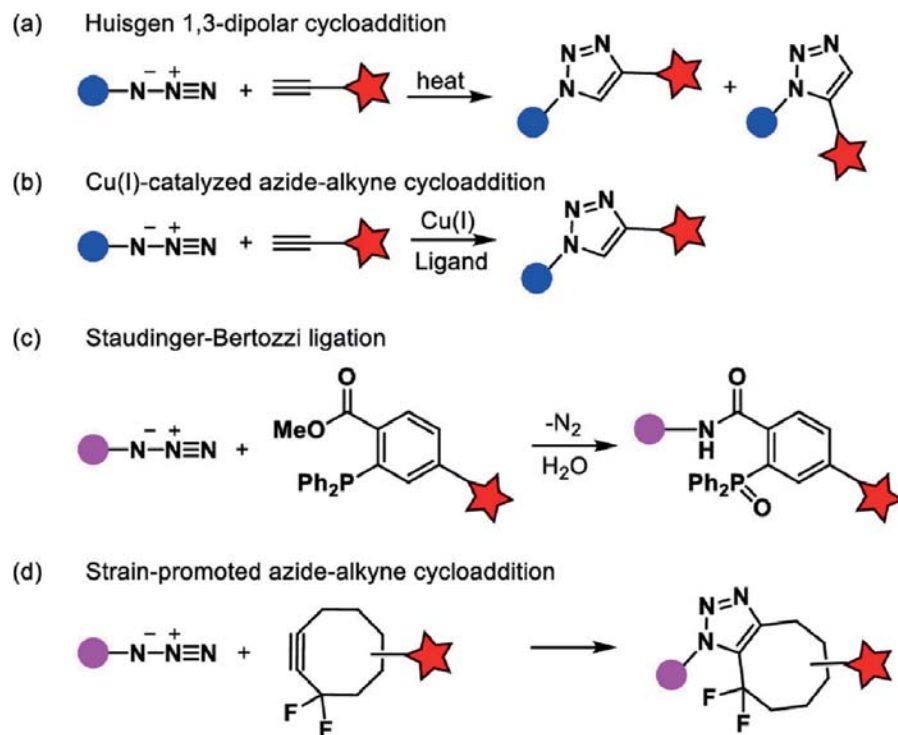
1. ábra. Carolyn Bertozzi, Morten Meldal és K. Barry Sharpless (<https://cen.acs.org/people/nobel-prize/Click-bioorthogonal-chemistry-win-2022-Nobel-Prize-in-Chemistry/100/i36>)

akciókat, például cikloaddíciók (pl. 1,3-dipoláris cikloaddíciók), Diels–Alder-reakciókat vagy feszült gyűrűs rendszerek (pl. epoxidok, aziridinek) felnyílásával járó nukleofil szubsztitúciós átalakításokat sorolt fel. Nem sokkal később, Sharpless és Meldal egymástól függetlenül egy időben köz-

zétették felfedezésüket egy régen ismert reakció módosításáról, ami azóta a klikk-kémia egyik legismertebb kémiai átalakítása lett.

Azidok és alkinok termikus aktiválást igénylő, magas hőmérsékleten lejátszódó, két regioizomer triazol terméket eredmé-

2. ábra. a) Huisgen 1,3-dipoláris cikloaddíció, b) azidok és alkinok Cu(I)-katalizált cikloaddíciója, a Bertozzi által kifejlesztett c) Staudinger–Bertozzi és d) gyűrűfeszültség által hajtott azid-alkin reakció ([6])





nyező reakciója már a hatvanas évek óta ismert volt a német Rolf Huisgen munkásságának köszönhetően (2.a ábra). [3] Sharpless és Meldal felfedezte, hogy ha réz(I)ionokat adunk katalitikus mennyiségben azidok és láncvégi alkinok elegyéhez, már szobahőmérsékleten is végbemegy a reakció, szinte 100%-os hozammal, ráadásul regiospecifikusan, kizárólag az 1,4-triazol terméket eredményezve (2.b ábra). [4,5] A réz(I)ionok oxidációjának elkerülése érdekében gyakran alkalmaznak különféle komplexáló ágenseket is, például C-vitamint, amely egyben redukálószerként is funkcionál. Kísérletek hosszú sora igazolja, hogy a Cu(I)-katalizált azid-alkin cikloaddíció (CuAAC) a klikk-kémia minden feltételének megfelel. A kutatókból olykor előbújó *Homo ludens*re jellemző, hogy a szóban forgó reakció tolerálóképességét narancsleben, emberi vérben és whiskyben is tesztelték – sikeresen. [6]

Az azóta a klikk-kémia „zászlóshajója-ként” is ismert réz-katalizált azid-alkin reakció az évek során számos alkalmazásra talált. A különböző építőelemekből levezethető vegyülettáráktól a bonyolult gyógyszerjelölt vegyületek előállításán és az anyagtudományon át a DNS-térképezésig szinte mindenhol találkozhatunk vele. Még sejtek biomolekuláinak kémiai módosításai is kivitelezhetők e reakcióval, bár a szükséges rézionok mérgező hatása miatt a réz-katalizált azid-alkin reakció élő sejtekben való alkalmazása erősen korlátozott. Történtek ugyan próbálkozások arra, hogy a Cu(I)ionokat a katalitikus tulajdonság megtartása mellett különféle ligandumokkal „ártalmatlanítsák”, ám ezek a megoldások nem terjedtek el a klikk-kémiát biológiai rendszerekben alkalmazni akaró kutatók körében. [7]

A fehérjék kémiai módosítására alkalmas klasszikus módszerek, mint a nukleofil motívumot tartalmazó aminosavak (Cys, Lys) oldalláncait elektrofil ágensekkel (pl. Michael-akceptorokkal, izotiocianáttal) célzó megoldások, általánosan elterjedtek voltak a biológiai rendszereket a kémia eszközeivel vizsgáló kutatók körében, ám e módszerek csekély specificitással rendelkeznek. A szelektivitás növelése érdekében kidolgoztak ugyan ritkán előforduló, specifikus reaktivitással rendelkező aminosav-oldalláncokat (Trp, Tyr) célzó módszereket is, ám itt is számolni kellett a kémiai módosítás kevésbé specifikus kivitelezésével. Carolyn Bertozzi egy merőben új megközelítést javasolt e probléma megoldására. A természetben előforduló csoportok helyett inkább olyan nem természetes, bio-

lógiailag és kémiailag is inert funkciókra irányult a figyelme, melyek szelektív reakcióba vihetők egymással. Sikerral azonosított egy ilyen reakciót, mely azidok Staudinger-féle, foszfánokkal történő redukcióján alapul. Olyan foszfán-származékokat fejlesztett ki, melyek egy elektrofil csapdát tartalmaztak, így alkalmasak a redukciós lépésben keletkező intermedier intramolekuláris befogására stabil kovalens kötés kiépülése mellett (2.c ábra). További megoldandó feladat volt a cél-biomolekulák előzetes módosítása az egyik ilyen nem természetes motívummal. Az azid funkciós csoport kis mérete lehetővé tette, hogy azido-építőelemek, például Bertozzi esetében az *N*-azidoacetilmannóz-amin, a sejtek metabolizmusa segítségével épüljenek be a felszíni glikánstruktúrába. Az azóta Staudinger–Bertozzi ligációs eljárásaként ismert módszer hatékonyságát számos példán keresztül ismerhettük meg. [8]

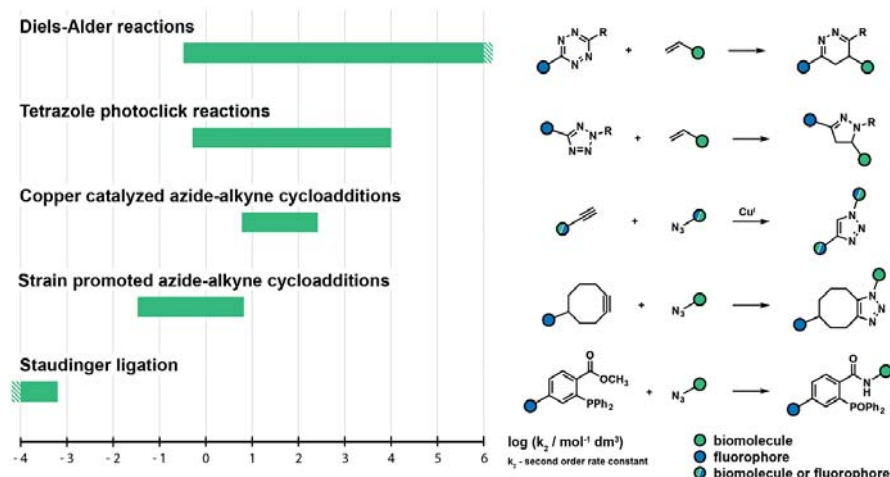
Az azidok és elektrofil csapdát tartalmazó foszfánok reakciója sok szempontból megfelel a Sharpless által definiált klikk-kritériumoknak, egyedül a reakció sebessége hagy maga után kívánnivalót. Mivel a Cu(I)-katalizált azid-alkin cikloaddíció is nem természetes, kémiailag és biológiailag inert funkciós csoportok közt játszódik le, joggal feltételezhetjük, hogy Bertozzi is felfigyelt rá, és szívesen alkalmazta volna sejtek felszíni szénhidrátjainak tanulmányozására, ha nem lett volna ott az a fránya rézion. Az irodalom tanulmányozása közben találkozhatott egy 1953-ban közölt cikkel, melyben Alfred Blomquist leírta, hogy ha az alkin funkciós csoportot egy 8 szén-atomból álló gyűrűbe kényszeríti, akkor az így kapott ciklooktin azidokkal robbanásszerű gyorsasággal reagál. [9] Bertozzi meglátta a lehetőséget ebben a szintén régóta

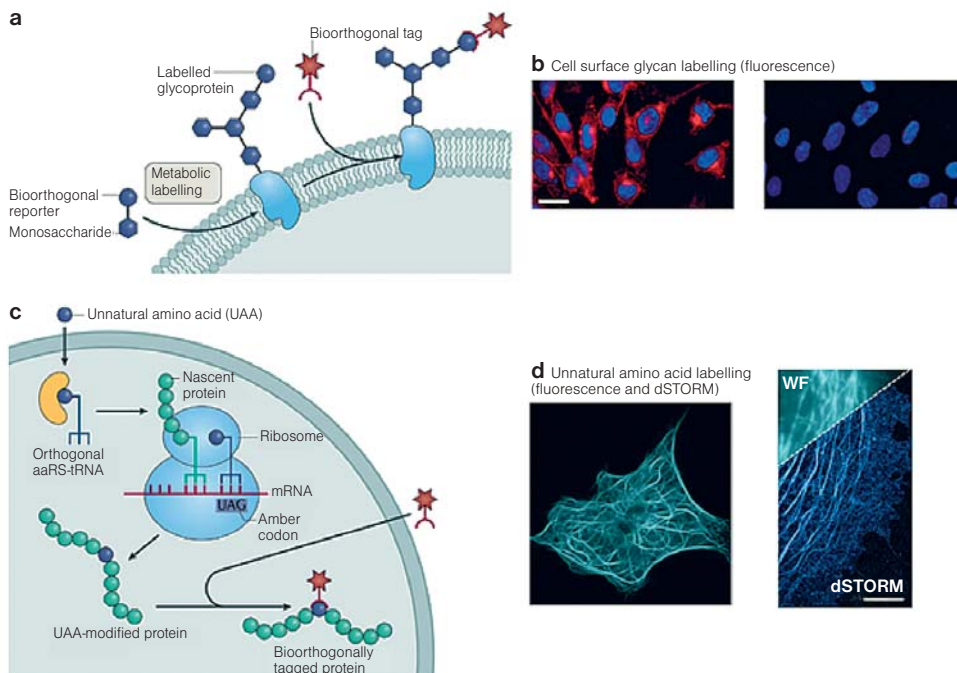
ismert reakcióban, hogy az azid-alkin reakciót biokompatibilissá tegye. [10]

A hármas kötés gyűrűbe kényszerítése ugyanis annyi többletenergiaival látja el az alkin funkciós csoportot, ami már lehetővé teszi, hogy azidokkal réz nélkül is lejátszódjék a reakció, akár szobahőmérsékleten, vizes közegben is. Bár az így kivitelezett reakció jóval lassabb, mint a rézzel katalizált verzió, az évek során a gyűrűfeszültség további növelésével vagy különféle szubsztituensek segítségével sikerült ezt feltornáznia a réz-katalizált változatot megközelítő sebességre (2.d ábra). [10] Bertozzi ezzel megalapozta a klikk-kémia biokompatibilis verzióját, mely reakción kívül azóta már több, szintén biokompatibilis, a klikk-kémia kritériumainak megfelelő kémiai átalakítást is leírtak (3. ábra). [11, 12] E biokompatibilis klikk-reakciók gyűjtőneve a bioortogonális kémia; a név az ilyen kémiai átalakítások biokompatibilitására (bio) és kemoszelektivitására (ortogonális) utal. [13] A bioortogonális reakciókban részt vevő funkciós csoportok szerveszteridgenek, biológiailag inertek, azaz biokompatibilisek és kémiai inertségüknek köszönhetően nem reagálnak az élő szervezetekben megtalálható számos kémiai funkciós csoporttal. Abban az esetben viszont, ha egy bioortogonális funkciós csoport találkozik a hozzá tartozó reakciópartnerrel, mint zsák a foltját, úgy találják meg egymást és lépnek szelektíven, gyorsan, stabil kovalens kötés kialakításával járó reakcióba. A bioortogonális reakciók megalapozták egy új tudományág, a kémiai biológia kialakulását, amely a kémiai eszköztárát felhasználva célozza a biológiai folyamatok megismerését.

Bioortogonálisan alkalmazható fluoreszcens markerek segítségével ismerte meg

3. ábra. Bioortogonális reakciók sebességének összehasonlítása a másodrendű sebességi állandók alapján ([11])





## 4. ábra.

- a)** Szénhidrátok metabolikus módosítása bioortogonalizált cukrokkal
- b)** azidomannózammal kezelt és nem kezelt sejtek mikroszkópos képe fluoreszcens foszfánszármazékkal való reakció után (Staudinger–Bertozzi-ligáció)
- c)** nem természetes, bioortogonalisan módosított aminosavak fehérjékbe építése a genetikai kód kiterjesztésével
- d)** bioortogonalisan módosított fehérjét expresszáló sejtek konfokális és szuperfelbontású mikroszkópos képe fluoreszcens jelzést követően (átdolgozva [16] alapján)

Bertozzi is a sejtek felszíni szénhidrát-struktúrájának szerepét például az embrionális fejlődésben. [14]

A korábban említett, azido-cukrok metabolikus beépítésén alapuló, szénhidrátok kémiai módszerekkel való tanulmányozására alkalmas módszeren túl további lökést adott a bioortogonalis kémia élő rendszerekben való alkalmazásához olyan technológiák fejlődése, melyek még hatékonyabban, és még jobb szelektivitással teszik lehetővé cél-biomolekulák előzetes bioortogonalizálását (4. ábra). Az egyik ilyen eljárás a fehérjék N- vagy C-terminálisához fuzionált, enzimaktivitással rendelkező címkék (pl. halo-, SNAP-, CLIP-tag) alkalmazása, melyek például ciklooktinnal módosított szubsztrátok segítségével kiválóan használhatók bioortogonalis motívum bevitelére. A genetikai kód kiterjesztésén alapuló, nem természetes aminosavak helyspecifikus beépítésével pedig lehetővé vált egy adott fehérje szinte bármely pontjának bioortogonalis módosítása. Nukleinsavak általános, a metabolizmus segítségével történő, nem természetes nukleotidokkal való bioortogonalizálásán kívül lehetséges nem természetes építőelemek helyspecifikus beépítése PCR-technológiával. A szakirodalomban ezenkívül ismeretes bioortogonalis foszfolipidek kémiai biológiai alkalmazása is. Ennek megfelelően, bioortogonalis kémiai megközelítésen alapuló alkalmazásokra szép számmal találunk példákat a szakirodalomban az egyszerű jelölésektől a protein-profilírozáson át a különböző képalkotó diagnosztikai eljárásokig. [15]

És hogy hogyan tovább?

A legújabb kutatási eredményeknek köszönhetően a bioortogonalis kémia már nem csak molekulák összekapcsolásáról szól. Lehetséges a bioortogonalis funkciók csoportok közti reakciók felhasználása hatóanyagok felszabadítására, aktiválására is, ami a reakciók nagymértékű specifikitásának köszönhetően célzott terápiás megközelítések megvalósítását teszi lehetővé. Ez utóbbi alkalmazás vizsgálata már klinikai fázisban tart. [16]

A Természettudományi Kutatóközpont Kémiai Biológia Kutatócsoportjában pedig olyan fejlesztéseken dolgoznak, amelyek lehetővé teszik a bioortogonalis kémia által jelentett nagyfokú kémiai kontroll egyéb szabályozóelemekkel, például fénnel való kombinációját. A két szabályzóelem együttes alkalmazásával olyan eljárás kifejlesztéséhez nyílik meg az út, mely lehetővé teszi tumorterápiás szerek hely- és időkontrollált felszabadítását. A módszer segítségével a terápiás eljárások hatékonysága növelhető, míg a nem kívánt mellékhatások minimalizálhatók. [17]

## IRODALOM

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2022/press-release/>
- [2] Kolb, H. C., Finn, M. G., Sharpless K. B., Click Chemistry: Diverse Chemical Function from a Few Good Reactions, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2001) 40, 2004.
- [3] Huisgen, R., 1,3-Dipolar Cycloadditions. Past and Future, *Angew. Chem. Int. Ed.* (1963) 2, 565.
- [4] Rostovtsev, V. V., Green, L. G., Fokin, V. V., Sharpless, K. B., A Stepwise Huisgen Cycloaddition Process: Copper(I)-Catalyzed Regioselective Ligation of Azides and Terminal Alkynes, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2002), 41, 2596–2599.
- [5] Tornøe, C. W., Christensen, C., Meldal, M., Peptidotriazoles on Solid Phase: [1,2,3]-Triazoles by Regio-

specific Copper(I)-Catalyzed 1,3-Dipolar Cycloadditions of Terminal Alkynes to Azides, *J. Org. Chem.* (2002) 67, 3057–3064.

- [6] Wu, P., The Nobel Prize in Chemistry 2022: Fulfilling Demanding Applications with Simple Reactions, *ACS Chem. Biol.* (2022) 17, 2959.
- [7] Li S., Wang L., Yu F., Zhu Z. et al., Copper-Catalyzed Click Reaction on/in Live Cells. *Chem Sci.* (2017) 8, 2107–2114.
- [8] Saxon E, Bertozzi C. R., Cell Surface Engineering by a Modified Staudinger Reaction, *Science* (2000) 287, 2007.
- [9] Blomquist, A. T., Liu, L. H., Many-membered Carbon Rings. VII. Cyclooctyne, *J. Am. Chem. Soc.* (1953) 75, 9, 2153–2154.
- [10] Agard, N. J., Prescher, J. A. and Bertozzi, C. R., A strain-promoted [3 + 2] azide-alkyne cycloaddition for covalent modification of biomolecules in living systems, *J. Am. Chem. Soc.* (2004) 126, 15046–15047.
- [11] Cserép, G. B., Herner, A., Kele, P., Bioorthogonal fluorescent labels: a review on combined forces, *Methods Appl. Fluoresc.* (2015) 3, 042001.
- [12] Mike L.W.J. Smeenk, Jordi Agramunt, Kimberly M. Bonger, Recent developments in bioorthogonal chemistry and the orthogonality within, *Curr. Opin. Chem. Biol.* (2021) 60, 79.
- [13] Sletten, Ellen M., Bertozzi, Carolyn R., Bioorthogonal Chemistry: Fishing for Selectivity in a Sea of Functionality, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2009) 48, 6974–6998.
- [14] Laughlin, S. T., Baskin, J. M., Amacher, S. L., Bertozzi C. R., In Vivo Imaging of Membrane-Associated Glycans in Developing Zebrafish, *Science* (2008) 320, 664–667.
- [15] Scinto, S.L., Bilodeau, D.A., Hincapie, R. et al., Bio-orthogonal chemistry. *Nat Rev Methods Primers* (2021) 1, 30.
- [16] <https://www.nature.com/articles/d41587-019-00017-4>
- [17] Bojtár, M., Németh, K., Domahidy, F., Knorr, G., Verkman, A., Kállay, M., Kele, P., Conditionally activatable visible-light photocages, *J. Am. Chem. Soc.* (2020) 142, 15164–15171.



Marton-Dávid Bernadett – Sajtos László – Takács László

■ Debreceni Egyetem

# 2022-es orvosi-élettani Nobel-díj: Svante Pääbo

*Az egyik szemem sírt, a másik nevetett, mondta egy neves genomtudós ismerős, amikor október 3-án meghallotta, hogy Svante Pääbo orvosi-élettani Nobel-díjat kapott. Az öröm annak szólt, hogy a genomtudományt és az átfogó genomvizsgálatot végre megtisztelte a Nobel-bizottság, ugyanakkor szomorúság, hogy a díjat nem Karikó Katalinnak ítélték, aki szintén jelölt volt.*

**K**ülönleges az osztatlan orvosi-élettani Nobel-díj, amelyet 2022-ben Svante Pääbo, a németországi Max-Planck Evolúciós Antropológia Intézet igazgatója és a japán Okinawai Tudományos és Technológiai Intézet szimultán professzora kapott. A Nobel-díjat evolúciós genetikai munkájáért, a paleogenetika tudományterület megalapozásáért, a neandervölgyi és denisovai hominini („gyeniszovai ember”) genomterképekért és a mindebből eredő orvosbiológiai felfedezésekért kapta.

A genomtudósok évek óta várják, hogy a Nobel-bizottság díjazza a genomszekvenálás úttörőit. Nem kapott Nobel-díjat a kiemelkedő Francis Collins és Craig Venter, de a genomszekvenációt létrehozó nemzetközi konzorcium sem. Első pillanatban értetlen, de Svante Pääbo munkáját vizsgálva egyértelmű a válasz.

Alább összefoglaljuk azt a néhány gondolatot, melyek egyrészt az idei Nobel-díj különlegességeire, másrészt a tudományos teljesítmény jelentőségére vetnek fényt. Mindenekelőtt ismerjük meg Svante Pääbo professzort.

## Svante Pääbo

1955. április 20-án született Stockholmban, svéd állampolgár. Apja, Sune K. Bergström, ugyancsak Nobel-díjas, 1982-ben megosztott Nobel-díjban részesült nem kevesebért, mint a prosztaglandinok felfedezéséért, Bengt I. Samuelssonnal és John R. Vannel. Svante Pääbo nem az ő családné-



Svante Pääbo

vét használja. Édesanyja, Karine Pääbo, észt származású vegyész, aki az élelmiszerzsírsavak kémiai összetételével foglalkozott; a férjével együtt, majd önállóan is publikált. Karine Pääbo a szovjet rendszer elől menekült Svédországba 1944-ben. Svante Pääbót édesanyja nevelte, kezdetben titkolva egy másik házasságban élő elismert apa kilétét. A természettudományos kutatás, talán a precíz vegyészeti gondolkodás is jelen lehetett Pääbo életében, akár a „családi asztalnál”, akár akkor is, ha csonka volt a család. Fontos hatás ez, mert nap mint nap előkerülhetnek a jelentősebb felfedezések, valószínűleg a tudományos előmenetel és a publikáció, valamint a kísérletezés örömei és nehézségei is. Svante Pääbo több interjúban és írásban megemlékezett édesanyjáról. Együtt látogattak el fiatalkorában turistaként Egyiptomba; ez az út komolyan befolyásolta Svante életét.

Svante Pääbo 2008 óta házasságban él Linda Vigilant amerikai genetikkussal, akivel sokat publikálnak együtt. Házasságukból két gyermek született, egy fiú és egy leány. Késői házasságának egyik oka lehet, hogy fiatal felnőtt korában szexuális

orientációja nem volt számára egyértelmű, biszexuálisnak tartja magát.

Kezdeti egyetemi éveitől kezdve humán érdeklődése volt előtérben az Uppsalai Egyetemen, ahol tudománytörténetet, orosz és egyiptológiát is tanult, majd beiratkozott az orvosi fakultásra. 1981-től PhD-hallgató volt az egyetem sejt kutató laboratóriumában, 1986-ban kapott PhD-diplomát. A zürichi molekuláris genetikai és a londoni Imperial Cancer Research intézetben töltött kitérők után, 1987-től posztdoktori állást kapott a kaliforniai Berkeley Egyetemen.

**Karine Pääbo Sune K. Bergström-mel a Nobel-díj átvételekor 1982-ben**





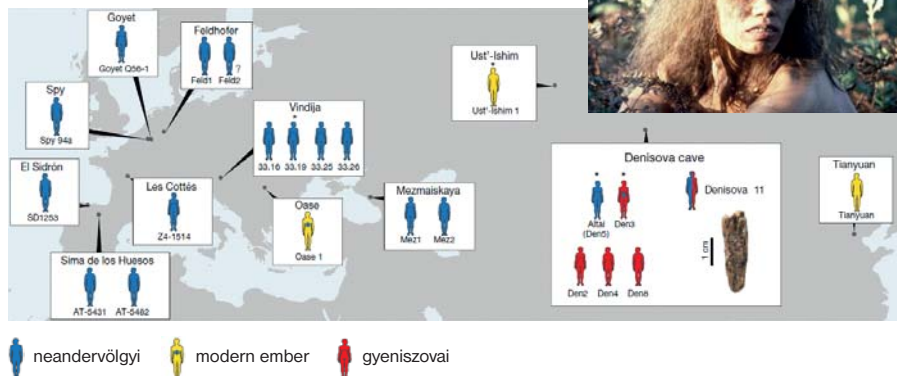
Technikai ügyessége (szekvenáló könyvtár-preparátumok) és érdeklődése vezette Allan Wilson laborjába, aki összehasonlító primatológiával foglalkozott később a Berkeley Egyetemen. 1990-ben docenssé avatták az Uppsalai Egyetem molekuláris genetikai intézetében. Ettől kezdve pályája és érdeklődése töretlen, a paleogenomika mint tudományterület megalapítója és legsikeresebb művelője. Az Amerikai Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagja 2004 óta, és sok egyéb tudományos kitüntetést is kapott.

## Tudományos felfedezések röviden

A *Nature* magazin 2022. október 7-én készített interjút Svante Pääbóval. A célratörő kérdések egyike az volt, hogy miért választotta/művelte ezt a tudományterületet. Érdeklődött az archeológia, különösen az egyiptomi múmiák után, válaszolta. Ehhez kapcsolódott egy másik kérdés: hogyan hatottak rá a kudarcok? Ugyanis első eredményeit az egyiptomi múmiák DNS-leleteiről publikálta a *Nature*-ben, de ezekről később kiderült, hogy kontaminációs műtermékek voltak. Pääbo azt válaszolta, hogy tévedni nem baj, ha ez a lehető legrigorózusabb és becsületes kutatás eredménye, és ha a hibát az észlelés után azonnal ki is javítjuk. Arra a kérdésre, hogy mit tart a legjelentősebb felfedezésének, azt válaszolta, hogy a neandervölgyi hominini (a továbbiakban, az egyszerűség kedvéért, a neandervölgyi ember vagy egyszerűen a neandervölgyi kifejezést használjuk) mitokondriális DNS-szekvenciájának meghatározását.

Összesen 214 tudományos közleményt publikált, ebből a *Nature*-ben jelent meg 38 dolgozata, már ezek együttes impakt-faktora is 1816, összes citációinak száma 121 537, h-indexe 168, i-10 indexe 357. Mégis miért jelentett Svante Pääbónak áttörést a neandervölgyi mitokondrium szekvenciája, amikor oly sok egyéb nukleinsav-alapú felfedezést tett?

A mitokondrium DNS-e az osztódás alatt „védett”, mert meiózis alatt nem történik benne rekombináció, és csak anyai ágon öröklődik. A szekvencia vizsgálata azonnal rámutatott arra, hogy hasonló ugyan az emberihez, de a mai ember mitokondriális DNS-étől olyan mértékben eltér, hogy a két hominini nem lehet azonos eredetű. Ez rögtön azt is jelentette, hogy a *Homo sapiens*-nek legfeljebb közös őse lehet a neandervölgyivel, de ettől függetlenül később vándorolt ki Afrikából és érkezett meg Európába. A *homo* genusba tartozó két al-



**Rekonstruált gyeniszovai hölgy képe és az egyes hominini-lelőhelyek, valamint az ott élők genomtartalmának sematikus ábrázolása** (*Nature* (2018) 113, 561. Sept. 6.)

csoport közül az egyik a mai ember, *Homo sapiens*, a másik a „hominini”-nek nevezett, melynek egyik képviselője a *Homo heidelbergensis*, aki kb. 600 000 évvel ezelőtt népesítette be először Észak-Afrikát, utána Európát és az Európán kívüli, főleg ázsiai területeket is. Körülbelül 200 000 évvel azelőttre tehető a neandervölgyi kialakulása, és ez kizárólag Afrikán kívül történt, főleg Európában és Európától keletre, délkeletre. A mai ember 60–40 000 éve érkezett meg Afrikából.

Pääbo további felfedezései között kiemelkedő, hogy felismertek egy új, neandervölgyivel rokon típust, a gyeniszovai homininit (először Altaj-barlangokból), és kimutatták, hogy 60–40 000 évvel ezelőtt voltak olyan barlangok, amelyekben a mai ember a neandervölgyivel és gyeniszovai-val együtt élt. Míg a *Homo sapiens* benépesítette a földet, a neandervölgyi, a gyeniszovai és a korábbi típusok kihaltak, de a genomjuk, legalábbis részben, bennünk él. Ez utóbbi Svante Pääbo és csoportjának jelentős felfedezése. Egy bulgáriai barlangban (Bacso Kiro), mély földrétegekben találtak 50–60 ezer évvel ezelőtti csontmaradványokat, míg a felsőbb rétegekben 10 000 évvel fiatalabb csontokat. A fiatalabb csontokban kevesebb és erősen fragmentált volt a neandervölgyi genom az emberihez viszonyítva, míg az idősebb, mélyebb rétegekből feltárt csontokban többször egész neandervölgyi kromoszóma-kart, kevéssé fragmentált és összességében több neandervölgyi DNS-t találtak. Mindez azt jelzi, hogy a kisebb neandervölgyi populáció lassú folyamatként „kihígt” a népe-sebb *homo sapiens* populációban.

Az ábrán látható, hogy a több lelőhelyről származó, kb. 40 000 évvel ezelőtti emberi maradványok teljes genomanalízise

háromféle hominini együttéléséről és egymás közötti szaporodásáról tanúskodik. Különösen érdekesek az Oase-1, a Den-3 és a Denisova 11-es egyének. Ők és más szekvencialeletek bizonyítják a keveredést és támasztják alá azt a ma már általánosan ismert tényt, hogy a mai európai ember az Oase-1-hez hasonlít, azaz 1–2% neandervölgyi DNS-t hordoz. Miután a neandervölgyi hominini Afrikán kívül fejlődött ki és az ugyancsak Afrikából, kb. 140 000 évvel később érkező *Homo sapiens*-sel keveredett, az Afrikán kívül élő mai emberek genomjában (legjobban az Európára vonatkozó populációban) maximum kb. 400, átlagosan 200–280 neandervölgyi variáns van egyénenként, ugyanakkor a mai afrikai emberekből ez hiányzik (< 20 variáns/genom). Miután a gyeniszovai hominini kelet- és délkelet-ázsiai irányban vándorolt, a DNS-leletek azt bizonyítják, hogy a melanéziai, ausztráliai és pápuai mai őslakosok DNS-eiben 3–5% gyeniszovai genom van. A DNS-leletek azt sugallják, hogy a neandervölgyi és gyeniszovai homininok mellett más homininok is élhettek, de már kihaltak, és a lelet minősége nem alkalmas arra, hogy megfelelő DNS-t vonjanak ki belőle.

Pääbo és csoportja a fent leírt és egyéb felfedezéseket komoly technológiai újítások segítségével érte el. Ezek közül az egyik olyan szekvenciaillesztő programok fejlesztése volt, amelyekkel 2001-ben már jelentős genomi fedettséggel publikáltak (a genomi lefedettség arra utal, hogy egy nukleotid hányszor fordul elő a rekonstruált szekvenciában). Az azóta sokat fejlődött humán referenciagenom segítségével, a hasonlóság eredményeként, a leletekből származó fragmentumokat térképezni tudták, és így álltak elő a 1,5–3x-os lefedett-



ségű (neandervölgyi, gyejiszojai, hibrid stb.) genomok, miután a kontaminációként jelentkező bakteriális, állati és növényi genomszekvenciákat kivonták (ezek sokszor a teljes DNS 95%-át teszik ki!). Megjegyzendő, hogy a humán genetikai vizsgálatokban alkalmazott genomlefedettségi igény kutatási szinten 3–8×-os, diagnosztikai szinten 15–30×-os. Ez azt sugallja, hogy a genomikai statisztikusok által kidolgozott programok kiemelkedő minőségű eredményt szolgáltatnak Pääbo csoportjának ahhoz, hogy olyan eredményeket használhassanak, amelyek elérik a szükséges 90–95%-os konfidenciaszintet.

Banálisabb eszközöket is fejlesztettek, például kidolgozták a csontokból történő DNS-izolálás menetét, amelyhez a chip-előállítási technológiához hasonló tiszta környezetre volt szükség. Hipoklórossavas kezelést is alkalmaztak, ezzel nagymértékben megnőtt a csontokból izolálható DNS mennyisége.

Svante Pääbo munkacsoportjának eredményeit egy másik szárra is fel lehet fűzni: ez az orvosi biológiai vonal.

A DNS-minták összehasonlítása mellett, amit a primáták, jelen esetben a csimpánz és az ember viszonyában is megtett, olyan géneket keresett, amelyek kifejeződési szintje eltért az agyban a két faj között. A *FOXP2* gén nemcsak eltérést mutat, mert az emberi agyban erőteljesen expresszálódik, de mutáns formái betegségeket okoznak, amelyek a beszédkézség és a kognitív kapacitás csökkenésével járnak. Pääbo szerint a pozitív szelekció egyik célpontja lehetett a *FOXP2* gén. Felfedezése óta több neurobiológiai munkacsoport foglalkozik a gén funkciójával, de a terület kutatói között sok szkeptikus vélemény is van a *FOXP2* gént illetően.

### Az emberi és hominini összehasonlító adatbázisokból származó, hipotézisvezérelt kutatások

A genomszélességű asszociációs vizsgálatok során a Pääbo-csoporttól függetlenül egy másik analízis is bizonyította, hogy a 3-as kromoszómán van egy koronavírus 2 (SARS-CoV-2) fertőzésre érzékenyítő (kb. 2x-es rizikóemelkedés) régió, ami a neandervölgyi genomból származik, kifejezetten egy specifikus neandervölgyi populációban. A variáns régió hiányzik a kelet-ázsiai emberekből, de jelen van Kínában, Japánban, valamint Európában. A genomi régióban több kandidátus génspecifikus variánsa is felmerül hatásért felelős gén-



**A DNS-izolálás első lépése a minta kinyerése a csontleletből**

ként. Többek között itt van a CCR5 kemotaktikus faktor receptorgénje, melynek mutáns formája véd a HIV- fertőzéstől. A régióban van egy RNS-metabolizmust szabályozó gén is. A vírusfertőzésekre vonatkozó ilyen ellentétes jellegű hatások új hipotéziseket generálnak, melyeket Pääbo munkatársai mellett több más munkacsoport is elkezdett vizsgálni.

Körülbelül száz gént találtak, amelyek a modern emberekben jelen vannak, de a neandervölgyiben nincsenek (vagy nem azonos formában). Ezek a gének lehetnek a felelősek a modern emberek evolúciós előnyeiért. Három gén kiemelkedik, melyek a sejtostódást szabályozzák. Arra gondoltak, hogy ezek a gének felelősek lehetnek a neuronok fejlődéséért. Összehasonlították a csimpánz- és az emberi variánsokat, és neuronossejt-tenyésztésben tesztelték őket. A következtetés az, hogy a modern emberi variáns gyorsabban differenciálódik érett neuronokká. Természetesen további széles körű vizsgálatok szükségesek még a felfedezések bizonyításához.

Egy másik, a fenti logikával kiválasztott génvariáns, a progeszteron receptorgénje csak Afrikán kívül létezik a mai variánsok analízise alapján is, és mert neandervölgyi és denisovai mintákban is benne van, de az afrikai *Homo sapiens*-genomból hiányzik. A variáns közismerten koraszülést eredményez. A mai változat viszont gyakoribbá teszi a korai abortuszt. A UK Biobankban megvizsgálták a variánsok eloszlását a koraszülésre, ill. az abortuszra vonatkozó adatok esetében, összesen 400 000 egyén DNS-mintáin, és ez alapján azt gondolják, hogy a neandervölgyi variáns azért maradt fenn, mert koraszüléssel ugyan, de biztosította az élve szülés magasabb számát.

### Tudománytörténeti jelentőség

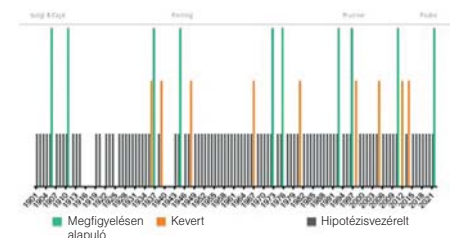
A természettudomány fejlődése ciklikus. Széles körű, globális hipotézis nélküli meg-

figyelés szükséges ahhoz, hogy olyan adathalmaz keletkezzen, amelyet összességében és részleteiben is megvizsgálva, hipotézisek által vezérelve jelentős új megfigyeléseket lehet tenni.

A mai orvosi biológiai tudomány harmadik forradalmához érkezett el. Az első a szabad szemmel történő megfigyelés volt, a második a mikroszkópé, és sejt szinten történt. Ma szemtanúi vagyunk a harmadik forradalomnak, amely globális molekuláris megfigyelésen alapszik. A megfigyelés minőségét meghatározza a vizsgálómódszer felbontása, azaz hogy a módszer képes-e felismerni a legkisebb változást, ami biológiailag észlelhető funkcióeltérést okoz. Egyetlen biológiai vizsgálómódszer érte el ezt a szintet, ez a genomszekvenálás. Ugyanis a teljes genomot meg tudjuk szelvényezni (globalitást) minden egyénben, és a legkisebb változást is tudjuk detektálni az SNP-k (nukleotidcsere) vizsgálatával.

Svante Pääbo Nobel-díja egyrészt hipotézis nélkül kapott genomszekvenciára épül, és teljes mértékben megfigyelésalapú. Másrészt az utolsó évek eredményei jelzik a ciklus második fázisát is munkájában – azt, hogy az adathalmaz hipotézisvezérelt kísérleteket indukál. Ebben a műfajban Svante Pääbo munkája magasan kiemelkedik más Nobel-díjasok és kutatók munkái közül.

Illusztrációként megvizsgáltuk, hogy az orvosi-életlani Nobel-díj indítása óta hányan kaptak pusztán megfigyelésen alapuló



**Orvosi-életlani Nobel-díjasok tudományos megközelítései**

tudományért Nobel-díjat, hányan kevert aktivitásért, illetve tisztán hipotézisvezérelt kísérletekért. Az eredmény jól illusztrálja Svante Pääbo méltóan kiemelkedő helyét az orvosi genomtudományban, mert egyszerűen teljesen új adathalmazt állított elő (hominini-géntérképek) és hipotézis nélküli megfigyelésen alapuló jelentős felfedezéseket tett, valamint az adathalmazt felhasználva hipotézisvezérelt úton is kiemelkedő tudományos teljesítményt nyújtott.



Bacsárdi László

■ BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék | bacsardi@hit.bme.hu

# A kvantum-összefonódás nyomában

## A 2022-es fizikai Nobel-díj apropóján

*A 2022-es fizikai Nobel-díjat a kvantumfizika területén kifejtett munkásságáért ítelték oda három világhírű kutatónak. 2022. december 10-én a francia Alain Aspect, az amerikai John F. Clauser és az osztrák Anton Zeilinger vehette át a megtisztelő elismerést az összefonódott fotonokkal folytatott kísérleteikért, a Bell-egyenlőtlenségek megsértésének megállapításáért és úttörő kvantuminformatikai munkásságukért.*

Az összefonódás (angolul entanglement) működése nemcsak Einsteint döbbenettette meg, hanem a mai napig rácsodálkoznak a kvantumvilággal újonnan ismerkedők. Ebben a cikkben röviden bemutatom, hogyan működik az összefonódás, miért volt korszakalkotó a három díjazott tevékenysége, és milyen hatással van jelenünkre. Utóbbiból számos dolgot lehetne felsorolni, nem véletlenül kaptak Nobel-díjat. Kvantuminformatikusként önkényesen kiválasztottam párat, amely a kvantumszámítógépek és a kvantumkommunikáció területéhez tartozik. A három díjazott fizikus munkásságával részletesen magyar nyelven többek között a *Magyar Tudomány* 2023. februári számának egyik írása foglalkozik, amelyben jelen sorok szerzője is közreműködött.

### Válasz Einstein paradoxonára

Egyetemi tanóráimon az alábbi példával szoktam bevezetni hallgatóimat az összefonódás világába, miután megbeszéltük, hogy egy foton polarizációs állapotát meg tudjuk mérni ortogonális mérőbázis segítségével (például ilyen mérőbázis a vízszintes-függőleges mérőbázis, amely a vízszintesen polarizált fotonról azt mondja, vízszintes, a függőlegesen polarizáltról azt, hogy függőleges, egy tetszőlegesen polarizált fotonról pedig a kvantummechanikai egyenlettel leírt állapota alapján vízszintes vagy függőleges értéket jelez). Vegyünk egy 405 nanométeres hullámhosszú lézertényit, irányítsuk rá egy nemlineáris optikai tulajdonságokkal rendelkező béta-bárium-

borát (BBO) kristályra, amelyből két, egyenként 810 nm-es hullámhosszú foton fog kilépni, összefonódott fotonpárt alkotva. Ezek azzal a különleges tulajdonsággal rendelkeznek, hogy ha a fotonpár egyik tagjának a polarizációját megmértem a vízszintes-függőleges mérőbázisban, és a mérőberendezésem vízszintes állapotot mutat, akkor a fotonpár másik tagja is vízszintes állapotba kerül. Ha azonban a mérőberendezésem függőleges állapotba billen be, akkor a fotonpár másik tagja is függőleges állapotot mutat. Vagyis a fotonpár egyik tagján elvégzett mérés hatással van a fotonpár másik tagjára – akkor is, ha az nincs már ott a közelben, hanem nagyon nagy távolságra tartózkodik. De nemcsak ez a különleges az összefonódásban, hanem az is, hogy ha úgy döntök, a mérést nem a rektilineáris, hanem mondjuk a diagonális bázisban végzem el, akkor ebben is ugyanazon állapotokat veszik fel az összefonódott fotonpár tagjai a két oldalon. Azaz miután létrehoztunk egy összefonódott fotonpárt, a mérés pillanatában általunk kiválasztott mérőbázis határozza meg, milyen bázis szerint fogja az összefonódás tulajdonságait mutatni a rendszerünk. A mostani Nobel-díjasok munkásságának köszönhetően tudjuk, hogy ez valóban így van, de az az 1900-es évek első felében még nem mindenki gondolta így.

Albert Einstein 1935-ben fogalmazta meg szerzőtársaival (Boris Podolsky és Nathan Rosen) a később róluk elnevezett EPR-paradoxont, amelyben a rejtett paraméterek szükségességére hívta fel a figyelmet [1]. Szerintük az összefonódás nem a fentiek szerint működik, hanem amikor létrehozunk egy összefonódott párt, akkor a létrehozás pillanatában eldőlt, milyen mérőbázisban fogjuk majd elvégezni a mérést. Ugyan mi azt hisszük, hogy a szabad akaratunk szerint választunk a mérés pillanatában, valójában egy eleve elrendelt úton járunk, csak a leírásunk a világról nem teljes, mert vannak olyan rejtett paraméterek, amelyeket még nem ismerünk.

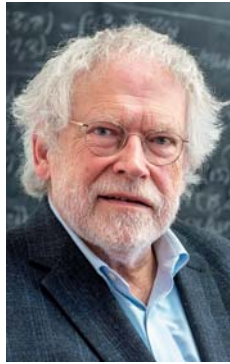
Közel 30 évet kellett várni, mire 1964-ben John Bell megfogalmazta azokat az egyen-

lőtlenségeket, amelyek lehetővé teszik, hogy teszteljük az összefonódást, és eldöntsük, vannak-e rejtett paraméterek [2]. John Clauser 1969-ben publikálta szerzőtársaival (Michael Horne, Abner Shimony, Richard Holt) a Bell-egyenlőtlenségek egy módosított változatát, amelyet a szerzők tiszteletére CHSH-egyenlőtlenségeknek nevezünk [3]. Míg Bell feles spinű részecskék spinjének mérésére dolgozta ki az egyenletrendszerét, addig Clauserék polarizációban összefonódott fotonpárookra fogalmazták meg azt. Három évvel később, 1972-ben ugyan Stuart Freedmannal közösen Clauser elvégezte a javasolt kísérletet, de a mérések hatékonysága rettentő alacsony volt. Még tíz évet kellett várni, mire 1982-ben Alan Aspect és munkatársai végrehajtották a Bell-egyenlőtlenségek első sikeres mérését, kísérletileg is bizonyítva, hogy Einstein-féle rejtettparaméter-elmélet nem igaz [4].

### Sikeres teleportáció

Bár az összefonódás jelensége a fénysebességnél gyorsabban lejátsszódik, sajnos információátvitellel önmagában nem használható, mert az összefonódott állapotainkat kvantummechanikai egyenletekkel írjuk le, és egy-egy mérés végrehajtásakor a mérés eredménye függ a fotonpár komplex valószínűségi amplitúdókkal megadott állapotától. A fentiekben ismertetett példánál maradva abban biztosak lehetünk, hogy ha megosztozunk egy összefonódott fotonpáron valakivel, akkor ő mindig ugyanazt a mérési eredményt fogja kapni, mint én, de azt már nem tudjuk befolyásolni, hogy mi vízszintes vagy függőleges értéket mérünk. 50% lesz annak a valószínűsége, hogy az összefonódott fotonpár egyik tagját megmérve vízszintes értéket kapunk, és 50% annak, hogy függőleges értéket. Azaz az összefonódást önmagában információátvitelre nem tudjuk használni, de számos olyan kvantuminformatikai alkalmazás van, amelyben nagyon fontos erőforrás szerepét tölti be.

Az egyik ilyen a kvantumteleportáció, amely alapötletét a következőként tudjuk



### A három Nobel-díjas.

**Balról jobbra: Alain Aspect,  
John F. Clauser,  
Anton Zeilinger**

(fotók: Ecole polytechnique  
Université Paris-Saclay,  
Peter Lyons, Jaqueline  
Godany, CC BY-SA 4.0)

összefoglalni (a teljes protokoll ennél egy kicsit összetettebb). Két fél – nevezzük őket Alice-nek és Bobnak – megosztózik egy összefonódott fotonpáron. Alice előállít a laborjában egy fotont, amelyet szeretne eljuttatni Bobhoz. A probléma csupán az, hogy Bob messze van tőle, és ha a fotont akár optikai szálon, akár szabad légkörön keresztül Alice elküldené neki, akkor a foton olyan csillapításokat szenvedne, hogy Bob nem tudná már megkapni. A kvantumteleportáció protokollja azonban lehetővé teszi azt, hogy az összefonódott párt felhasználva ezt a fotont úgy juttassuk el Alice-től Bobhoz, hogy a fotont nem küldjük sehova. Alice beleteszi a nála lévő teleportációs berendezésbe, a gép mutat két értéket, ezt a két számot átküldjük Bobnak egy hagyományos távközlési csatornán keresztül, Bob beüti a saját gépébe, és kiveszi belőle azt a fotont, amely korábban még Alice-nél volt.

A kvantumteleportáció elméletét 1993-ban publikálták. Négy évvel később *Anton Zeilinger* kutatócsoportjával sikeresen demonstrálta a gyakorlatban is a működését [5]. Nem ez volt az osztrák fizikus egyedüli összefonódással kapcsolatos kísérlete, demonstrálta például az összefonódás cseréjét (angolul entanglement swapping) is, amely lehetővé teszi, többek között, a teleportáció távolságának kiterjesztését, és a jövő kvantuminternetjének lesz alapvető építőeleme lesz.

### Informatikai alkalmazási területek

A kvantumfizikai elveken működő kvantumszámítógép lehetővé teszi, hogy nagyon komplex rendszereket modellezzünk – akár a fizika, akár a kémia, akár a biológia területén. A Google kvantumszámítógépével már sikeresen szimuláltak kémiai reakciót, az IBM felhőben elérhető kvantumszámítógépe is támogatja a kvantumkémiai kapcsolatos számításokat. Jelenleg is zajlanak kutatások mind molekuláris reakciók szimulálása, mind új orvosságok felfedezése területén. Ahhoz azonban,

hogy komplex kvantumszámítógépeket tudjunk létrehozni és a különböző helyszíneken lévő kvantumszámítógépeket össze tudjuk kapcsolni egymással, kvantummemóriára, valamint kvantum-jelismétlőkre lesz szükségünk. Mindkettőnek nagyon fontos alkotóeleme az összefonódás, ahogy a kvantumkommunikációban is fontos szerepet tölt be.

Korábban említettük, hogy önmagában az összefonódott fotonpár segítségével nem tudunk információt továbbítani, mert amikor elvégezzük a mérést, akkor véletlenszerűen kapunk vízszintes vagy függőleges értéket. De ezt fel tudjuk használni ahhoz, hogy a két kommunikáló fél között létrehozzunk egy véletlen, de egyforma értékekből álló sorozatot. A kvantumalapú kulcsszétosztás (angolul quantum key distribution, QKD) során pont az a célunk, hogy megosztózzunk egy titkos bitsorozaton két távoli fél között, amelyet utána kulcsként lehet használni a két fél közötti kommunikáció titkosítására. Mindez kompatibilis a jelenlegi informatikai rendszereinkkel, ugyanis a két fél közötti hagyományos kommunikációt titkosítjuk, hagyományos algoritmusok és protokollok segítségével, egyedül a titkosítási kulcsok cseréje történik kvantumosan. Ráadásul amíg a legtöbb kvantumszámítógép – architektúrájuk miatt – szuperalacsony hőmérsékleten működik (emiat jelentős hűtést igényel), addig a QKD-berendezések többsége szobahőmérsékleten is működőképes.

Többféle kvantumkulcsszétosztó megoldást ismerünk, az egyik nagy protokollcsalád az összefonódáson alapul. Zeilinger csoportja volt az első a világon, amely az összefonódáson alapuló kulcsszétosztást megvalósította 1998-ban.

### A Földön túl

A 80-as és 90-es évek sikeres kísérletei után többekben felmerült a kérdés: van-e fizikai határa a Bell-egyenlőtlenségek megsértésének? Tényleg működik az összefonódás nagyon nagy távolságokban is, ak-

kor is, ha elhagyjuk a Földet? 2016-ig kellett várni, hogy választ kapjunk a kérdésre, ebben az évben ugyanis Kína Föld körüli pályára állította a Miciust, a világ első kvantumkommunikációs műholdját. A mintegy 500 kilométeres pályamagasságban keringő műhold fedélzetén egy összefonódott fotonforrás működik, amelynek segítségével sikeresen tesztelték a kvantumteleportáció működését több mint ezer kilométeres távolságban, valamint összefonódáson alapuló kvantumkulcs-cserét hajtottak végre. A kínai kvantumkommunikációs kutatás vezetője Jianwei Pan, aki Anton Zeilinger témavezetésével szerezte meg doktori fokozatát Bécsben.

Míg azonban a kínai műhold több mint 600 kilogrammos, addig egy szingapúri kutatócsoport 2019-ben egy  $30 \times 10 \times 10$  centiméteres méretű, kicsivel több mint 3 kg súlyú kisműhold fedélzetén állított elő sikeresen összefonódott fotonokat a világűrben. Mindez azt mutatja, hogy az az összetett kísérleti elrendezés, amellyel az előző évszázad végén a most Nobel-díjjal jutalmazott fizikusok dolgoztak, már meg lehetőségen kis méretben, űrtechnológiai szabványoknak megfelelően is működik.

Összefonódáson alapuló szabadtéri kulcsszétosztással hazánkban a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán foglalkoznak. A jelenleg laboratóriumi körülmények között sikeres demonstrációt végrehajtó kutatócsoport egy Duna két oldala közötti kísérletet tűzött ki célul maga elé a következő időszakra. A Műegyetemen fejlesztett szabadtéri QKD-berendezés mind hardverét, mind szoftverét tekintve teljesen hazai fejlesztés – a rendszer alapjául szolgáló összefonódott fotonforrást a BME Természettudományi Karán működő Atomfizika Tanszékén fejlesztették. Az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának és az Új Nemzeti Kiválósági Program ÚNKP 22-5 Bolyai+ ösztöndíjának támogatásával a cikk szerzője is aktívan kutatja, hogyan jelenhet meg az összefonódás erőforrásként a különböző szabadlégköri és űrbeli kvantumkommunikációs rendszerekben. ●●●

### IRODALOM

- [1] A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Phys. Rev.* (1935) 47, 777.
- [2] J. S. Bell, On the Einstein Podolsky Rosen Paradox, *Physics* (1964) 1, 195.
- [3] J. F. Clauser et al., Proposed experiment to test local hidden-variable theories, *Phys. Rev. Lett.* (1969) 23, 880.
- [4] A. Aspect, P. Grangier, G. Roger, Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A new violation of Bell's inequalities, *Phys. Rev. Lett.* (1982) 49, 91.
- [5] D. Bouwmeester et al., Experimental quantum teleportation, *Nature* (1997) 390, 575.

Tomasek Szabina – Miskolczi Norbert

Pannon Egyetem MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék

# Szennyvíziszapok újrahasznosítása termokémiai módszerrel

## Bevezetés

A világ népességének növekedésével és az életszínvonal javulásával a települési szennyvíziszapok mennyisége évről évre egyre nagyobb. Szárazanyagra vonatkoztatva évi 23 millió tonna szennyvíziszap keletkezik, melyből közel 6 millió tonna égetésre, 9 millió tonna lerakásra kerül [1]. A szennyvíziszapok kezelésére az égetésen és a lerakáson kívül elterjedten alkalmazzák még a mezőgazdasági hasznosítást és a komposztálást is [2]. A lerakás és a mezőgazdasági hasznosítás jelentősen növeli a környezetbe irányuló nitrogén, foszfor, nehézfémek és különféle kórokozók (pl. baktériumok, vírusok) emisszióját, ahogyan az égetés során is felmerülhetnek emissziós problémák. Emellett fontos megemlíteni a szennyvíziszapok nagy nedvességtartalmát (szárítást megelőzően > 30%) és alacsony fűtőértékét (8–25 MJ/kg) is [3]. A káros hatások kiküszöbölésére ígéretes megoldás lehet a szennyvíziszapok pirolízise, melynek során a szennyvíziszapban jelen lévő biológiailag is káros anyagok a magas hőmérséklet hatására elpusztulnak, a lipidek, a poliszacharidok, a proteinek és a szénhidrátok bomlása révén pedig olyan gáz- és cseppfolyós halmazállapotú termékek keletkeznek, melyek – minőségjavítást követően – bevonhatók a Fischer–Tropsch- és metanolszintézisekbe vagy a motorhajtóanyag-keverőkomponensek egyéb előállítási folyamataiba. A pirolízis szilárd maradéka esetében a szorbensként, katalizátorként vagy talajjavítóként történő alkalmazásnak lehet létjogosultsága [4, 5]. Az **1. ábra** a szennyvíziszap termikus módszerekkel történő kezelésének lehetséges megoldását mutatja a körforgásos gazdaság szempontjából.



**1. ábra. A szennyvíziszap termikus hasznosítása a körforgásos gazdaság figyelembevételével**

## Szennyvíziszapok pirolízise

A szennyvíziszapok pirolízise bonyolult kémiai reakciók sorozata. A főreakciók a 200–600 °C hőmérséklet-tartományban játszód-

nak le: előbb a lipidek és a poliszacharidok ( $T = 200\text{--}400\text{ °C}$ ), magasabb hőmérsékleten ( $T = 400\text{--}600\text{ °C}$ ) pedig a kevésbé reaktív, nagyobb molekulatömegű komponensek (pl. proteinek, szénhidrátok) inert atmoszférában végbemenő bomlása révén. A szennyvíziszapban az említett alkotókon kívül szervesetlen vegyületek (pl. karbonátok) is jelen lehetnek. Utóbbiak hőbomlása azonban 600 °C feletti hőmérséklettel jellemezhető [6].

## Az alapanyag és a műveleti paraméterek hatása a szennyvíziszapok pirolízisére

A pirolízis hozamszerkezetét és a keletkező termékek összetételét az alapanyag összetétele és a hőbomlási folyamat során alkalmazott műveleti paraméterek (hőmérséklet, reakcióidő, fűtési sebesség, nyomás, katalizátor) is befolyásolják [7–10].

Az alapanyag vonatkozásában elmondható, hogy a szennyvíz eredete és kezelési módszere nemcsak az iszapszerű maradék szerves és szervesetlen tartalmát, hanem a hamu, a fix karbon és az illékony komponensek mennyiségét is befolyásolja [7]. A szennyvíziszaphoz kevert egyéb anyagok (pl. biomassa, műanyag) szintén hatással vannak a lejátszódó folyamatokra és a kapott termékekre. A szennyvíziszap és a biomassa együttes pirolízisekor a hígító hatás mellett – például az első bomlási lépcső hőmérsékletét ( $T = 200\text{--}400\text{ °C}$ ) csökkentő, nagyobb gázhozamot eredményező – „szinergikus” hatások is érvényesülhetnek [11]. Polietilénnel lefolytatott együttes pirolízis esetén szintén igazolható a két komponens egymásra gyakorolt előnyös hatása [12].

A műveleti paraméterek közül a hőmérsékletnek kulcsfontossága van. A magasabb hőmérsékletek elősegítik a gáztermékek keletkezését és nagyobb hidrogéntartalmú gázfrakciót eredményeznek. Ezenkívül hozzájárulhatnak a jelentősebb mértékű koks keletkezéséhez is [8, 13].

A reakcióidőnek a másodlagos reakciók lejátszódása szempontjából van jelentős hatása a termékekre. Mivel rövid reakcióidőknél nincs elegendő idő a másodlagos reakciók végbemenetelére és a molekulafragmentumok összekapcsolódására, így rövidebb tartózkodási időknél a folyadéktermék mennyisége a meghatározó [14].

A nagy fűtési sebességek az illékony termékek mennyiségét növelik. Fontos azonban megjegyezni, hogy a nagy fűtési sebességek általában rövid reakcióidővel párosulnak, ezért a folyadékhozam is nagyobb [13].

A nyomás hatásáról viszonylag kevés információ áll rendelkezésre. Ennek oka, hogy a pirolíziskísérleteket döntő többségében atmoszférikus nyomáson folytatják le, és csak ritkább esetben vizsgálják az atmoszférakülső eltérő nyomások termékhozamokra és termékösszetételre gyakorolt hatásait. A nyomás nö-



|                                | Szakaszos                        | Állóágyas     | Fluid                        | Forgódobos       | Csőreaktor    | Különleges         |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------------|------------------|---------------|--------------------|
| Alapanyag-előkészítés          | alacsony                         | közepes       | szigorú előírások            | alacsony         | közepes       | közepes            |
| Alapanyag-variabilitás         | nagy                             | közepes       | kismértékű                   | nagy             | közepes       | alacsony-közepes   |
| Kapacitás                      | alacsony-közepes                 | közepes       | nagy                         | alacsony-közepes | közepes-nagy  | közepes-nagy       |
| Jellemző hőmérséklet-tartomány | < 650 °C                         | < 650 °C      | < 1000 °C                    | < 650 °C         | < 600 °C      | < 1500 °C          |
| Jellemző nyomás-tartomány      | atmoszférikus, vákuum, túlnyomás | atmoszférikus | atmoszférikus, kis túlnyomás | atmoszférikus    | atmoszférikus | reaktortípus függő |
| Flexibilitás                   | közepes                          | kicsi         | kicsi-közepes                | nagy             | nagy          | nagy               |
| Bonyolultság                   | kevésbé                          | közepes       | nagyon                       | közepes          | közepes       | közepes, nagyon    |

1. táblázat. A különböző reaktortípusok főbb jellemzői

velése a nehezebb folyadéktermékek keletkezését segíti elő, a nyomás csökkentése pedig kedvezőbb összetételű gázterméket eredményez [9].

A hozamszerkezet és a keletkezett termékek összetételének befolyásolására katalizátorok (pl. alumínium-oxid, szilícium-oxid, zeolitok stb.) is alkalmazhatók. A katalizátorok alkalmazása azonban több kérdést is felvet, mert az előnyök mellett nehézségekkel is számolni kell, ilyen például a jelentős költségigény vagy a nehézkes visszanyerés és regenerálás [10].

### A szennyvíziszap-pirolízis reaktora

A szennyvíziszap-minták pirolízisét a műanyag- és biomassza-hulladékok pirolíziséhez hasonló reaktorkonstrukciókban (pl. szakaszos vagy folyamatos működésűek, állóágyas, mozgóágyas vagy fluid rendszerűek, termikus vagy termo-katalitikus elven működőek) végzik. Az 1. táblázat a különböző reaktortípusok jellemző működési paramétereit foglalja össze. A *szakaszos reaktorok (batch)* a legegyszerűbb reaktorkialakítások a pirolitikus folyamatok megvalósítására. Előnyük, hogy a kapacitást tekintve flexibilisek, illetve hogy nincs komolyabb megkötés az alapanyagok összetételével, szemcseméretével és tisztaságával kapcsolatban. Hátrányuk, hogy a jobb hőátadási és gazdasági jellemzők elérése céljából a reaktorban lévő anyagot kevertetni kell, valamint hogy a bomlási folyamatok elősegítésére alkalmazott katalizátor nem visszanyerhető [15,16].

Az *állóágyas reaktorok* általában függőleges áramlásúak, melyekben az adott térfogatú áramlást valamilyen inert gáz alkalmazásával biztosítják. Az állóágyas reaktorok hőtehetetlensége és érintkezési felülete jellemzően nagy. A nagy hőtehetetlenség miatt általában kis fűtési sebességeket alkalmaznak, de még így sem biztosítható a konstans hőmérséklet a reaktor és az állóágy minden pontjában. Emiatt a műveleti egységben lejátszódó hőbontási reakciók különbözőek, így azok különböző termékmenyiséget és összetételt eredményeznek [15,16]. A *fluidágyas reaktorokban* a részecskék lebegnek, ezáltal kedvezőbbek a keveredési és hőátadási folyamatok. A hőmérséklet-eloszlás egyenletesebb, valamint a lejátszódó reakciók és a termékösszetétel is jobban kontrollálható. További előny, hogy a fluidágyas reaktorok katalizátorai könnyebben visszanyerhetők és regenerálásuk is lehetséges. Másrésről viszont jelentős lehet a porterhelés, ami miatt külön ciklon- és tisztítórendszert kell az eljárásba beépíteni [16–18].

A *forgódobos reaktorok* hengergeometriával rendelkeznek. Fekvő elrendezésűek, és középvonaluk mentén forgatják őket. A jobb hőátadás érdekében a reaktorban nemritkán hőhordozó közegeket és/vagy katalizátort helyeznek el. A palástfelületen esetlegesen elhelyezett terelőelemek szintén a jobb hőátadást hivatottak elősegíteni. A konstrukció nagy előnye, hogy alkalmazásával jelentősen csökkenthető az alapanyag-előkészítés költsége, alkalmazhatóságának másrésről viszont határt szab a fűtőfelület és az alapanyag kedvezőtlen aránya [16, 19].

A reaktorok másik nagy csoportját a *csőreaktorok* alkotják. A *csigás csőreaktorok* folyamatos műveleti egységek, melyekben a jobb energetikai tulajdonságok elérésére egy keverőelem (csiga) is van. A csiga az alapanyag továbbítását biztosítja, továbbá a csigával lehet szabályozni a reaktorban lévő alapanyag tartózkodási idejét is. Az ilyen típusú reaktorokban legfeljebb 5–10%-nyi katalizátor keverhető az alapanyaghoz, különben adagolási problémák lépnek fel. További hátrány, hogy az alapanyaghoz kevert katalizátor nem, vagy csak nagyon körülményesen nyerhető vissza [16]. A csőreaktorok ejtőcsöves kialakításúak is lehetnek. Az ilyen konstrukciónál a reaktor tetején beadagolt alapanyag a reaktor alja felé mozog. A szilárd maradék a reaktor alján távozik, az illékonyabb termékek a reaktor tetején vehetők el [16].

A szennyvíziszapok pirolízise *különleges reaktorokban* (pl. mikrohullámú reaktorok, vákuum-, plazma- vagy Curie-pont-reaktorok) is lefolytatható. A felsorolt reaktorok viszonylag új típusok. Kifejlesztésük és alkalmazásuk legfőbb hajtóereje az energetikai költségek csökkentése és a hagyományos reaktorkonstrukciók alkalmazási hátrányainak kiküszöbölése [20, 21].

### A szennyvíziszap-pirolízis termékei

A szennyvíziszapok hőbomlása általában 5–40% gáztermék keletkezését eredményezi [22, 23]. A gáztermék a kén- és nitrogéntartalmú szennyezőkön (pl. NH<sub>3</sub>, HCN, H<sub>2</sub>S, COS, CS<sub>2</sub>, merkaptánok) kívül főként hidrogént, szén-monoxidot, szén-dioxidot és szénhidrogéneket tartalmaz. A hidrogén- és szén-monoxid-tartalmak jellemzően 10–30% közöttiek. A két komponens egymáshoz viszonyított aránya megközelítőleg egy. A metán koncentrációja az esetek döntő többségében 10% alatti, a szén-dioxid részaránya azonban elérheti, sőt meg is haladhatja az 50%-ot [3, 22, 23].

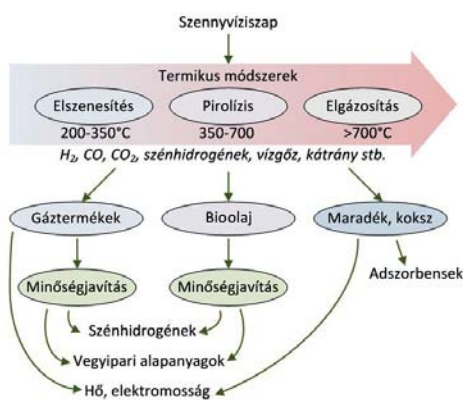
A hőbomlási folyamatban cseppfolyós (hozam: 16–40%) és szilárd halmazállapotú termékek (hozam: 20–70%) is keletkeznek.



A cseppfolyós termék (ún. *bioolaj*) több száz szerves vegyületet, n-alkánokat, n-olefineket, aromás szénhidrogéneket, nitrogén- és kén tartalmú vegyületeket, karbonsavakat, ketonokat, észtereket és szteroidokat tartalmazó, korrozív szerves folyadék, mely nemritkán 20–40% oxigén- és 10–78% nedvességtartalommal jellemezhető [24, 25]. A szénszerű maradék (ún. *bioszén*) szintén komplex összetételű. Abban aromás szénhidrogének, nitrogén- és kénvegyületek, továbbá a talaj számára értékes tápanyagok (pl. N, P, K, Ca, Fe, Mg, Cu, Zn) is megtalálhatók. A felsorolt összetevőkön kívül a bioszénben nehézfémek (pl. As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se) is kimutathatók [26, 27].

## A szennyvíziszap-pirolízis termékeinek minőségjavítása

A gáztermék esetében a minőségjavítás a szennyezők eltávolítását, valamint az összetétel kedvezőbb irányba történő módosítását (pl. a szintézisgáz  $H_2/CO$  molarányának beállítását) jelenti. A szennyezők eltávolítására alkalmasak lehetnek a hagyományos kőolajfinomítóknál évtizedek óta alkalmazott szorpciósi módszerek, a  $H_2/CO$  molarány beállítása pedig a víz-gáz shiftreakció lejártszátszával lehetséges [28, 29]. A hidrogéntartalom növelésének további módja lehet a pirolízis illékony termékgözeinek reformálása [30]. A 2. ábra a szennyvíziszap termikus átalakításával előállítható főbb termékeket és termékutakat mutatja.



2. ábra.  
A szennyvíziszap termikus átalakításával nyerhető főbb termékek

A bioolaj felhasználásának leginkább magas oxigéntartalma szab határt. Az oxigéntartalmú vegyületek számos nemkívánt mellékreakció – pl. észterezés, félacetálok keletkezése aldehidekből, ketonokból és alkoholokból, aldolkondenzáció, fenol-aldehid reakciók, homopolimerizáció, gyantaképződés – lejátszódásához vezetnek. A nemkívánatos reakciókban keletkező termékek nemcsak növelik a bioolaj viszkozitását, hanem a korrózió mellett indíthatósági és tárolási stabilitási problémákat is okoznak [31]. Az oxigéntartalom csökkentésére a zsírsav-metil-észter (FAME) célú átészterezés mellett több kutatócsoport is a katalitikus hidrogénező minőségjavítást, azon belül is a hidrogéndonor oldószerek alkalmazását javasolta [32, 33]. Habár a donoroldószerek alkalmazása valamelyest javíthat az eljárás gazdaságosságán, hosszú távon nem jelent megoldást a problémára. Ezért érdemes lehet a szennyvíziszapok hőbontását az elgázosítás irányába elvinni.

A bioszén esetében – ahogyan a bevezetésben is már említettük – a szorbensként, katalizátorként vagy talajjavítóként történő alkalmazásnak lehet létjogosultsága. A szorbensként történő felhasználáshoz a bioszén fajlagos felületét kell megnövelni, valamint ki kell alakítani a megfelelő pórusszerkezetet és felületi funkciók csoportokat [34]. A pórustér fogat növelése és a megfelelő pórusszerkezet kialakítása savoldatokkal végzett hamumentesítéssel, valamint fizikai és/vagy kémiai aktiválással lehetséges.

A fizikai aktiválás általában karbonizációt jelent, a kémiai aktiválás folyamatában pedig dehidratálási reakciók mennek végbe. Fizikai aktiváló szerként leggyakrabban a szén-dioxidot, a levegőt, a nitrogént, a vízgőzt és az oxigént alkalmazzák. A szén-dioxid alkalmazásakor főleg mikropórusok keletkeznek, a vízgőz alkalmazása pedig a mezopórusok keletkezése szempontjából előnyös. A kémiai aktiváló szerek közül a kálium-hidroxid alkalmazása a leggyakoribb [34, 35]. A bioszén ezenkívül alacsony költségek mellett képes a hőbontási folyamatokat is katalizálni, továbbá felhasználható a bioolaj nitrogén- és oxigéntartalmú vegyületeinek átalakítására is [36, 37].

**Köszönetnyilvánítás.** „A 2019-2.1.13-TÉT\_IN\_2020-00071 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2019-2.1.13-TÉT\_IN pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

## IRODALOM

- [1] S. Lee, Y.-M. Kim, M. Z. Siddiqui, Y.-K. Park, Environ. Pollut. (2021) 285, 117197.
- [2] M. Buta, J. Hubeny, W. Zielirski, M. Harnisz, E. Korzeniewska, Ecotoxicol. Environ. Saf. (2021) 214, 112070.
- [3] D. Fytili, A. Zabaniotou, Renew. Sustain. Energy. Rev. (2008) 12, 1, 116.
- [4] S. R. Naqvi, R. Tariq, M. Shahbaz, M. Naqvi, M. Aslam, Z. Khan, H. Mackey, G. McKay, T. Al-Ansari, Comput. Chem. Eng. (2021) 150, 107325.
- [5] Y. Xiao, A. Raheem, L. Ding, W.-H. Chen, X. Chen, F. Wang, S.-L. Lin, Chemosphere (2022) 278, 1, 131969.
- [6] S. S. A. Syed-Hassan, Y. Wang, S. Hu, S. Su, J. Xiang, Renew. Sustain. Energy. Rev. (2017) 80, 888.
- [7] T. Karayildirim, J. Yanik, M. Yuksel, H. Bockhorn, Fuel. (2006) 85, 10-11, 1498.
- [8] J. Alvarez, M. Amutio, G. Lopez, I. Barbarias, J. Bilbao, M. Olazar, Chem. Eng. J. (2015) 273, 173.
- [9] G. Qi, C. Li, Y. Mei, W. Xu, Y. Shen, X. Gao, J. Environ. Chem. Eng. (2020) 8, 5, 104452.
- [10] Z. Huang, L. Qin, Z. Xu, W. Chen, F. Xing, J. Han, J. Energy Inst. (2019) 92, 4, 835.
- [11] J. Alvarez, M. Amutio, G. Lopez, J. Bilbao, M. Olazar, Fuel. (2015) 159, 810.
- [12] A. Zaker, Z. Chen, M. Zaheer-Uddin, J. Guo, J. Environ. Chem. Eng. (2021) 9, 1, 104554.
- [13] J. Akhtar, N. S. Amin, Renew. Sustain. Energy. Rev. (2012) 16, 7, 5101.
- [14] I. Fonts, A. Juan, G. Gea, M. B. Murillo, J. L. Sánchez, Ind. Eng. Chem. Res. (2008) 47, 15, 5376.
- [15] M. Olazar, G. Lopez, M. Amutio, G. Elordi, R. Aguado, J. Bilbao, J. Anal. Appl. Pyrolysis. (2009) 85, 359-365.
- [16] A. Soria-Verdugo: Wastewater Treatment Residues as Resources for Biorefinery Products and Biofuels, (2020) 8: p. 155-181.
- [17] M. Li, H. Wang, Z. Huang, X. Yuan, M. Tan, L. Jiang, Z. Wu, X. Qin, H. Li, Energ. Convers. Manage. (2020) 213, 112793.
- [18] B. M. Wagenaar, W. Prins, W. P. M. van Swaaij, Chem. Eng. Sci. (1994) 49, 24, 5109.
- [19] A. Zaker, Z. Chen, X. Wang, Q. Zhang, Fuel Process. Technol. (2019) 187, 84.
- [20] M. I. Jahirul, M. G. Rasul, A. A. Chowdhury, N. Ashwath, Energies. (2012) 5, 4952.
- [21] Q. Xu, S. Tang, J. Wang, J. H. Ko, Process Saf. Environ. Prot. (2018) 115, 49.
- [22] J. Moško, M. Pohořelý, S. Skoblia, Z. Beňo, M. Jeremiáš, Energies. (2020) 13, 16, 4087.
- [23] Y. Liu, R. Lin, Y. Man, J. Ren, Int. J. Hydrog. Energy. (2019) 44, 36, 19676.
- [24] E. Pokorna, N. Postelmans, P. Jenicek, S. Schreurs, R. Carleer, J. Yperman, Fuel (2009) 88, 8, 1344.
- [25] I. Fonts, M. Azuara, G. Gea, M. B. Murillo, J. Anal. Appl. Pyrolysis. (2009) 85, 1-2, 184.
- [26] J. Moško, M. Pohořelý, S. Skoblia, R. Fajgar, P. Straka, K. Soukup, Z. Beňo, J. Farták, O. Bičáková, M. Jeremiáš, M. Šyc, E. Meers, J. Anal. Appl. Pyrolysis. (2021) 156, 105085.
- [27] R. Chen, Q. Sheng, X. Dai, B. Dong, Fuel. (2021) 300, 121007.
- [28] D. Chiche, C. Diverchy, A.-C. Lucquin, F. Porcheron, F. Defoort, Oil Gas Sci. Technol. (2013) 68, 4, 707.
- [29] D. S. Newsome, Catal. Rev. Sci. Eng. (1980) 21, 2, 275.
- [30] N. Gao, K. Kamran, C. Quan, P. T. Williams, Prog. Energy Combust. Sci. (2020) 79, 100843.
- [31] J. Joseph, M. J. Rasmussen, J. P. Fecteau, S. Kim, H. Lee, K. A. Tracy, B. L. Jensen, B. G. Frederick, E. A. Stemmler, Energy Fuels. (2016) 30, 6, 4825.
- [32] V. K. Venkatakrishnan, W. N. Delgass, F. H. Ribeiro, R. Agrawal, Green Chem. (2015) 17, 178.
- [33] Z. Si, X. Zhang, C. Wang, L. Ma, R. Dong, Catalysts. (2017) 7, 6, 169.
- [34] S. Singh, V. Kumar, D. S. Dhanjal, S. Datta, S. Bhatia, J. Dhiman, J. Samuel, R. Prasad, J. Singh, J. Clean. Prod. (2020) 269, 122259.
- [35] Q. H. Lin, H. Cheng, G. Y. Chen, J. Anal. Appl. Pyrolysis. (2012) 93, 1-2, 113.
- [36] D. A. Buentello-Montoya, X. Zhang, J. Li, Renew. Sustain. Energy. Rev. (2019) 107, 399.
- [37] Z. Qiu, Y. Zhai, S. Li, X. Liu, X. Liu, B. Wang, Y. Liu, C. Li, Y. Hu, Waste Manage. (2020) 114, 225.

# Nagyon jó állandóan fiatalok között lenni, velük dolgozni

A Magyar Kémiaoktatásért Díj 2022. évi két kitüntetettje,  
Ferenczyné Molnár Márta és Versits Livia gondolatai

*Milyen érzésekkel fogadták a kitüntetés hírért?*

**M. M.:** Meglepődve, hisz nem tudtam a felterjesztésemről. Nagy örömmel, mert jólesik, hogy akik felterjesztettek a díjra, és akik odaítélték a díjat, méltónak találtak az elnyerésére.

**V. L.:** Amikor értesítettek, hogy megkaptam a díjat, nagyon meglepődtem, és természetesen nagyon megörültem. Meghatódtam, mert számomra ez a díj nagyon megtisztelő, hisz így olyan kiváló pedagógusok mellé kerülhetek, akikre példaképként tekintek. Többekkel jó kapcsolatban vagyok, látom, milyen odaadóan, sikeresen tanítanak. Úgy tudom, már többször jelöltek a díjra az ELTE szakmódszertanának oktatói és az intézményvezetők. Ez azért nagy öröm számomra, mert egyrészt egyetemi oktatók is figyelemmel kísérik az eredményeimet, másrészt saját munkahelyem vezetője is elégedett a napi munkámmal.

*Mi vonzotta önöket a pedagóguspályára?*

**M. M.:** Édesanyám pedagógus, és sok jó tanárom volt. Az ő munkájukat látva úgy éreztem, én is szeretni fogom ezt a pályát, és így is lett. Az általános iskola 8. osztályában határoztam el, hogy kémia tanár szeretnék lenni.

**V. L.:** Már gyermekkoromban is „tanítottam” a babákat, játékmackókat. Iskoláskoromban pedig sokat segítettem diáktársaimnak a tanulásban, és jó érzés volt, ha sikerült elmagyaráznom a problémás dolgokat. Ez a gimnáziumi évek alatt csak fokozódott. Mindenképpen gyerekekkel szerettem volna foglalkozni, és a sikerélményeim egyértelműen a tanári pályára tereltek.

*A mai helyzetet látva, a tanárok anyagi megbecsülésének hiányán túl, mit tartanak az oktatási rendszer alapvető problémájának?*

**M. M.:** A pedagógusok erkölcsi megbecsülését... A diákok oktatásán, és így a tanárokon múlik, hogy mit, és mennyit fog tudni a jövő nemzedék. Milyen értékeket adunk át, és visznek tovább gyermekeink. Nagyon fontos lenne, hogy a társadalom a munkánkat fontosnak tartsa, és megbecsülje, ezzel elősegítve, hogy minél több fiatal válassza ezt a hivatást.

**V. L.:** Elsősorban a motiváció hiányát, amiből adódik, hogy kevés a fiatal tanár. Persze ennek rengeteg oka van: a magas óraszámok és az életpálya-modell anomáliája, a felesleges adminisztráció, idetartozik a munkaidő-nyilvántartás vezetése is, ami köszönőviszonyban sincs a valósággal. A tanári önállóság és szabadság csökkenése, amiben benne van a tankönyvválasztás lehetőségének hiánya. De a legnagyobb baj az erkölcsi megbecsülés hiánya. Ez a manapság sokszor hallott mondatban maximálisan benne van: „a pedagógusbéreket a diplomás átlagbér 80%-ára kell emelni”. Egy pedagógus, aki sokszor ellátja a család felada-



Ferenczyné Molnár Márta



Versits Livia

tait is, aki tanítson, neveljen, példát mutasson, mindig legyen türelmes, megértő, segítőkész, az nem 80%-os!

Konkrétan a természettudományos oktatás, a kémia tanítás legnagyobb problémája a tanárhány és az óraszámok drasztikus csökkenése. Kezdő koromban 12 évfolyamra vetítve még heti 10 órában tanítottunk, ma ez 6 óra. Közben pedig sokat fejlődött a tudomány! Manapság a szakos ellátottság hiánya miatt szinte nulla tudással érkeznek a gimnáziumba a tanulók. Hallottak már a fogalomról, de nem tudják hova tenni. Már utálják a kémiát. Ha megkérdezem, miért, mit tanultál két év alatt, a válasz: semmit. Akkor mit utál? Erre építve nehéz az érdeklődést felkelteni.

*Kérem, elevenítsenek fel a pályájukról egy pozitív emléket, amivel a maguk számára is igazolták és olvasóink számára is indokolhatják, hogy érdemes kémia tanárnak jelentkezni.*

**M. M.:** Nagyon jó állandóan fiatalok között lenni, velük dolgozni, visszajelzéseket kapni tőlük, hogy ők is élvezik ezt a közös munkát. A kémia, mint természettudomány, felfedeztető, kísérletező tudomány, amit nem könnyű megérteni és elsajátítani. Szeretem, mikor látom a tekintetekben, hogy valami újat megértettek. Jó érzés, amikor közös sikereink vannak: érettségi, felvételi, versenyek. Hálás vagyok a köszönetekért, legutóbb a díjadón volt tanítványom beszédéért.

**V. L.:** Tanítani a csillogó szemekért érdemes, a hálás tanítványokért, azokért a mosolyokért, vidám percekért, amikből szerencsémre sok jutott az elmúlt 36 évben. Vannak persze kudarcok is, de ezek szükségesek, hogy újragondoljuk a feladatainkat. Minden



osztály, csoport, minden tanítási óra más, és ez „ébreten tartja” az embert. A diákok lendülete, humora pedig fiatalít!

Miért éppen a kémia? Ez egy összetett tantárgy, kell hozzá elméleti tudás, számolási és laboratóriumi ismeretek. Sok ember megtalálhatja benne a számára érdekes, vonzó részt. Mindennapjaink elképzelhetetlenek a kémia ismerete nélkül. Akkor is, ha orvosnak, gyógyszerésznek, képzőművésznek, kozmetikusnak vagy szakácsnak készül valaki. Rengeteg pozitív élményem van, de egy tanár szerintem arra a legbüszkébb, ha hozzájárulhatott tanítványai sikeréhez az életben: kutatók, professzorok, orvosok, vegyészek, sőt még kémiatanárok is vannak közöttük. Nagyon kedves emlékem például, amikor verset írtak nekem a kolloid felhőkről. Még a kémia is lehet inspiráló egy „költőnek” – ez meghatározó számomra!

*Kívánok még sok-sok csillogó szemű tanítványt, örömet az életben, elmélyülést az emlékekben!*

Kiss Tamás



Díjátadó ünnepség az Akadémián

## Átadták a 2022. évi Rátz Tanár Úr-életműdíjakat

December eleje mindig az örömmel teli eseményeké. Ilyenkor szokták átadni a különböző alapítványok, szervezetek, egyesületek díjaikat. Ilyenkor lehetőségünk van, hogy egy kicsit elzárjuk magunktól a gazdasági, társadalmi, politikai, problémákat, nehézségeket, és az emberi tudásra, a teljesítményre, az elhivatottságra, a kreativitásra figyeljünk. December 10-én adták át a tudomány legnagyobbjainak a Nobel-díjakat Stockholmban, december 12-én pedig Budapesten a Rátz Tanár Úr-életműdíjakat adták át az idén legjobbnak tartott természettudományos középiskolai tanároknak.

A Rátz Tanár Úr-életműdíj ünnepélyes díjátadóját ismét a Magyar Tudományos Akadémia Dísztermében rendezték meg. Az elismerésben ez alkalommal is nyolc kiváló pedagógus részesült, akik a matematika-, fizika-, kémia-, biológiaoktatás területén nyújtott kimagasló teljesítményükért vehették át a rangos kitüntetést. A 2022-es pályázati időszak fontos fejleménye, hogy a pedagógus Kossuth-díjként is emlegetett szakmai elismeréssel járó pénzjutalom összege is tovább növekedett – az idei évtől fejenként kétmillió forintot kaptak a díjazott tanárok.

2022-ben a következő pedagógusoknak ítélte oda a díjat a kuratórium:

**Erdős Gábor**, Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa

**Varga József**, Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét

**Koncz Károly**, PTE Babits Mihály Gyakorló Gimnázium, Pécs

**Moróné Tapody Éva**, Szegedi Tömörkény István Gimnázium, Művészeti Szakgimnázium, Szeged

**Tölgyesné Kovács Katalin**, Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium, Zalaegerszeg

**Hotziné Pócsi Anikó Judit**, Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen

**Fazekas Andrea**, Deák Téri Evangélikus Gimnázium, Budapest

**Bertáné Kövesdi Gabriella**, Keszthelyi Vajda János Gimnázium, Keszthely

(A két kitüntetett kémiatanár nevét dőlt betűvel jelöltük.) Ezzel a díjazott pedagógusok száma 168-ra emelkedett.

Köszönet illeti az Alapítvány gondozóit kimagasló társadalmi kötelezettségvállalásukért; a díjazottaknak pedig gratulálunk elkötelezett pedagógusi helytállásukhoz, és pályájukon további sikereket kívánunk!

KT



A 2022. évi életműdíjasok



## KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

# A Gay-Lussac-törvény, a Charles-törvény, Amontons törvénye

**M**agyarországon és a világ számos országában egyszerűen Gay-Lussac-törvényről vagy törvényekről beszélünk, ha a gázok (szigorúan az ideális gáz) nyomásának vagy a térfogatának hőmérsékletfüggését írjuk le. Nagyon egyszerű, de rendkívül fontos összefüggésekről van szó, amelyek alapvető szerepet játszottak a fizikai kémia fejlődésében (például a hő és a hőmérséklet mibenlétének tisztázásában), és ma is használjuk ezeket.

Tehát ha a hőmérséklet ( $T$ ) nő, a nyomás ( $p$ ) is nő állandó térfogaton ( $V$ ):

$$p/T = \text{állandó.}$$

Állandó nyomáson pedig a térfogat változását a hőmérséklettel (hőtágulás) az alábbi egyenlet írja le:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2.$$

Ezt Gay-Lussac I. törvényének vagy Charles-törvénynek is nevezik, mert nemcsak Gay-Lussac, hanem Charles is eljutott ehhez a felismeréshez.

Persze ezeket az összefüggéseket a gázok hőtágulására először más formában írták le, például

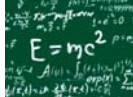
$$V = V_0(1 + bT),$$

ahol  $V_0$  egy vonatkozási vagy kiindulási térfogat, és  $b$  a hőtágulási együttható. A  $b$  értéke minden ideálisan viselkedő gázra azonos. Szilárd anyagokra és folyadékokra is érvényes ez az egyenlet, de ezeknél a  $b$  értéke az anyagi minőségtől függ. Gondoljunk a híganyos hőmérőre vagy a villamossínre.

A törvények megszületése idején még nagy vita folyt a hő természetéről és a hőmérséklet mibenlétéről [1–3]. A 17. századtól a tudósok egy része amellet állt ki, hogy a hő a részecskék mozgásával függ össze (kinetikus elmélet). Ezt képviselte Francis Bacon (1561–1626), Daniel Bernoulli (1700–1782), Leonard Euler (1707–1783), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716). Számításokat is végeztek a gázcsepp részecskék sebességével és azok hőmérséklet-függésével kapcsolatban. A másik tábor hőanyagról érkezett

(caloricum-elmélet). Ide tartozott Joseph Black (1728–1799), Nicolas L. Sadi Carnot (1796–1832), B. J. Fourier (1768–1830). Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) és Pierre-Simon Laplace (1749–1827) ingadozott. Benjamin Thomson, Lord Rumford (1753–1814) 1798-as előadása a Royal Societyben az ágyúfűrészi kísérletéről, amelyben bebizonyította, hogy a sűrűlődi hű kimeríthetetlen, vezetett el a kinetikai elmélet egyre szélesebb körű elfogadásához. E szerint egy gáz hőmérséklete a részecskék mozgási energiájának mértéke. A gáz mozgási energiájának növekedésével a részecskék (atomok, molekulák) egyre gyakrabban ütköznek a tartály falával, az impulzusváltozás nagysága is nő, ezért a nyomás is nő. Ha ábrázoljuk adott térfogatú és anyagmennyiségű gáz nyomását a hőmérséklet függvényében, egyenest kapunk. Ha a mérést több, különböző mennyiségű gázzal elvégezzük, azt tapasztaljuk, hogy az egyenes meredeksége változhat, de a hőmérséklet tengelyét mindig  $-273,15^\circ\text{C}$ -nál metszi.

Ennek alapján tett javaslatot Lord Kelvin (William Thomson, 1824 – 1907) az abszolút hőmérsékleti skála bevezetésére 1848-ban. Már a gáztörvények felfedezése előtt gondolkodtak a legkisebb hőmérsékletről. Ezek egyike, Mihail Lomonoszov (1711–1765) logikai úton jutott el az abszolút nullapont létezésének szükségességéhez 1750-ben: „a meleg elegendő oka a mozgásban rejlik”, „mozgás anyag nélkül nem lehetséges, így szükségszerű, hogy a meleg elegendő oka valamely anyag mozgása legyen”. „Továbbá nem lehet olyan nagy sebességű mozgást megjelölni, amelynél gyorsabbat ne képzelhetnénk el. Minthogy ez joggal vonatkozik a hőképző mozgásra is, így a melegnek, amelyet mozgásnak tekintünk, nincs végső, lehetséges legnagyobb mértéke. Ezzel szemben a mozgást addig csökkenthetjük, amíg a test teljes nyugalomba nem kerül, és ezt a mozgás további csökkentése nem követheti. Szükségszerű tehát, hogy a hidegnek létezzék végső határa, amely a részecskék forgó mozgásának teljes megszűnésében áll, és ennek tulajdonítható.” (Meditationes de caloris et frigoris causa, Elmélkedések a meleg és a hideg okáról. Novi



commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, 1750. 206. old.).

A Boyle–Mariotte-törvényből és a Gay-Lussac-törvényekből következett az egyesített gáztörvény:

$$PV = nRT,$$

ahol  $n$  a gáz mennyisége (a mólok száma),  $R$  a gázállandó.

Ezt először Benoît Paul Émile Clapeyron (1799 – 1864) vezette le a gáztörvények kombinációjából 1834-ben, majd August Krönig (1822–1879) 1856-ban, illetve Rudolf Clausius (1822–1888) 1857-ben a kinetikus elmélet alapján.

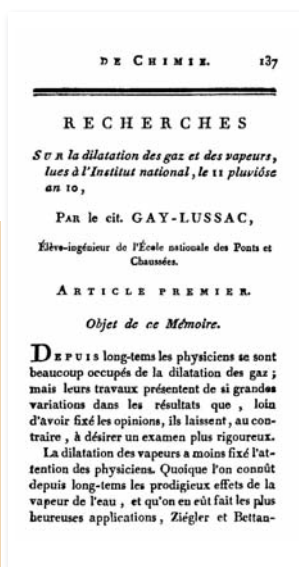
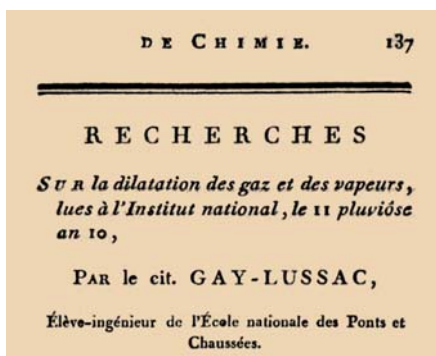
## Joseph Louis Gay-Lussac



1. ábra. Joseph Louis Gay-Lussac

Joseph Louis Gay-Lussac [Saint-Léonard-de-Noblat (most Haute-Vienne), 1778. december 6. – Párizs, 1850. május 9.] (1. ábra) apja, Anthony Gay bíró volt. Joseph szülővárosában tanult. Apja a forradalomban elvesztette állását és vagyonát, 1793–94-ben be is börtönözték. Lussaci birtokaik után vették fel a Gay-Lussac nevet. Gay-Lussac kénytelen volt saját magáról gondoskodni: eleinte magánórák adásából tartotta fent magát. 1794-ben Párizsban folytatta tanulmányait, 1798-tól az École Polytechnique-en. Claude Louis Berthollet (1748–1822) felkarolta a tehetséges diákot, az ő laboratóriumában dolgozott, mint asszisztens. 1802-től demonstrátor lett Antoine François Fourcroy (1755–1809) mellett az École

2. ábra. A Gay-Lussac-törvényt tartalmazó cikk [Annales de Chimie (1802), Vol 43. p. 137] első oldala. Magyarul a legfontosabb részlete hozzáférhető [4]. A cikket közlő folyóirat címlapja



Polytechnique-en, majd 1809-től ugyanitt kémiaprofesszor. [Neves támogatói voltak az *Annales de Chimie* szerkesztőbizottságában (2. ábra). Berthollet különösen befolyásos ember volt, például a francia szenátus alelnöke az 1800-as évek elején.]

1808 és 1832 között a Sorbonne fizikaprofesszora. Utána a Jardin des Plantes botanikus kert kémiaelnökének nevezték ki. 1809-ben megnősül, felesége Geneviève-Marie-Joseph Rojot. Öt gyermekük született. Sok, későbbi neves tudós dolgozott nála, így a francia Henri-Victor Regnault (1810–1878) és a német kémia atyja, Justus von Liebig (1803–1873) is. Később viszont legidősebb fia, Jules Gay-Lussac Liebig mellett dolgozott Gießenben. Regnault pedig szorosan kapcsolódik a témánkhoz, hiszen a gázállandó jele,  $R$ , a neki szóló elismerést fejezi ki.

Gay-Lussac veszélyes hőlégballonos kísérleteket is végzett. Jean-Baptiste Biot-val (1774–1862) közös ballonjuk 4000 méter fölé emelkedett (nyomásmérésből számítva). 1804. szeptember 16-án Gay-Lussac egyedül közel 7000 méterig jutott. Megállapították,



3. ábra. Gay-Lussac és Jean-Baptiste Biot hőlégballonnal folytat légköri vizsgálatokat 1804. augusztus 24-én (19. századi illusztráció)

hogy a légkör összetétele nem változik a csökkenő nyomással (a magassággal), mérték a hőmérséklet csökkenését és mágneses vizsgálatokat is végeztek. A léggömböt Pierre-Simon Laplace (1749–1827) közbenjárására a hadseregtől kölcsönözték, Napóleon az egyiptomi hadjárata során már használta. Jean-Baptiste Biot francia fizikus és matematikus volt. Ismert az elektromágnesesség *Biot–Savart-törvényéről*, a fény polarizációjának vizsgálatáról, a meteoritok eredetével kapcsolatos megállapításairól. Gay-Lussac Alexander von Humboldt (1769–1859) is együttműködött, együtt utaztak Olaszországban és Németországban, geológiai kutatásokat végeztek, de kimutatták azt is, hogy két térfogatrész hidrogénből és egy térfogatrész oxigénből víz képződik.

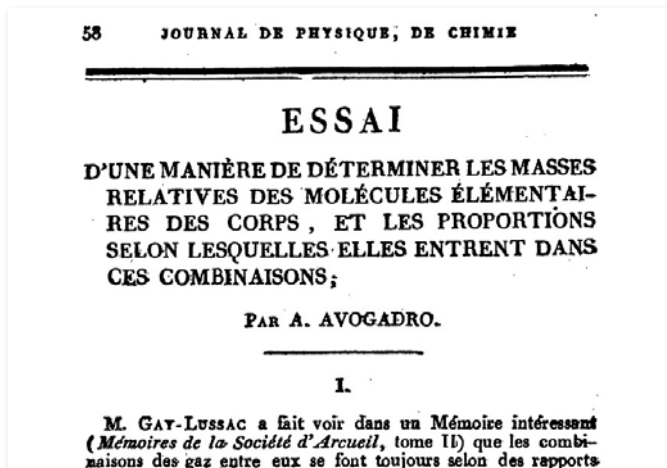
A róla elnevezett gáztörvény 1802-es publikálása és a légkörkutatás után Gay-Lussac még nagyon sok, jelentős eredményt ért el a természettudományok területén, különösen az analitikai kémiában. Ez utóbbi tevékenységének részletes leírása olvasható magyarul is [5]. Ezért csak röviden szemlélünk a bő kínálatból.

Két elem társfelfedezője, illetve előállítója volt. A borax és a bór-sav ismert volt, de az elemet Gay-Lussacnak és Louis Thénardnak (1777–1857) káliumos redukcióval, illetve tőlük függetlenül Davynek elektrolízissel sikerült csak előállítaniuk 1808-ban. 1811-ben Bernard Courtois (1777–1838) tengeri algák hamuját savval kezelve lila gőzök fejlődését észlelte, de azt, hogy a jód egy elem, Gay-Lussac és Davy igazolta 1813-ban, egymástól függetlenül, mindössze néhány nap eltéréssel, ami miatt prioritási vita bontakozott ki a két tudós között.

Thénard-ral még nevezetes eredményük volt a kálium-klorát hevítésekor keletkező szén-dioxid és oxigén pontos mennyiségi meghatározása. Az alkoholos fermentáció leírása és a hidrogén-cianid képletének meghatározása is az ő nevéhez fűződik (1810). Nagy szolgálatot tett a titrimetria technikájának kidolgozásával is, új típusú burettát fejlesztett. Ő találta ki a buretta és a pipetta nevét is. Nagy jelentőségű volt, például ércek, pénzek ezüsttartalmának pontos meghatározására az általa kidolgozott csapadékos ezüsttitrálás (1832). Ez pontosabb volt, mint a korábbi kupellációs eljárás, és ma is használjuk. Gázokkal kapcsolatos kutatásának egy másik, kiemelkedő eredménye volt a gázelegyek térfogatának meghatározása, amelyet 1809-ben tett közzé. Avogadro ennek alapján alkotta meg híres törvényét (4. ábra). Avogadro



5. ábra. Amontons bemutatja optikai táviróját a francia trónörökösnek a párizsi Luxembourg-kertben a 17. század végén. A táviróállomásokon elhelyezett mozgatható fákarak különböző állása felelt meg az ábécé betűinek. A távirász távcsővel olvasta le a jeleket (Alexis Belloc, La Telegraphie Historique, 1888.)



4. ábra. Avogadro 1811-es cikkének részlete. Az „M.” betű Gay Lussac neve előtt a Monsieur rövidítése. [Journal de Physique de Chimie et d'Histoire naturelle et des Arts (1811) 73, 58–76.]

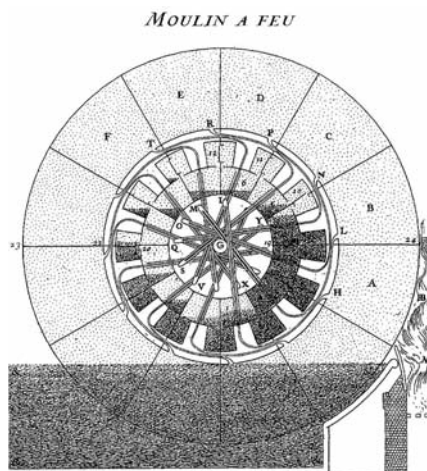
gadro franciául írta a cikkét, és francia folyóiratba küldte, mert a 19. század elején a kor vezető tudományos nyelvén is a francia vált. Egyébként Berthollet és a Berthollet-tanítvány, Gay-Lussac nem fogadta el Avogadro felfogását [6].

## Guillaume Amontons

Guillaume Amontons (Párizs, Franciaország, 1663. augusztus 31. – Párizs, 1705. október 11.) (5. ábra) apja ügyvéd volt. Amontons fiatal korában elvesztette a hallását, ez fordította a tudomány felé. Egyetemre nem járt, önállóan sajátította el a fizikai, matematikai és csillagászati ismereteket. Állami alkalmazásban dolgozott különböző területeken.

Amontons vizsgálta a nyomás és a hőmérséklet összefüggését, bár pontos hőmérsékletméréseket nem végzett. Például megmérte, hogy a hideg és a forró víz hőmérséklete között a gáz nyomása egyharmad résszel növekszik. Azon is eltöprengett, hogy nagyon kis hőmérsékleten a gázhőmérőjében lévő levegő térfogata nullává válik. Egész jól meg is becsülte azt a hőmér-

sékletet, amit ma abszolút nulla foknak (0 kelvin) hívunk. Meg kell jegyeznünk, hogy a fenti képleteket már ezzel, a ma használatos hőmérséklettel írtuk, nem abszolút hőmérsékleti skálát használva a képletek némileg bonyolultabbak. Hőerőgépet szerkesztett, amely a forró levegőt használta a mozgásához (6. ábra).



6. ábra. Amontons tűzkerekének rajza

Számos eszköz, így a barométer, a hőmérő, a higrométer konstrukcióján javított, főleg tengerészeti célú használatra. Sűrűlódással kapcsolatos kutatásait is nagyra értékelték, főleg azután, hogy Charles-Augustin de Coulomb is igazolta az eredményeit.

## Jacques Alexandre César Charles

Jacques Alexandre César Charles (Beaugency, 1746. november 12. – Párizs, 1823. április 7.) (7. ábra) 1795-ben lett a francia Tudományos Akadémia tagja és a Conservatoire des Arts et Métiers fizikaprofesszora.

Nem publikálta az eredményeit. Gay-Lussacnak köszönhető, hogy egyáltalán tudunk a gázokkal kapcsolatos kísérleteiről, mert ő hivatkozott rájuk. Charles megtöltött öt léggömböt különböző gázokkal azonos térfogatot használva, majd felmelegítette őket.



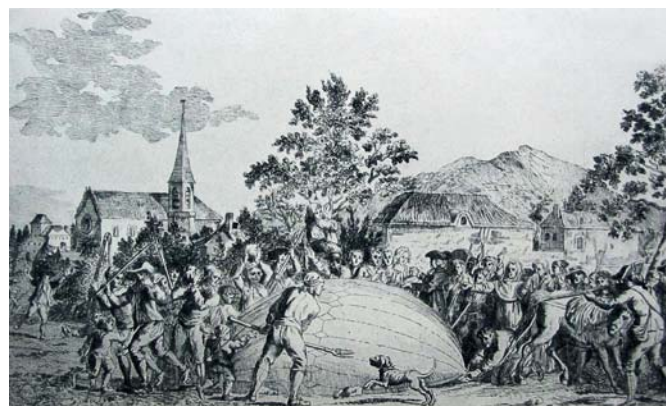
7. ábra. Jacques Alexandre César Charles, 1820 (Library of Congress)

Azt észlelte, hogy ugyanolyan mértékben tágultak. Igazából arról nevezetes, hogy ő használt először hidrogénnel töltött léghajót. Abból az akkor már ismert tényből indultak ki, hogy a hidrogén sokkal könnyebb a levegőnél. A hidrogént kémiai reakcióval nyerték vasreszeléket és kén-savat használva. A gáztartály selyemdarabokból készült, amelyeket terpentinben oldott gumival vontak be. A kísérletben részt vettek a Robert testvérek, Anne-Jean Robert (1758–1820) és Nicolas-Louis Robert (1760–1820) is. Főleg a ballon elkészítése volt a feladatuk.

Néhány nappal Montgolfier-fivérek hőlégballonos bemutatója után, 1783. december 1-jén Jacques Charles és Nicolas-Louis Robert Párizs környékén kb. 550 méter magasba emelkedtek, majd egy mezőn landoltak. A parasztok úgy megijedtek, hogy megsemmisítették a léghajójukat (8. ábra).



8. ábra. Kortárs illusztrációk a felszálló léghajóról és a leszállás utáni eseményekről



#### IRODALOM

- [1] Simonyi K., A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978. 303–319.  
[2] Inzelt Gy., Kalandozások a kémia múltjában és jelenében. Vince Kiadó, Budapest, 2003. 83–134.  
[3] Inzelt Gy., Természettudomány háborúban és békeidőben. Typotex Kiadó, Budapest, 2020. 42–46.  
[4] Joseph Louis Gay-Lussac, Gázok kiterjedése hő hatására. Annales de Chimie (1802) 43, 137. (In: William Francis Magie: A Source Book in Physics, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1963.) <http://chemonet.hu/hun/olvaso/histchem/ho/gay-lussac.html>

- [5] Szabadváry E., Az analitikai kémia módszereinek kialakulása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960, 225–235.  
[6] Inzelt Gy., Avogadro cikkének 200 éves évfordulójára. Természet Világa 2011. augusztus, Természettudományi Közlöny 142. évf. 8. füzet.

Braun Tibor

# Aranybányászat mikrobákkal

## Előszó

A biobányászat biotechnológiai eljárásnéven definiálható, mert ásványok oxidatív kioldását hozza létre mikroorganizmusokkal, például baktériumokkal és/vagy gombákkal, [1] amelyek katalizáló szerepet is betöltenek. A biobányászat megkönnyíti a nagy értékű fémek kinyerését ásványaikból. [2] A fémek kioldását lényegében a kémia és a mikrobiológia kombinációja valósítja meg. A kémia a fém feloldásának meghatározója, ami főleg a vas(III)-ion vagy sav hatása az ásványra, de segíti a feloldást a mikrobiológia is. A mikroorganizmusok felelősek a vas(III) és sav előállításért. [3]

A biobányászat két rokon mikrofolyamata a bakteriális kioldás, ami biokioldásnak is nevezhető, és a biológiai oxidálás. [4] A fémkationok mobilizálása oldhatatlan ásványokból biológiai oxidálással és komplexálási folyamatokkal is megoldható. [5] A biokioldási folyamat az ásványok bomlását eredményezi, ami a kinyerendő fém extrakciójához vezet. Számos fém általában biokioldással nyernek ki, például rezet, kobaltot, nikkelt, cinket és uránt. Például réz esetében a réz-szulfid réz-szulfáttá oxidálódik

mikrobiálisan, aminek eredményeként a fém átkerül a vizes fázisba, miközben szilárd anyag marad hátra. [6] Ezzel szemben a mikroorganizmussal való ásványi biooxidáláskor a fém marad a szilárd fázisban.

## Az arany biobányászata

A biooxidálást általában előkezelésként használják. Az eredeti ásványok mikrobiológiai oxidálásánál a nagy értékű fémek az ásványokban jelen lévő más fémekkel együtt koncentrálnak, de nem kerülnek át az oldatba, hanem oldhatatlan formában maradnak. Példa erre az arany kinyerése arzenopirit ásványokból, ahol az arany a szilárd maradványokban marad a biooxidálás után, de a kinyerés megnövelhető ciánózással, ami a következő lépés. [7,8] A biooxidálást főleg a nehezen oldódó (úgynevezett *refraktor*) aranyásványok kezelésére alkalmazzák. [9]

Az aranyásványokat különböző módon lehet osztályozni. Egyrészt a használt extrakciós módszer szerint, másrészt a geológiai környezet alapján. [10] Az alkalmazott lehetőség szerint az aranyásványok a szabad órléses vagy a nehezen oldódó típusba



sorolhatók. [11] A szabad őrléses ásványok általában könnyen kezelhetők, és belőlük jelentős aranykivonás érhető el (több mint 90%) köznap aranybányászati eljárásokkal, például cianozással. A refraktor-aranyásványok bonyolultabban kezelhetők, ugyanis a kinyerés 90%-nál, bizonyos esetekben 50%-nál is kevesebb lehet. [10] A refraktorásványok tehát alacsony aranykinyerést tesznek csak lehetővé, vagy elfogadható aranykinyerés lényegesen több reagenssel vagy bonyolultabb előkezeléssel valósítható csak meg. Az arany jelentős hányada gyakran olyan ásványokban található, amelyekben sokféle eloszlik az ásványkomplexben. A refraktorásványok hidrotermikus eredetűek, és külső forrásból rakódtak le meleg vizes oldatokból.



A hidrotermikus oldatok különböző oldott ásványi összetevőket, például szulfidokat, telluridokat és arzeniteket tartalmaznak. A refraktor-aranyásványt tartalmazó komponensek csökkentik az aranyásvány alkalmasságát konvencionális extrakciós eljárásokhoz. A refraktor fogalmat így akkor alkalmazzák, amikor az arany jelentős aránya nem nyerhető ki konvencionális gravitációs dúsítással, vagy közvetlen cianozással még finomőrléssel sem, mert a felület mérete ilyenkor nem jobbítja az extrakciót. [10] A kivonható refraktorarany csökkenése nagymértékben függ az aranyásvány összetételétől. [11] Bizonyos esetekben cianidkomplex,  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  képződik, de előbb eltávolítják a szulfidokat, szilikátokat és széntartalmú anyagokat. [12]

Bizonyos anyagok jelenléte „aranyrögzítést” hoz létre az ásványban nehezíti téve az arany kinyerését mechanikai úton. A szulfid- vagy szénmátrix miatt a cianid elfogy az aktuális extrakció előtt. [13] Az ilyen refraktor-aranyásványok előkezelésre szorulnak. Az aranyásvány előkezelése bomlasztja a társult ásványokat, és megnyitja a molekuláris szerkezetet úgy, hogy a feloldó reagens jobban extrahálhassák az aranyat. [12] Az előkezelési folyamatot passzívalja vagy hatékonyságát jelentősen csökkenti egyes ásványok jelenléte. A refraktorarany előkezelésében használt konvencionális módszerek: pörkölés, nyomás, nyomásos oxidálás és klórozás.

A bakteriális oxidálás a konvencionális előkezelési módszerek zöld változataként működik. Népszerűsége, növekedése oka az aranyat tartalmazó szulfidásványok alacsony költsége és más környezeti előnyeik.

## Baktériumok a biobányászatban

A legfontosabb ásványoldó mikroorganizmusok a vas- és kén-oxidáló kemolitoautotrófok, amelyek autotrofikusan növekednek, szén-dioxidot megkötve a levegőből. Eltérően az autotrofikus szervezetektől, amelyek a sugárzó energiát a napsugárból veszik fel, a kemolitoautotrófok szervesen vegyületek oxidálásából nyerik az energiát.

### Kemolitoautotrofikus baktériumok

A kemolitoautotrofikus baktériumok olyan, nem fotoszintetikus, autotrofikus mikroorganizmusok, amelyek energiájukat szervesen redukált vegyületek oxidálásából nyerik, például szulfidokból, elemi kénből és tioszulfátból, vas(II)-ből vagy hidrogénből. Ezek

a vas- és kén-oxidáló mikroorganizmusok csak szervesen vegyületeken tudnak nőni, és sejtsejtes termékeikhez a légkör szén-dioxidját használják fel. A kemolitoautotrofikus baktériumok oldási folyamataikat általában savas közegben (pH 1,5–3,0) végzik, amikor a legtöbb fémion oldatban marad. A kemolitoautotrofikus baktériumok tovább oszthatók mezofilekre, enyhén termofilekre és extrém termofilekre. A mezofilek körülbelül 27–37 °C hőmérsékleten szaporodnak. A mezofil osztály többségének baktériumai az *Acidithiobacillus* és a *Leptospirillum* nemhez tartoznak. Ezek a baktériumok köznapinak tűnnek, és olyan helyekről választódnak el, amelyek megfelelő környezetet nyújtanak a növekedésükhöz (pl. kénforrások) a világ számos pontján. Az *Acidithiobacillus*ok főleg azért ismeretesek, mert oxidálják az elemi

ként és ként tartalmazó vegyületeket, de a szükséges feltételek, például a pH és hőmérséklet a különböző fajták fiziológiájától függenek. Az *Acidithiobacillus* baktériumok általában szigorúan aerobok és vagy kötelező, illetve fakultatív kemolitotrópok, vagy mixotrópok. A *Leptospirillum* hasonló az *Acidithiobacillus*okhoz, mert szintén erősen savtűrőek (pH 1,5–1,8); ezek gramm-negatív kemolitoautotrofikus baktériumok. A legtöbb vonatkozásban azonban ezek nagyon különbözőek. A *Leptospirillum* képesek csak vas(II)-t használni elektronodonorként, és nagy az affinitásuk a vas(II)-höz. A *Leptospirillum* az oxigént használják elektronakceptoroként, ezért aerobok. A *Leptospirillum*et széleskörűen alkalmazták biooxidációs folyamatokban, általában kombinációkban kén-oxidáló baktériumokkal. A termofil baktériumok egyes változatai, különösen a *Sulfolobus* fajták biokiolódó környezetekből kerültek elválasztásra [15, 16]. Általában a termofil baktériumok kemolitotrófiailag növekednek vasat, elemi ként vagy szulfidot felvéve.

Bizonyos osztályba tartozó baktériumok fakultatív autotrófok: kis mennyiségű ciszteint, glutationt és élesztőextraktumot igényelnek a növekedéshez. A termofil baktériumok fakultatív autotrófok, amelyekben a baktériumnövekedést ösztönzik a nyomnyi mennyiségű (0,01–0,05% w/v) élesztőkivonat, de 0,1 % (w/v) élesztőextraktum már inhibáló hatású. A termofil vas- és kén-oxidáló baktériumok főbb nemei a *Sulfolobus*, *Acidianus*, *Metallosphaera* és *Sulfurococcus*. [1]

### IRODALOM

- [1] Y. Yang, The effect of microorganisms on the surface properties of chalkopyrit, School of Chemical and Physical Sciences, Flinders University, 2014.
- [2] G. J. Olsen, J. A. Prierley, C. L. Prierley, J. Appl. Microbiology and Biotechnol. (2003) 63, 249.
- [3] X. Qi, A. S. Mujungdar, J. Minerals, Metals, Materials Technol. (2007) 12, 45.
- [4] H. Tao, L. Dongwes, Biotechnol.Rep. (2014) 4, 107.
- [5] D. E. Rawlings, D. B. Johnson, Microbiology (2011) 153, 315.
- [6] D. Mishra et al., Waste Management (2008) 2, 333.
- [7] K. Novaczky et al., Polish J.Environ.Stut. (1998) 7, 307.
- [8] A. Thosar, B. Satpathy, T. Nahya, Internat.J., Lett.Sci.Res. (2014) 5, 624.
- [9] N. Dopson, B. A. Lindstrom, Appl.Environ. Microbiol. (1999) 2, 36.
- [10] K. J. Afidenyo, Microbial pre-treatment of double refractory gold ores, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 2008.
- [11] G. Z. Qiu et al., Transactions of Nonferrous Materials Soc. China (2008) 6, 1295.
- [12] X.Xie et al., BioMed.Res.Internat. (2013) 9, 36.
- [13] R. Shahverdi et al., J.Sci.Iran (2001) 12, 43.
- [14] J. Meier, A. Piva, T. Fortyn, FEMS, J.Microbiol. Ecol. (2012) 79, 69.
- [15] B. D. Johnson, B. M. Graul, K. B. Alberg, Minerals (2013) 349.
- [16] H. Brandl, Microbial.Leaching.Met. (2001) 97, 114.



Kutasi Csaba

# A jól látható ruházat funkcionális anyagai



A jó láthatóság életmentő funkcióját minden kétséget kizáróan bizonyították a különböző tesztek, miszerint sötétben a fényvisszaverő sávokkal ellátott öltözetet viselő 3–5-ször távolabbról észlelhetővé válnak. A figyelemfelkeltést nappal a színes fluoreszkáló háttéranyag biztosítja, miután a kontraszthatás kiemeli viselőjét a környezetből. A jó láthatósági ruházatok például a mentők, tűzoltók, katasztrófavédelmi szakemberek, rendőrök, autópálya- és útkezelők, útlétesítmények és műtárgyak karbantartói, vasúti pályamunkások, repülőtérén szabadban dolgozók számára fontosak. Ugyanakkor számos kerékpáros, motorkerékpáros és akár gyalogos, illetve a gépjármű meghibásodása miatt az útpályán tartózkodó gépkocsivezető életét is védhetik, megmenthetik.

Egy közlekedési kísérlet során azt vizsgálták, hogy csökkent látási viszonyok esetén, 50 km/órás haladási sebesség mellett milyen távolságból észleli az út szélén haladó személyt a gépkocsivezető. A felmérés szerint hétköznapi ruházat esetén 40 méterről vették észre az illetőt, megfelelő méretű fényvisszaverő sávval ellátott ruházatban közlekedő embert már 160–170 méterről meglátták a sofőrök. Lényeges jellemző, hogy a gépkocsi „megállítási hossza” (reakcióidő + fékút) az 50 km/h sebességnél mintegy 40–50 m, 100 km/h-nál 120–150 m. Kézenfekvő, hogy a sötétben 3–5-ször távolabbról észlelhetőséget biztosító ruházatkiegészítők, az ún. reflektív anyagokkal ellátott öltözetek megfelelő biztonságot nyújtanak. Nappali fényben, megfelelő látási viszonyok mellett is lényeges az utak mentén tevékenykedő, közlekedő személyek ruházatán a jó láthatóság elérése mintegy „világító” színezéssel előállított, ún. háttéranyagokkal (1. ábra).

A jól látható ruházat használatának kezdete 1964-re vezethető vissza, amikor a *Brit Vasutaknál* kísérletileg bevezetett, fluoresz-

káló képességű narancssárga kabátokkal látták el a villamosított szakasz glasgow-i munkásait. Az itt közlekedő mozdonyvezetők pozitív véleményére alapozva 1965-ben jól látható ruházatot rendszerezítettek a British Railways London Midland régiójának villamosított vonalain dolgozók (mérnökök, munkások) számára, az új nyugati parti fővonal nagyobb sebessége miatt.

A sikeres tesztek eredményeként folyamatosan bővült a jó láthatósági ruházatok alkalmazása a veszélyeztetett dolgozók, ill. polgári személyek körében.

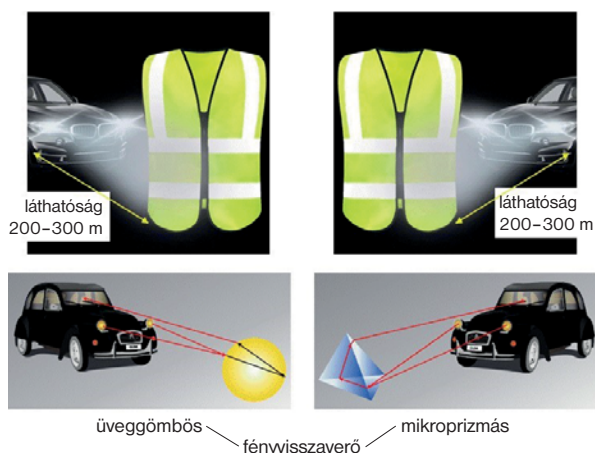
## A jó láthatósági ruházatok követelményei

A veszélyes körülmények között, bármilyen megvilágítási hatások (nappal, éjszaka a járművek világítása fényében) mellett dolgozó személyek jelenlétének vizuális jelzését teszik lehetővé az ilyen jellegű védőruházatok, illetve az ezeknek megfelelő civil öltözetek. A vonatkozó védőruházati szabvány (MSZ EN ISO 20471: 2013) ún. teljesítménykövetelményeket határoz meg a fluoreszkáló színre és fényvisszaverő képességre, a funkcionális felületek legkisebb felületére és elhelyezésére. A védelmi képesség tartósságát többféle eljárással vizsgálják, amelyek a használat (hajlítás, hajtogatás, koptatás, hőmérséklet-változás, csapadékhatás, fénnel szembeni színtartósság), gondozással (mosás, vegytisztítás és kapcsolódó műveletek) összefüggő hatásokkal szembeni kellő ellenállást határozzák meg. Enyhébb előírások vonatkoznak a jó láthatóságot biztosító, nem szakmai ruházatokra. A ruhadarabokat tekintve döntően mellények, átvetők, zubbonyok, kezesszállások, nadrágok, kantáros nadrágok tartoznak a jó láthatóságot biztosító védőruházatok körébe (2. ábra).

## 2. ábra. Példák jól láthatósági ruházatokra



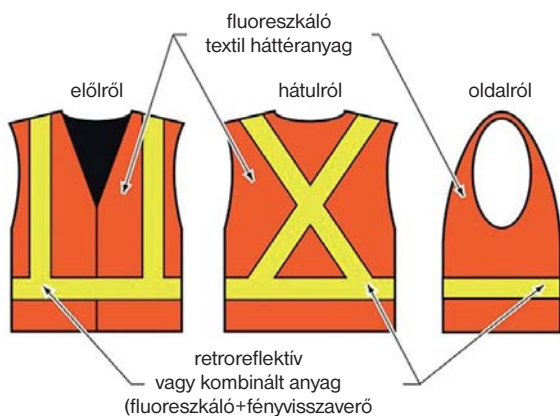
## 1. ábra. A jó láthatósági ruházat hatása sötétben





Néhány főbb fogalomról röviden:

- A *jó láthatóságot* megvalósító védőruházat tehát szabadban és lehatárolt terekben [különböző természetes fényviszonyok (nappali időszakok időjárás körülményektől függetlenül) között és sötétségben a gépjárművek fényszóróinak megvilágításában] feltűnő felismerést tesz lehetővé.
- A *fényvisszaverő* anyag elnevezés olyan felületre vonatkozik, amely a ráeső fénysugarak hatékony visszaverését biztosítja, a védőruházatok éles elkülönülését teszi lehetővé a reflektor fényében.
- Az adott *szín* kiválasztása a felhasználás jellegétől függ, azaz milyen környezeti háttérben kell a kellő kontraszthatást előidéző körülményeket elérni (napfényben, városi környezetben, ill. lakott területen kívül). A fényesség adott felület azon tulajdonsága, amely a tükrös vagy más irányú erős visszaverésben nyilvánul meg (így ilyen anyag esetén a környezet világosabb részei, adott tárgyai úgy látszanak, mint ha jóval e felület mögött lennének).
- A *kombinált* típusú jó láthatóságot megvalósító anyagok a fényvisszaverő, ill. a színes fluoreszkáló háttérfelületek tulajdonságait egyaránt képesek megvalósítani (3. ábra).



3. ábra. A jó láthatósági védőmellény felépítése

- *Egyedi tulajdonságú* az olyan funkcionális felület, amely vagy a háttér, vagy a fényvisszaverő anyag tulajdonságait hordozza, de nem mindkettőt.
- Az ún. *irányérzékeny* anyag olyan fényvisszaverő képességű felület, amelynél a különböző látószögekből végzett méréseknek a fényvisszaverési együtthatók 15%-nál nagyobb mértékben különböznek egymástól.

A jó láthatóságot biztosító *védőruházatokat* három osztályba sorolják a funkcionális (fényvisszaverő, háttér, ill. kombinált) anyagok ruhadarabon előforduló legkisebb felülete alapján. Ez a kritériumrendszer összefügg az ilyen öltözetet viselő (miután védőruha, kizárólag felnőtt) személy testméretével, ill. a védőruháztípusával.

A jó láthatóságot biztosító, *nem szakmai használatú* ruházattal foglalkozó szabvány értelemszerűen a gyermekekre is kiterjeszti a használati lehetőséget. Így nincsenek előírások a funkcionális anyagok előfordulási mértéke (minimális felület nagysága) tekintetében, hanem az ún. testmagasság-csoportokra terjesztik ki az elvárásokat. Változás az is, hogy a háttéranyagoknál egyéb színezetek is megengedettek (pl. zöld, sárgászöld, sárgánarancs, pink a felnőtt védőruházatoknál említett színek mellett). Ezek nem minősülnek egyéni védőeszköznek, magánhasználatra kifejlesztett és gyártott figyelemfelkeltő funkciójú termékek.

## A fluoreszkáló háttéranyagok

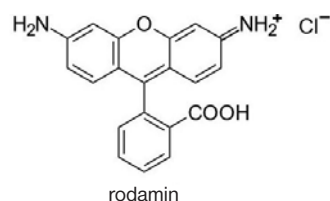
A textilalapú (általában szövött) háttéranyag (ami nappal garantálja a jó láthatóságot) színes, *fluoreszkáló* képességű.

A nappali fényben különleges színekombinációjú – mintegy „világító” – háttéranyagok biztosítják a környezettől kontrasztosan elváló éles kiemelkedést. A háttéranyag (ami nappal garantálja a jó láthatóságot) színes (sárga, narancsvörös, vörös), fluoreszkáló képességű, feltűnő felület. Ennek magyarázata, hogy a textil háttéranyag színét adó, fluoreszkálásra képes színezék az elnyelődő sugárzást úgy veri vissza a megfigyelő szemébe, hogy újabb fénykibocsátás is megvalósul. A többlet fénysugárzás hatására a háttéranyag feltűnően érvényesül a környezetben.

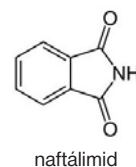
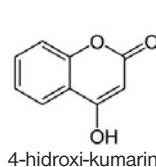
### Fluoreszkáló színezékek

A fluoreszcencia például egy színezőanyag gerjesztés hatására bekövetkező fénykibocsátása. Közismert, hogy a színezékek – jelen esetben aktivátorok – *kromofór* csoportja felelős a fény részleges elnyeléséért, a visszavert látható sugárzástól függ az adott színezet. A *fluorofór* az a molekula- vagy vegyület-rész, amely viszont felelős a fény kibocsátásáért.

A fluoreszkáló színezékeket az UV-A és UV-C sugárzás gerjeszti nagy emissziós intenzitással. Ezeknek a színezékeknek legkorábbi képviselői a *rodaminok* és egyes származékaik voltak, különösen a *selem* szálasanyagú termékek mintegy „világító” színekkel való színezésére alkalmazták. Általában kevés lumineszkáló színezéket tartottak nyilván a fehérje- és cellulózzsálakra (pl. savas és direkt típusúakat). Elterjedésüket a gyengébb fényállóság gátolta. A Colour Indexben például az *Acid Yellow 250* szerepel sárga teniszlabdák filcrétegének színezésére. A DyStar cég fejlesztéseként 2002-ben jelent meg a vinilszulfon-alapú *fluoreszkáló reaktív színezék* (Remazol Luminous Yellow FL). Főként cellulózalapú sportruházatok és egyes jó láthatósági cikkeknek került előtérbe. A fluoreszkáló – főleg diszperziós – színezékek alkalmazása terjedt el a szintetikus szálú kelmék esetében (pl. poliészterre, poliamidokra és poliakrilnitrilre, akár elasztánszállakkal együtt is; ill. a szintetikus szálak tulajdonságaihoz közel álló cellulóz-triacetátra). Jellemzők a sárga, zöldessárga, narancs- és vörös színeket biztosító színezékegyedek. A kémiai szerkezetet tekintve többek között a *kumarin*, az *aminonaftálimid* és a *benzotioxanton* említhetők. Az esetenként gyengébb fénnel szembeni színtartósság javítása érdekében *fénystabilizáló* adalékokat (UV-abszorberek) alkalmaznak (4. ábra).



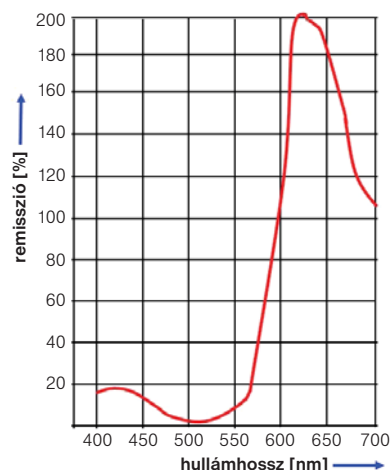
4. ábra. Példák fluoreszkáló színezékek alapvázaira



A fluoreszkáló színezékek a spektrum látható tartományában *fokozottan abszorbeálnak* és sugároznak, így különböznek az optikai fehérítőktől. Igaz, például a kumarinok a *lumineszkáló színezékek* és *optikai fehérítők* jellegzetes vegyületei. A korábban használt *hidroxi-kumarinokat* mára olyan vegyületekkel helyet-

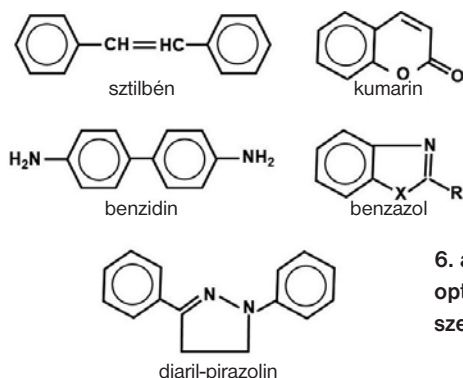


tesítették, amelyek adott helyzetben *nitrogéntartalmú szubsztituenseket* tartalmaznak (5. ábra).

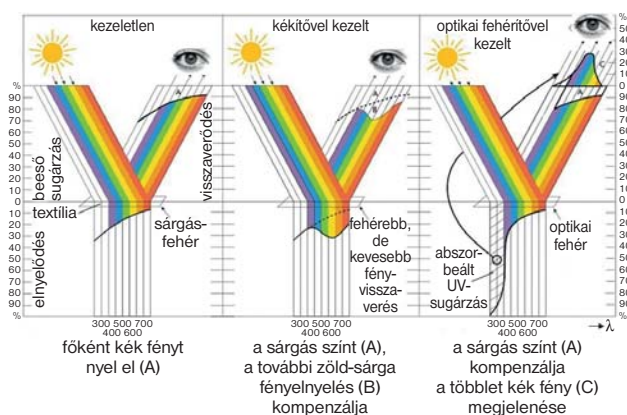


5. ábra. Fokozottan fluoreszkáló színezék remissziója

Az *optikai fehéritők* is segítik a fluoreszcenciát (élénkebb színhatás). Az első, megbízhatóan alkalmazható optikai fehéritőszer az 1940 körül szabadalmaztatott *diamino-sztilbén diszulfonsav* volt. A felhasználásra kerülő optikai segédanyagok olyan, általában kékes tónusú – a szálakra színezékként felhúzó – fluoreszkáló szerves vegyületek, amelyek egyrészt a láthatatlan ibolyántúli sugárzás egy részét látható tartományban verik vissza, másrészt a kékítő hatással fokozódik a fehérség. Így a szemünkbe érkező nagyobb mennyiségű visszavert fény növeli a fehérségérzetet, és ehhez járul, hogy az emberi szem a kékesfehéret fehérebbnek érzékeli, mint a sárgásfehéret. Fontos arra ügyelni, hogy ezek a szerek csak igen *kis koncentrációban hatékonyak*, túlzott adagolásukra az elért kémiai fehérség nemkívánatos romlása is bekövetkezhet (a textilanyag kedvezőtlenül fluoreszkál, vagy éppen sárgássá válik). A színes textíliák árnyalattorzulása is kialakulhat az optikai segédanyag túladagolásakor (6–7. ábra).



6. ábra. Példa optikai fehéritőszerek szerkezetére



7. ábra. Az optikai fehéritő hatása

## A fényvisszaverő rendszerek felépítése

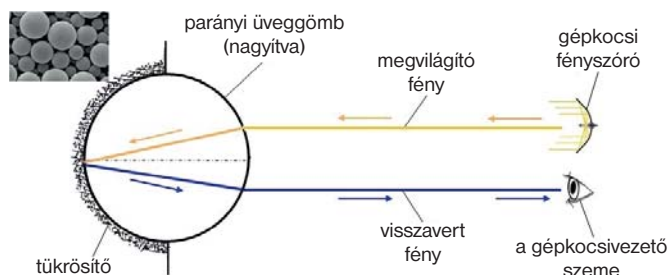
Sötéttségben a megvilágító fényforrás nyalábját párhuzamosan a szemünkbe visszavetítő ruházati kellékanyagok működési elve két alapvető megoldásra vezethető vissza:

Az *üveggöngyös* fényvisszaverő felületek elve egyrészt egy régebb óta ismert olyan szerkezetre vezethetők vissza, ahol

- századmilliméter átmérőjű üveggömbök a fő funkcionális elemek, amelyek
- alsó fele fényvisszaverő anyagba (tükrösített felület) ágyazott,
- felső részük szabadon van, vagy megfelelően fényáteresztő közegben helyezkedik el. Így a parányi üveggömbökre eső fénysugarak a fénytörés és reflexió figyelembevételével közel a beesés irányába verődnek vissza.

A fényvisszaverő szerkezetek másik jellegzetes felépítése a macskaszemhez hasonló *prizmás* rendszer, ezeknél

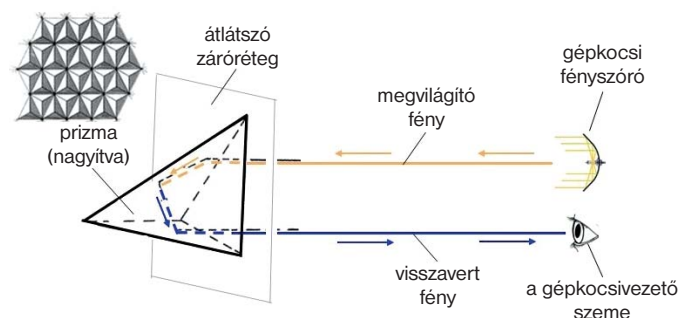
- transzparens anyagú, a derékszögű háromszög oldallapjával felépülő háromszögalapú testcskék, ún. mikroprizmák sokasága képezi a funkcionális réteget,
- a beeső fénysugár a fényforrás felé verődik vissza (kismértékű párhuzamos eltolással),
- ha a mikroprizmás rendszert speciális színes átlátszó záróréteg fedi, úgy kombinált típusú anyag jön létre (a fényvisszaverő, ill. a színes fluoreszkáló háttérfelületek tulajdonságai egyaránt érvényesülnek) (8. ábra).



8. ábra. Üveggömbös fényvisszaverő sáv felépítése

A *prizma törőfelületein* bekövetkező teljes visszaverődést hasznosító – például az egyenlő szárú és a derékszögű háromszög felépítését követő prizmánál a hátsó lapra merőlegesen érkező fénysugarak kétszeri teljes visszaverődést követően ellentétes irányba terelődve jutnak vissza – módszer valósítja meg a kellő reflektív hatást. Az áttetsző testcskék alaplapjukkal egy síkban helyezkednek el a színoldal felé (a csúcsok befelé állnak), amelyet általában átlátszó műanyag (pl. PVC-réteg) zár (9. ábra).

9. ábra. Mikroprizmás fényvisszaverő sáv felépítése





Az egyedi fényvisszaverő és kombinált anyagok *fényvisszaverési együttthatójának* alakulását különböző megfigyelési és megvilágítási szögek (5, 20, 30 és 40°-os) esetében vizsgálják.

Optimális esetben a fényvisszaverési együtttható értelemszerűen a legkisebb megvilágítási és legalacsonyabb megfigyelési szög esetén a legnagyobb, ill. a legnagyobb megvilágítási és megfigyelési szögnél a legkisebb értékű. A *jó láthatósági együtttható* ( $R'$ ) a visszavert és a beeső fény hányadosával jellemezhető, mértékegysége a  $\text{cd}/\text{lx}\cdot\text{m}^2$  (a számlálóban a fényerősség, a nevezőben az aktív területre vonatkoztatott megvilágítás szerepel). A fényvisszaverő csíkok szélessége legalább 50 mm legyen (a kantárnál legalább 30 mm).

Az értékelési szempontok magyarázataként:

- a *megvilágítási szög* (mint a beeső fény szöge) a legnagyobb fényszóró távolságnál a legkisebb (ezért 5°-os a legkisebb vizsgáló szögtartomány), emiatt szükséges az ilyen helyzetben tapasztalt nagy fényvisszaverési együtttható,
- a *megfigyelési szög* a legtávolabbi észlelési távolságnál mutatja a legkisebb értéket, ezért lényeges, hogy az ilyen helyzetben legyen a legnagyobb a fényvisszaverési együtttható (10. ábra).

## Befejezésül

A KRESZ a gyalogosoknak előírja, hogy „*lakott területen kívül éjszaka és korlátozott látási viszonyok között a láthatósági mel-lény (vagy egyéb jó láthatóságot biztosító ruházat) használata kö-telvező*”. A „látni és látszani” elv betartása életmentő szerepű, amit a láthatóságot fokozó eszközök (pl. a táskán, lábbelin fényvissza-verő csík/felület, a kabáton fehér prizmás műanyagelem viselése) is segítenek. A jól látható, nem sötét színű hétköznapi ruházat vi-selése is sokat jelenthet egy-egy baleset megelőzésében. A gya-logátkelőhelyen való áthaladásnál, az útpadkán történő gyalogos közlekedés során kiemelt jelentősége van a jó láthatóságnak. Fő-leg a korlátozott látási viszonyok között messzebből észrevehető a fényvisszaverő ruházatot, hasonló eszközt viselő személy. *LED-fényekkel* kiegészített, áramforrással működtetett jó láthatósági öltözköztetéseket is forgalmaznak, ezek viszont csak nem szak-mai (polgári) használatnál engedélyezettek (11. ábra).



tanúsított védőruházat



nem szakmai rendeltetésű ruházat

10. ábra. Példák jó láthatósági ruházatok alkalmazására



vezeték nélkül távirányítható jelzések kerékpárosoknak



11. ábra.  
LED-fénnyel  
kombinált  
(nem szabványos)  
jó láthatósági  
kiegészítők

## IRODALOM

- [1] MSZ EN ISO 20471:2013 Jó láthatóságot biztosító ruházat. Vizsgálati módszerek és követelmények.
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/High-visibility\\_clothing](https://en.wikipedia.org/wiki/High-visibility_clothing)
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescence>
- [4] Dr. Péter Ferenc (szerk.): Színezék kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1968.
- [5] CHT és DyStar színezékgyártók mintakártyái.
- [6] Kutasi Csaba: Láthatósági ruházatok. Élet és Tudomány, 2022/25.

## Középiskolásoknak

2023. április 12. és 15. között a Szegedi Tudományegyetem szervezi a

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Kémia és Vegyipari Szekcióját.



köréhez igazodó, felfedezésen alapuló tehetségfejlesztését.

A Szegedi Tudományegyetem OTDK Kémia és Vegyipari Szekciójának szervezői

pályázatot hirdetnek 10–12. osztályos diákok számára.

A részt vevő diáknak vagy a diákok 2–3 fős csapatának (tanári segítséggel) posztert kell készítenie a következő négy terület egyikén:

- Űrkémia
- Biolumineszcencia – világító tengervíz
- A fényképezés kémiaja
- Szén-dioxid a légkörben

A részvételi szándék jelzésének határideje: 2023. február 15.

A pályamunka benyújtásának határideje: 2023. március 15.

## Értékelés, bemutatás:

A szervezők minden ppt-formában beérkezett posztert kinyomtatnak és eljuttatnak a pályázó(k) iskolájába.

A beérkezett pályamunkákat a szervezők értékelik, és eldöntik, mely szerzők vehetnek részt a konferencián. A kiválasztott posztereket kiállítják a konferencia ideje alatt. A bemutatott posztereket a zsűri értékeli és rangsorolja. Az eredményeket az ünnepélyes eredményhirdetésen közlik.

Részletes információk: <http://sci.u-szeged.hu/otdk36kemia/kozepiskolasoknak/kozepiskolasoknak>



## TÚL A KÉMIÁN



## Paleosebészeti

Egy indonéz ásatás eredményei jelentősen átirították az orvostudomány történetét: Borneó szigetén megtaláltak egy 31 000 éve élt ember csontvázát, akinek a lábát még gyermekkorában amputálták, sok-sok évvel a halála előtt. Egy ilyen műtéthez komoly orvosi tudás szükséges: mind a sebészeti beavatkozás, mind az utókezelés, elsősorban a fertőzések elkerülése komoly kihívás. A csontmaradványokból valószínűleg sok információt lehet még kinyerni újabb analízismódszerek használatával. Egyéb régészeti leletek is arra utalnak, hogy

Borneó szigetén ebben az időszakban meglepően fejlett társadalom alakulhatott ki.

*Nature* 609, 547. (2022)

## Mars-történet meteoritokból

A Földre már tucatnyi olyan meteorit hullott le, amely eredetileg a Mars része volt. Ezek krómtartalmának izotópanalízise sok mindent elárul arról, hogy milyen körülmények között keletkezett a kőzet. Két új munkában 31 különböző, a Földön található marsi meteorit ilyen elemzéséről számoltak be. Érdekes eredményre jutottak: a Mars felszínén valószínűleg nem volt annyi víz eredetileg, mint amennyi a későbbi korokban, hanem a bolygó valamilyen mechanizmus révén az űrből gyűjtötte össze a molekulákat. Modellszámítások eredménye szerint ugyanez a Földre is igaz lehet.

*Sci. Adv.* 8, eabp8415. (2022)

*Sci. Adv.* 8, eabq3925. (2022)



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

A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: [http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index\\_magyar.html](http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html)

## CENTENÁRIUM



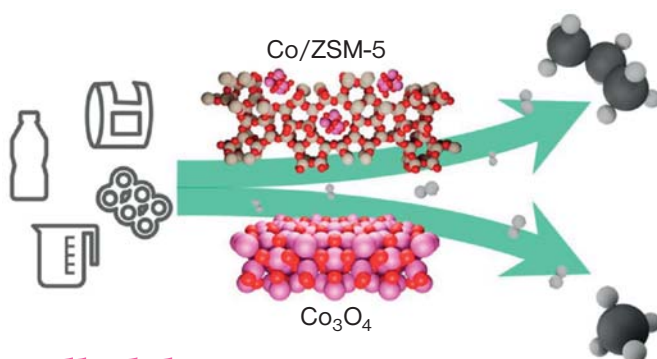
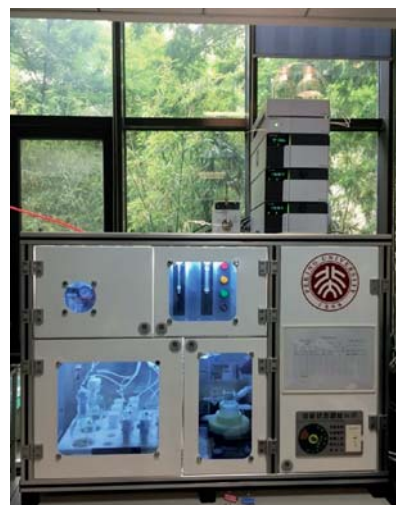
M. Gomberg: The reaction between silver perchlorate and iodine. Chlorine tetra-oxide  
*Journal of the American Chemical Society*, Volume 45, pp. 398–421. (1923. február. 1)

Moses Gomberg (1866–1947) amerikai kémikus volt. A University of Michigan, Ann Arbor professzora volt, 1931-ben az Amerikai Kémiai Társaság elnöki feladatait is ellátta. Májig nevezetes tudományos eredménye a stabil szerves gyökök létezésének bizonyítása: a trifenilmetilgyökök előállításáról 1901-ben számolt be.

## Automatizált megaszintézis

Az oligo- és poliszacharidok szelektív szintézise időt rabló, ugyanakkor meglehetősen monoton feladat. Egy kínai csoport a közel-múltban olyan készüléket épített, amely kellő mennyiségű kiindulási anyag és reagens betöltése után automatikusan végzi a kapcsolási reakciókat. A berendezés hasznosságát igen látványosan demonstrálták: egy 1080 monoszacharid-egységből álló molekulát szintetizáltak. Ugyancsak sikeresen állítottak elő egy Fondaparinux nevű, gyógyszerként használatos pentaszacharidot több grammnyi mennyiségben.

*Nat. Synth.* 1, 854. (2022)



## Hulladékpropán

A műanyag hulladék újrahasznosításának nyithat új távlatokat egy új, kobalttartalmú katalizátor kifejlesztése. Ennek segítségével a legnagyobb mennyiségben használt poliolefinok, a polietilén és polipropilén lebonthatók, s a közben keletkező termékek több mint 80%-a propán, ami rendkívül meglepő és előnyös szelektivitás a szénhidrogének összetett keverékét adó, alternatív módszerekhez képest, amelyekhez tipikusan jóval drágább fém is szükséges. A munka kulcsfontosságú lépése az volt, hogy az átmenetifém számára megtalálták a megfelelő hordozót, a ZSM-5 jelzésű zeolitot.

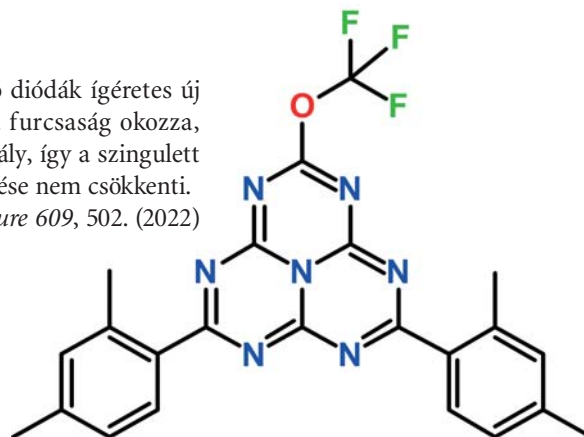
*JACS Au* 2, 2259. (2022)



## A HÓNAP MOLEKULÁJA

A HzTFEX<sub>2</sub> jelű heptazinszármazék (C<sub>23</sub>H<sub>18</sub>F<sub>3</sub>N<sub>7</sub>O) szerves fénykibocsátó diódák ígéretes új alpmolekulája. Igen nagy, 85%-os kvantumhasznosítási tényezőjét az a furcsaság okozza, hogy a gerjesztett állapot elektronszerkezetére nem érvényes a Hund-szabály, így a szingulett állapotból kiinduló fluoreszcencia hatékonyságát a triplett állapot megjelenése nem csökkenti.

*Nature* 609, 502. (2022)



## Motorozó mikroalgák

A „gyógyszermolekulákat hordozó nanomotoros mikroalgák” kifejezés meglehetősen futurisztikusnak hangzik, de a közelmúltban két tanulmányban is bizonyították terápiás hasznukat. Az algák eleve gyorsan képesek mozogni, a mesterségesen turbósított változatok sebessége akár a 200 µm/s-ot is elérheti. Megfelelő módszerrel molekuláris motorként működő és gyógyszerhatóanyag-hordozó nanorészecskéket is lehet hozzájuk kapcsolni. Egy egérkísérlet-sorozatban tüdőgyulladás elleni hatóanyagot juttattak be ezzel a módszerrel a szervezetbe igen látványos eredménnyel: az összes így kezelt állat életben maradt, míg az alga nélküli hatóanyag esetében kétharmaduk három napon belül elpusztult. A másik vizsgálat szintén egereken demonstrálta egy szájon át szedhető, emésztőrendszeret célzó szer célba juttatását fluoreszcencia detektálás segítségével.

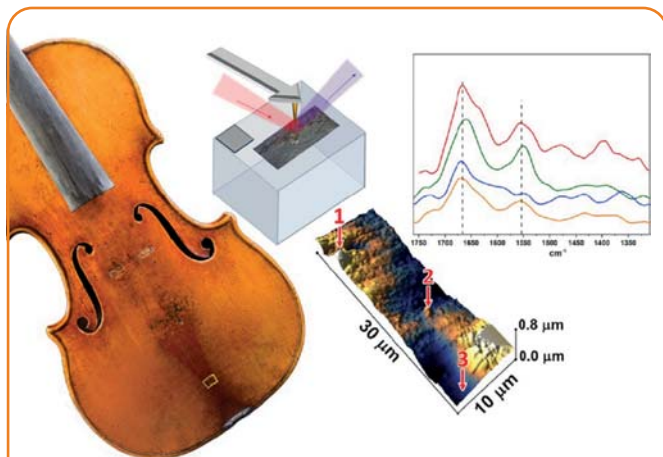
*Nat. Mater.* 21, 1324. (2022)

*Sci. Rob.* 7, eade3311. (2022)



## APRÓSÁG

Az Európai Űrügynökség a polgári nukleáris erőművek hulladékból jelentős mennyiségben kivonható, mintegy 430 év felezési idejű amerícium-241 izotópra fogja lecserélni az űrszondák radioizotópos termoelektromos generátoraiban eddig használt plutónium-238-at.



## Stradivari-fehérjék

A cremonai hegedűkészítő mester, Antonio Stradivari vonósainak különleges hangzását máig csodálják a zenerajongók. A készítés módjáról kevés dokumentum maradt fenn, ezért roncsolásmentes analitikai módszerekkel gyakran vizsgálják a megmaradt hangszereket. Infravörös szóráson alapuló mikroszkópiával fehérjék kis mennyiségét próbálták kimutatni a Toscano (1690) és a San Lorenzo (1718) nevű hegedűkön mikrométeresnél is jobb térbeli felbontással. Az eredmények alapján egyértelmű, hogy a felfelületen használt bevonatok egyik lényegi komponense egy kollagénszerű fehérje volt.

*Anal. Chem.* 94, 14815. (2022)

## Szúnyogmágnes



A szúnyogokról már korábban is tudták, hogy a táplálkozási lehetőségeiket a test által kibocsátott hő, a kilélegzett széndioxid, illetve a szaganyagok követése révén találják meg. A közelmúltban ez utóbbit vették alá részletes vizsgálathoz.

gálatnak az egyiptomi csípőszúnyog (*Aedes aegypti*) nőtény egyedek. Több tucat önkéntes emberi résztvevő izzadságát gyűjtötték össze, majd módszeresen kipróbálták, hogy melyik vonzza leginkább a szúnyogokat. Az így kapott nyomon elindulva tömegspektrometriával kapcsolt gázkromatográfia segítségével három, páratlan szénatomszámú karbonsavról (pentadekánsav, heptadekánsav és nonadekánsav) bizonyították be, hogy a szúnyogok különösen szeretik. Az emberi kísérleteket egy évvel később megismételve azt is sikerült igazolni, hogy az izzadságban lévő szaganyagok összetétele időben nem sokat változik.

*Cell* 185, 4099. (2022)



## Válogatás

Fluorozott  $\beta$ -fenilalaninek enantioszelektív elválasztása Cinkóna alkaloidalapú ioncserelő királis állófázisokon nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával

*Angewante Chemie International Edition*, 2022

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/anie.202204413>

Márton Nagyházi<sup>1</sup>, Ádám Lukács<sup>1</sup>, Gábor Turczel<sup>1</sup>, Jenő Hancsók<sup>2</sup>, József Valyon<sup>1</sup>, Attila Bényei<sup>3</sup>, Sándor Kéki<sup>4</sup>, Róbert Tuba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials and Environmental Chemistry, Eötvös Loránd Research Network, Research Centre for Natural Sciences

<sup>2</sup>Environmental and Chemical Engineering, Department of MOL Hydrocarbon and Coal Processing, University of Pannonia

<sup>3</sup>Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of Debrecen

<sup>4</sup>Department of Applied Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of Debrecen



Olyan zöld kémiai eljárás kidolgozása valósult meg, amely megteremti annak a lehetőségét, hogy napjaink rendkívüli környezeti terhelést okozó, a természetben nem lebomló műanyagait olyan vegyületekké alakítsa át hatékonyan, környezetbarát módszerekkel, amelyek a körkörös gazdaság magas hozzáadott értékű alapanyagává válhatnak.

Fehérjék globális és lokális paramétereinek változása letekeredés és kötődés során, az empirikus molekulatömeg – diffúziós együttható összefüggések általános alkalmazása

*Analytical Chemistry*, 2022

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.analchem.2c00481>

Lilla Csenge Szabó<sup>1,2</sup>, Fanni Sebák<sup>1</sup>, Andrea Bodor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ELTE TTK, Kémiai Intézet, Analitikai- és BioNMR Laboratórium

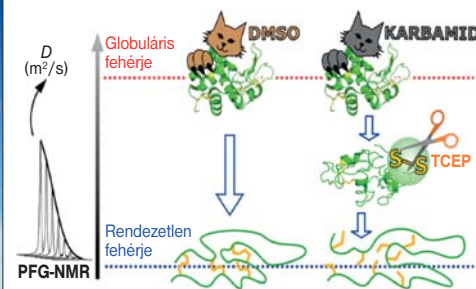
<sup>2</sup>ELTE Hevesy György Kémia Doktori Iskola

A biológiai és gyógyszerkutatói vizsgálatokban az egyik kulcskérdés a fehérjék feltekeredtségi állapota, ennek megfelelő jellemzése. Analitikai és BioNMR Laboratóriumunkban kidolgoztunk egy gyors és egyszerű, NMR-spektroszkópiai méréseken alapuló módszert, mellyel fehérjék/biomolekulák translációs diffúziós sajátságai vizsgálhatók. A technika segítségével sikerült különböző kísérleti körülmények mellett molekulatömeg – translációs diffúziós együttható empirikus összefüggéseket meghatározunk, melyek széles körű bioanalitikai alkalmazást tesznek

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott aktuális kiemelt publikációk a hatékony és környezetbarát zöld kémiai technológiával, a fehérjék feltekeredtségi állapotának egyszerű NMR-spektroszkópiai jellemzésével és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszerrel történő fluorozott fenilalanin-származékok enantiomerjeinek elválasztásával foglalkoznak.

**Perczel András**

osztályelnök, az MTA rendes tagja



lehetővé. Így sikerrel alkalmazhatók a fehérjék denaturálásának/hibás feltekeredésének vagy aggregációjának követésére, illetve kölcsönhatások vizsgálatában is. Az ilyen típusú eredmények hasznos támpontot jelentenek a hatóanyagkutatásban, illetve a fehérjék jellemzésében, viselkedésének megértésében is segítségre vannak.

A publikációnak Cover Art-illusztrációja is van.

Fluorozott  $\beta$ -fenilalaninek enantioszelektív elválasztása Cinkóna alkaloidalapú ioncserelő királis állófázisokon nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával

*Journal of Chromatography A*, 2022

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967322001728>

Gábor Némethi<sup>1</sup>, Róbert Berkecz<sup>1</sup>, Sayeh Shahmohammadi<sup>2</sup>, Enikő Forró<sup>2</sup>, Wolfgang Lindner<sup>3</sup>, Antal Péter<sup>1</sup>, István Ilisz<sup>4</sup>

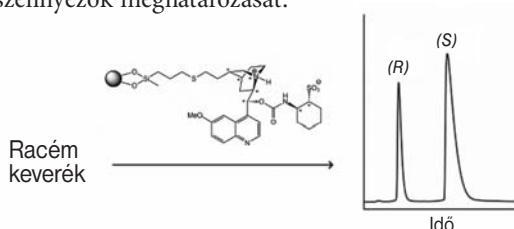
<sup>1</sup>Institute of Pharmaceutical Analysis, Interdisciplinary Excellence Centre, University of Szeged

<sup>2</sup>Institute of Pharmaceutical Chemistry, University of Szeged

<sup>3</sup>Department of Analytical Chemistry, University of Vienna, Austria

<sup>4</sup>Institute of Pharmaceutical Analysis, Interdisciplinary Excellence Centre, University of Szeged

Az Ilisz István vezetésével működő kutatócsoport nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszert fejlesztett fluorozott fenilalanin-származékok enantiomerjeinek elválasztására. Az ioncserelő tulajdonságú állófázisok alkalmazásával kapott eredmények potenciális farmakonok vizsgálata során segítik az egyes enantiomerek hatásának különálló vizsgálatát, illetve a királis szennyezők meghatározását.





## Mester és tanítványa – megemlékezés Náray-Szabó István és Kálmán Alajos akadémikusról



November 30-án, a Magyar Tudomány Ünnepeének rendezvénysorozatához kapcsolódóan emlékülést tartottak a két tudós tiszteletére az Akadémián.

Náray-Szabó István ötven, tanítványa, Kálmán Alajos, öt éve hunyt el. Magyarországon az előbbi alapozta meg, az utóbbi pedig széles körben alkalmazta a röntgendiffrakciós módszert, azt az eljárást, amely mára meghatározó szerepet játszik különféle molekuláris szerkezetek felderítésében. A rendezvény előadói áttekintést adtak a szakterületről, kiemelve a hazai eredményeket.

Náray-Szabó Gábor rövid, tömör előadásban mutatta be édesapja vizsontagságos, méltatlanul nehéz életútját és legfontosabb tudományos eredményeit. Kiemelte a röntgendiffrakciós módszert, amellyel először lehetett meghatározni az atomok elrendeződését egy kristályon belül. Az eljárással Náray-Szabó István berlini és manchesteri tanulmányútja során ismerkedett meg, és sikerrel alkalmazta több szilikátásvány szerkezetének meghatározására. Hazatérve jelentősen hozzájárult a szerkezetkutatás e máig meghatározó jelentőségű módszerének alkalmazásához és elterjesztéséhez.

Sohár Pál nem hagyományos előadáson mutatta be jó barátja és pályatársa karizmatikus személyiségét *Kálmán Alajos, a reneszánsz ember* címmel. Azokat a tulajdonságokat vette számba, amelyeknek köszönhetően barátja a hazai vegyész társadalom nagyra becsült, köztiszteletnek örvendő és megnyerő alakjává vált.

Hargittai István előadása elején méltatta az igazságtalanul meghurcolt és bebörtönzött Náray-Szabó István kiemelkedő emberi kvalitásait és kutatási eredményeit. Ezután a szerkezeti kémia és a biológia fejlődésével kapcsolatban három kérdéssel foglalkozott: az eszközök és a gondolatok relatív fontossága, a rendezettség és a rendezetlenség kutatása, valamint a szabályosan ismétlődő és az egyedi szerkezeti jellegzetességek kezelése. Mindhárom kérdés, az előadó véleménye szerint, a szerkezeti kémián és a biológián túl természetfilozófiai és episztemológiai szempontból is érdekes.

Császár Attila *Túl a szerkezeti kémia standard modelljén* című előadásában bemutatta, hogy a kémia, ezen belül a szerkezeti kémia egyik legfontosabb, standard modellje az, hogy a molekuláris rendszerek rendelkeznek a klasszikus mechanikai értelemben vett térszerkezettel. A jól meghatározott és kísérleti (diffrakciós és spektroszkópiái) módszerek segítségével felderíthető térszerkezet meglétének feltételezése igaz az anyag minden halmazállapotára. Az előadás kizárólag molekuláris (semleges és töltéssel rendelkező) rendszerek gázfázisú szerkezetével és a szerkezet szimmetriájával foglalkozott. Az előadó részletebben tárgyalta azokat eseteket, ahol a klasszikus szerkezeti mo-

dell, mely a kvantummechanikának a Born–Oppenheimer-közelítés (a magok és az elektronok mozgásának szétválasztása) keretén belüli egyszerűsítésén alapul, kisebb vagy nagyobb mértékben, de sérül.

Kamarás Katalin előadása a szén nanocsövek szerteágazó alkalmazási lehetőségeivel foglalkozott. Ennek a sokszínűségnek az az egyik oka, hogy a grafén „feltekerésével” származtatott, különböző kiralitású egyedi csövek elektronszerkezete és elektromos, illetve optikai tulajdonságai változatosak (fémek, félvezetők tulajdonságok, frekvenciafüggő abszorpció stb.). A kiralitás szerinti elválasztás ma már rutinjárásnak számít: az egyedi nanocsövek izolálása és vizsgálata is megoldott. Ezzel részben olyan hibrid anyagok jönnek létre, melyekben a bezárt molekulák más-képp rendeződnek, mint a szabad térben vagy egy kétdimenziós felületen (nanotartályok). Kamarás Katalin bemutatott néhány példát is, felvillantva olyan nanoskálájú szerkezetvizsgálati módszereket, amelyek az utóbbi években terjedtek el, kihasználva a szilárdtestfizika és a szerkezeti kémia legújabb eredményeinek szinergiáját.

Fülöp Vilmos (School of Life Sciences, University of Warwick, UK), Kálmán Alajos egykori tanítványa, doktorandusza és kollégája a *kémiai kristallográfiától a szerkezeti biológiáig* című előadásában a budapesti kutatócsoportban eltöltött évekről, a közös munkáról beszélt. A fehérjekristallográfiát egy sajátos megközelítéssel, a prolin-oligopeptidáz enzim térszerkezet-meghatározásán keresztül mutatta be, külön hangsúlyozva ennek a gyógyszerkutatásban betöltött szerepét. Előadása végén röviden vázolta a szerkezeti biológia legújabb eredményeit.

Keserű György Miklós a *Szerkezetalapú gyógyszertervezés: a kiindulópontoktól a gyógyszerjelöltekig* című előadásában kiemelte, hogy Emil Fischer évtizedekkel a molekuláris biológia és a farmakológia térhódítása, a fehérjeszerkezetek meghatározására alkalmas módszerek megalkotása előtt, 1894-ben vetette fel, hogy egy enzim szubsztrátspecifitása a komponensek egymást kiegészítő geometriai formáinak köszönhetően azok illeszkedésén alapul. Az elképzelés szerint a fehérje és liganduma úgy illeszkedik egymáshoz, mint kulcs a zárba. Bár a kulcs-zár modell nem vette figyelembe a fehérje-ligandum rendszer konformációs dinamikáját, a leírt molekuláris felismerési folyamat máig meghatározó eleme a szerkezetalapú gyógyszertervezésnek. Az előadás bevezetést nyújtott azokba a gyógyszertervezési módsze-

### A levezető elnök és az előadók (balról jobbra haladva):

Keserű György Miklós, Perczel András, Császár Attila, E. Kövér Katalin, Náray-Szabó Gábor, Kamarás Katalin, Hargittai István, Fülöp Vilmos és Sohár Pál





rekbe, amelyek a gyógyítani kívánt betegséghez kapcsolódó cél-fehérje térszerkezetén alapulva keresnek kötődő molekulákat. A legfontosabb eljárások áttekintését követően több alkalmazásra mutatott példát, amelyek a szerkezetalapú gyógyszertervezés eredményeit illusztrálták a kémiai kiindulópontok azonosításától, a vezérmolekulák optimalálásán át, a gyógyszerjelöltek felfedezéséig.

Perczel András, a Kémiai Tudományok Osztályának elnöke *Egy arc két orcája: fehérjeszerkezet és belső dinamika* című záró előadásában hangsúlyozta, hogy az olyan alaptulajdonságok mellett, mint az aminosavsorrend, 3D téralkat vagy elektrosztatikus potenciál, egy fehérje biológiai aktivitását alapvetően befolyásolja a makromolekula és komplexének belső mozgása. A legkülönbözőbb biológiai szerepre szakosodott globuláris, fibrilláris vagy IDP- (Intrinsically Dynamic Protein) rendszerek széles időskálájú dinamikus viselkedése mind NMR-, mind röntgen- vagy/és krioEM-mérések alapján hatékonyan vizsgálható és jellemezhető. A fehérjemozgások és a különböző technikák rövid bemutatása mellett az előadás változatos példákra keresztül szemlélítette, hogy a dinamikus térszerkezet hogyan teszi lehetővé a fehérjék bioaktivitásának finomhangolását.

E. Kövér Katalin zárszökeént Kölcsény Ferenc *Emlékezés Berzsenyi Dániel felett* című művéből idézett: „... az emlékezet életet ad; s ki tetteiben megemlegettetik, az halhatatlan lesz.”

**Antal Zsuzsa**

• • • • •

## In memoriam Hannus István (1950–2022)



Nagy veszteség érte a szegedi és magyarországi kémikus társadalmat: kollégánk, tanárunk, barátunk, Dr. Hannus István, az Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék professor emeritusa 2022. november 5-én, életének 73. évében elhunyt.

Hannus István 1950-ben született Heves megyében, Besenőteleken. Itt járt általános iskolába, majd Kazincbarcikán az Irinyi János Vegyipari Technikumban érettségizett 1968-ban. Okleveles vegyész diplomát 1974-ben szerzett Szegeden, a József Attila Tudományegyetemen. Azóta folyamatosan itt dolgozott az Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszéken. 1979-ben summa cum laude minősítéssel egyetemi doktori, 1992-ben kandidátusi fokozatot szerzett, mindkettőt a zeolitok témakörében („A ciklopropán vízizomerizációjának vizsgálata módosított NaY zeolitokon”, illetve „Zeolitok reakciója klórtartalmú reaktánsokkal” címmel). 2000-ben védte meg MTA doktori dolgozatát, melynek címe „Zeolitok és C1 halogénvegyületek kölcsönhatásának vizsgálata IR- és NMR-spektroszkópiával”. A 2000-ig József Attila Tudományegyetem, 2000-től Szegedi Tudományegyetem nevet viselő intézményben végigjárta a ranglétrát, haláláig professor emeritusként oktatott. Kutatásai során a petrokémiában és a környezetvédelemben egyaránt jól alkalmazható zeolitok (kristályos alumínium-szilikátok) dealuminálással történő módosításával, ioncserélő, adszorpciós és katalitikus tulajdonságaik vizsgálatával foglalkozott, így például a freonok és más klórtartalmú vegyületek

adszorpcióját és reakcióit vizsgálta infravörös spektroszkópiával zeolitokon.

Tudománytörténeti munkássága Örkény István és a kémia kapcsolatának, valamint Szent-Györgyi Albert szegedi tevékenységének vizsgálatára és bemutatására terjedt ki. Egyetemi főkollegiumokat és speciálkollégiumokat tartott a kémiai technológia, petrokémia és alternatív energiaforrások témakörben.

István természettudományos pályája mellett széles körű irodalmi és általános humán műveltségű ember volt. Ennek köszönhetően a természettudományos tárgyakon túl olyan érdekességekkel is tanította szórakoztatva a hallgatókat, mint a kémia és a klasszikus művészetek kapcsolatát bemutató kurzusok. A szegedi *Universitas* összes hallgatója számára meghirdetett kurzusa, a kémiai Nobel-díjasok, amelynek során bemutatta a modern kémia története mellett az összes magyar és magyar származású Nobel-díjas munkásságát, így Szent-Györgyi Albertét is, egyetemeszerte ismert és elismert volt.

Több tudományos és szakmai szervezetben töltött be tisztséget: tagja volt az MTA Katalízis Munkabizottságának, a Magyar Zeolit Társaságnak, a Magyar Kémikusok Egyesületének 1974 óta. Az MKE Csongrád Megyei Csoportjának három cikluson keresztül az elnöke volt. Az MKE CSMCS elnökeként is fontosnak tartotta a Szent-Györgyi-emlékek ápolását – kezdeményezte egy emlékszoba kialakítását Szent-Györgyi első szegedi munkahelyén, a Déri Miksa Ipari Szakközépiskolában, a Kálvária téren, és amerikai ösztöndíja során kigyűjtötte a New York Times Szent-Györgyivel kapcsolatos írásait, melyek a Délmagyarország Szent-Györgyi-cikkeivel együtt a Szegedi Egyetemi Tudástár 3. kötetében jelentek meg 2014-ben. Tagja volt a Szegedi Tudományegyetem Egyetemtörténeti Bizottságának.

Nevéhez hat szabadalom, száznál több referált folyóiratban megjelent cikk és több mint 50 tudományos ismeretterjesztő cikk fűződik. Tíz egyetemi jegyzetnek és számos elektronikus tanulmány volt társszerzője a kémiai és környezetvédelmi technológia területén, amelyek felölelik az elméletet és a laboratóriumi gyakorlatokat egyaránt.

Kitűnő tanár volt, igazán akkor volt elemében, ha kiállt a katedrára és előadást tartott. Oktatói munkájának elismeréseként 2018-ban Than Károly-emlékérmét és Klebelsberg Kuno-díjat kapott. Hannus Istvánt a Természettudományi és Informatikai Kar, valamint a Kémiai Intézet is saját halottjának tekinti.

István kedves, nyitott, mindenki által szeretett tagja volt a magyar kémikus társadalomnak. A személyiségéből mindig valami kifogyhatatlan derű és bölcsesség áradt. Hamiskás félmosolya a legmeredekebb helyzetekben is ott volt az arcán. A konfliktusokat kitűnően kezelte, elegánsan túl tudott lépni rajtuk, nem volt haragtartó.

Közismert volt briliáns humorérzékéről. Ha megjelent valahol, mindenki örömmel konstata, hogy megérkezett. Nem toladott be a társaság középpontjába, de előbb-utóbb mégis mindig odakerült. Felüdítő volt vele szocializálódni, az embernek mindig volt olyan érzése, hogy valami különleges történik vele.

Az öröklét lényege az, hogy emlékeznek az emberre a halála után is. Idézik a mondásait, emlegetik a történeteit. Hames – mert mindenki így hívta – ezt elérte, sokan és sokáig fogjuk még emlegetni... Mindannyian tanultunk tőle folyamatosan, és most nagyon fog hiányozni. Isten veled, Hames!

**Kónya Zoltán**



## In memoriam Ambrus Gábor

(1936–2022)



A kémiai tudományok doktora, Zemplén Géza-díjas vegyészmérnök, a Gyógyszerkutató Intézet volt igazgatóhelyettese életének 87. évében, 2022. október 2-án végleg eltávozott közülünk.

Ambrus Gábor 1936. február 1-én született Kéhidán. 1959-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen jeles minősítésű vegyész-

mérnöki oklevelet, 1966-ban kitüntetéses gyógyszervegyész szakmérnöki diplomát szerzett. 1959 óta dolgozott a Gyógyszerkutató Intézetben, ahol 1972-ben tudományos csoportvezetővé, 1976-ban osztályvezetővé, 1985-ben a Biotechnológiai Főosztály vezetőjévé nevezték ki, majd 1998-tól az Intézet igazgatóhelyettese volt. Ambrus Gábor innovatív gondolkodásmódja egyet jelentett számos, iparban megvalósult eljárás kidolgozásával, illetve új, tudományos értékű felfedezésekkel. Széles körű tudományos és általános műveltsége eligazodási pontot adott munkatársai számára. Sokat tanultam, tanultunk Tőle. Többen nőttek tudóssá irányítása alatt. Nyugdíjba vonulásakor több évtizedes kiváló szakmai munkájának elismeréseként a Gyógyszerkutató Intézet Örökös Tagja életműdíjban részesült.

1968–69-ben Ford-ösztöndíjaként az Egyesült Államokban, a Wisconsin Egyetemen dolgozott, ahol Charles J. Sihvel először alkalmaztak kémiai módszerek mellett mikrobiológiai eljárást prolesztandin-származékok előállítására.

Munkásságát a biotechnológiai és szerves kémiai eljárások együttes alkalmazása jellemzi. Eljárásokat dolgozott ki szteroid gyógyszerhatóanyagok és szintézis kulcsintermedierek előállítása, amelyeket a Richter Gedeon Nyrt.-ben hasznosítanak. Tevékenyen részt vett a mevinolin és a pravastatin koleszterinszintcsökkentők, a ciklosporin immunszuppresszáns, továbbá a tobramicin, a kanamicin B, az apramicin és a sziszomicin aminoszteroid szerkezetű antibiotikumok új fermentációs előállítási eljárásainak kidolgozásában, melyek közül az előbbiek gyártását a Biogal Gyógyszergyárban, a legutóbbi előállítását a Chinoinban valósították meg. Új eljárást fejlesztettek ki munkatársaival a tumorgátló daunomicin antibiotikum előállítására, mely kiindulási anyagnak szolgált az adriamicin rákellenes gyógyszer szintéziséhez.

A kémiai tudományok kandidátusa címet 1983-ban szerezte meg, 1995-től a kémiai tudományok doktora.

Ambrus Gábor 130 tudományos közlemény, illetve szabadalom szerzője, társszerzője. Munkásságáért kiváló feltalálói oklevéllel és 1993-ban Zemplén Géza-fődíjjal tüntették ki. Kimagaslóan sikeres feltalálói tevékenysége, valamint kiemelkedő színvonalú és hatékonyságú iparjogvédelmi munkássága elismeréseként 2000-ben Jedlik Ányos-díjat nyert el. Tagja volt az MTA Szteroidkémiai, Biomérnöki és Antibiotikum Munkabizottságainak. Részt vett egyetemi hallgatók és doktoranduszok oktatásában is.

Szellemi örökségünk, amit Ambrus Gábor ránk hagyott, óriási, és munkássága nemzetgazdasági szempontból is jelentős.

Kollégái és tanítványai nevében búcsúzom Tőle:

**Andor Attila**

## A bioszervetlen kémia egyik hazai megteremtője: Speier Gábor (1939–2022)



Életének 83. évében, 2022. november 23-án elhunyt Speier Gábor, okleveles vegyészmérnök, a Pannon Egyetem professzor emeritusa, volt tudományos rektorhelyettese. Speier Gábor 1939. december 14-én született Nyergesújfalun. Okleveles vegyészmérnöki diplomát a Drezdai Műszaki Egyetemen szerzett 1966-ban.

Külföldi tanulmányai után Veszprémbe került, ahol 1966 és 1974 között az MTA Petrolkémiai Kutatócsoportjában, majd 1974-től a Pannon Egyetem (az akkori Veszprémi Vegyipari Egyetem) Szerves Kémiai Tanszékén dolgozott és tanított, 1976-tól docensként, 1986-tól egyetemi tanárként. A kémiai tudományok kandidátusa fokozatot 1974-ben, a kémiai tudományok doktora címet pedig 1986-ban szerezte meg. Értekezéseit a „Réztartalmú metalloenzimek biotranszformációi” témakörben írta. Tudományos tevékenységét 148 nemzetközi és 5 hazai közlemény, valamint 8 könyvrészlet képezi, utolsó közleménye 2021-ben, nyolcvankét éves korában jelent meg. Vendégprofesszorként rövidebb-hosszabb tanulmányutakat töltött neves külföldi egyetemeken (University of Colorado; University of Marseille; Kyoto University; Inönü University), öregbítve a magyar kémia hírnevét.

Rangos tudományos eredményei mellett jelentős közéleti és tudományszervező munkát végzett, számos hazai és nemzetközi tudományos testület tagjaként (MKE, MTA Koordinációs Kémiai Munkabizottság elnöke; az MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság, Kémiai Szakbizottság elnöke; a Polányi Mihály-díj kuratóriumi tagja; az MTA Bolyai Tudományos Ösztöndíj kuratóriumának tagja; a COST (Coordination of Science and Technology) Domain Committee magyar képviselője, a COST Action CM6030, CM1003 és CM0905 Management Committee tagja...).

A biokoordinációs kémia tudományterületének egyik hazai megalapítójaként végzett, nemzetközi szinten is kiemelkedő kutatómunkája, valamint jelentős tudományos közéleti tevékenysége elismeréseként számos kitüntetésben részesült: Szent-Györgyi Albert-díj, Náray-Szabó István-díj, Kajtár-Hollós-emlékplakett, Mestertanár, Magyar Köztársasági Érdemrend lovagkeresztje, Magyar Érdemrend tisztikeresztje.

Speier Gábor azonban nemcsak tudós volt, hanem tanár is. Nagyon jó pedagógiai érzékeléssel ajándékozta meg a sors, kemény, de következetes és segítőkész volt hallgatóival szemben. Irányításával nagyszámú vegyész és vegyészmérnök készített szakdolgozatot vagy diplomamunkát, több munkatársa szerzett PhD-fokozatot. Tanítványai nemzetközi szinten is megállták helyüket, többen neves nemzetközi egyetemeken kamatoztatták itthon megszerzett tudásukat. Nagy tudású kutatót, oktatót és barátot veszítettünk el a személyében. Távozása hatalmas veszteség a kémikus társadalom számára, emlékét tisztelettel megőrizzük.

**Kaizer József**

## 38. alkalommal rendezték meg a Borsodi Vegyipari Napot

Miskolc, 2022. november 17.

A Magyar Kémikusok Egyesülete BAZ Megyei Területi Szervezete és a Miskolci Akadémiai Bizottság Vegyészeti Szakbizottsága a hagyományoknak megfelelően idén is novemberben, a Magyar Tudomány Ünnepeinek hónapjában rendezte meg a Borsodi Vegyipari Napot.

A 38. BVN-nek ismét a patinás Miskolci Akadémiai Bizottság (MAB) székháza adott otthont.

A rendezvényt Dr. Muránszky Gábor, az MKE BAZ Megyei Területi Szervezet elnöke nyitotta meg, majd Prof. Dr. Viskolcz Béla egyetemi tanár (Miskolci Egyetem, a felsorolásban: ME), a MAB Vegyészeti Szakbizottság elnöke és Androsits Beáta, az MKE ügyvezető igazgató is köszöntötte a résztvevőket.

A BVN szervezését idén is főként a MKE-munkacsoportok vezetői, Dr. Bánhidi Olivér, a Miskolci Egyetem Munkahelyi Csoport elnöke, Fekete Hedvig, a MOL Petrolkémia Munkahelyi Csoport elnöke és Tóthné Gaál Hella, a BorsodChem Munkahelyi Csoport elnöke vállalták.

A BAZ Megyei MKE-szervezet tagjai közül idén ünnepelte 80. születésnapját Bordás Zoltánné (a BorsodChem nyugdíjasa), Dr. Jó Gyula (a Miskolci Egyetem nyugdíjasa), Vigh László (a MOL Petrolkémia nyugdíjasa), a 75. születésnapját Kovács Attila (a MOL Petrolkémia nyugdíjasa), akiket oklevéllel és ajándékkal köszöntöttek.

Előadónak nemcsak neves professzorokat és vállalati vezetőket kértek fel a szervezők, hanem az utánpótlás kérdését előtérbe helyezve középiskolás és egyetemista hallgatók is beszámolhattak eredményeikről.

A délelőtti szekcióban a levezető elnök Prof. Dr. Viskolcz Béla volt, míg az ebédszünet után Dr. Muránszky Gábor felügyelte a BVN programját.

Az alábbi előadások hangzottak el: *A lítiumion-akkumulátorok hulladékaik és értékes alkotóinak kinyerése a kémiai metallurgia módszereivel* (Prof. Dr. Kékesi Tamás, egyetemi tanár, ME Anyag- és Vegyészmérnöki Kar); *Új, innovatív növényvédő szer (Amicarbazone) és az ehhez szükséges intermedierek gyártástechnológiájának kifejlesztése a Kischchemicals Kft.-nél* (Balogh Zoltán fejlesztőmérnök, Ferenci Bettina fejlesztőanalitikus, Szecskás Tamás fejlesztőlaboráns, Dr. Tóth Zoltán fejlesztési vezető, Kischchemicals Kft.); *S-oktilkloritioformát szakaszos és folyamatos gyártástechnológiájának kifejlesztése* (Magyar István fejlesztőmérnök, Pusztai Gergő, fejlesztőlaboráns, Dr. Tóth Zoltán fejlesztési vezető, Kischchemicals Kft.); *PU szendvicspanel-rendszerek a BorsodChemnél* (Csatlós Flóra, Team Leader, Rigid Product Development, BorsodChem Zrt.); *Comparison of Carbon Capture for Air-combustion and Oxyfuel-combustion Technologies* (Prof. Dr. Mizsey Péter egyetemi tanár, ME, Saeed Talei doktorandusz, ME Anyag- és Vegyészmérnöki Kar); *Anton Paar-megoldások a vegyipari minőség-ellenőrzés és technológiai fejlesztés szolgálatában* (Dudás Imre értékesítési specialista, okl. vegyészmérnök, Anton Paar Hungary Kft.); *P2P – Plastic to Protein: Hogyan lesz a fehérjéből biomassza?* (Kónya Máté Bertalan és Turjanicza Boldizsár tanulók, Lévay József Református Gimnázium, Felkészítők: Dóka Erzsébet, Hegyi Flóra, Dr. Fiser Béla); *Development of magnetic nanoparticles aided nucleic acid isolation techniques* (Gerzsényi Tímea doktorandusz, ME); *NH<sub>2</sub>-Functionalized Magnetic Nanoparticles for the N-glycomic Analysis of Multiple Sclerosis Using Hydrophilic-Interaction Liquid-Chromatography* (Dojcsák Dalma doktorandusz, ME); *Katalizátorfejlesztések a Miskolci Egyetem Kémiai Intézetében* (Dr. Vanyorek László egyetemi docens, ME Anyag- és Vegyészmérnöki Kar).

A rendezvény vonzerejét az is növelte, hogy nincs részvételi díja és mindenki számára nyitott.

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

A közel 40 résztvevő hasznos ismeretekkel gazdagodott.

**MKE BAZ Megyei Területi Szervezete**

## Az európai kémikus egyesületek teljes mértékben elkötelezettek az Open Access publikálás mellett



In May 2022, representatives of the 16 chemical societies of **Chemistry Europe** made a bold statement as they elected *ChemElectro-Chem* to be the first title in their portfolio of 19 journals to transition

from a reader-pays subscription model to an author-pays open access model.

**Chemistry Europe** is no stranger to open access publishing. Since launching the first fully open access, society owned journal, *ChemistryOpen*, which published its first volume in 2012, **Chemistry Europe** has expanded their portfolio to include *Analytical Science Advances* and *Electrochemical Science Advances* and launched *Chemistry-Methods* in 2021. In addition, **Chemistry Europe** recently announced it is launching a new gold open access journal, aptly called *ChemistryEurope*. The namesake fully open access journal will launch in 2023 and aims to represent the core values of the association by publishing high-quality and high-impact articles across all areas of chemistry.

Open access articles receive increased visibility, downloads, and citations with respect to subscription articles, and are more readily available to researchers around the world who can use them to elaborate and build upon the findings. The concept of open access publishing has been around for a long time, but the open access publishing landscape is still evolving and the best way forward to achieve open science is not yet confirmed. Nevertheless, **Chemistry Europe** remains agile and is adapting to the changing needs of the scientific community. To complement its portfolio of born-gold journals, **Chemistry Europe** has now taken its first step towards transitioning its existing hybrid portfolio of journals. On 18<sup>th</sup> October 2022, this transition truly began as the manuscript-handling system of *ChemElectroChem* was reconfigured, so that all subsequent accepted articles would be published open access under the terms of a Creative Commons license. This means that *ChemElectroChem* is on track to be fully open access from 1<sup>st</sup> January 2023. For more information about this transition and the motivation behind the decision, please also read the Editorial by *ChemElectroChem*'s Editor-in-Chief, Dr. Kate Lawrence.

Through the affiliation with Wiley, **Chemistry Europe** authors are often able to benefit from transformative agreements and Wiley Open Access Accounts, which are each individually tailored to the needs of the respective partner. For example, the Central European University (Budapest Campus) has an agreement with Wiley that could cover the APC for its researchers. Furthermore, the APCs in a **Chemistry Europe** journal are fully covered for most articles published with a corresponding author affiliated with eligible institutions as part of the EISZ agreement. Please speak to your librarian for more information!

## DÍJAK, KITÜNTETÉSEK

## 2. Nemzetközi Kálmán Alajos-díj



Marijana Dakovic professzor, az Európai Krisztallográfiai Szövetség elnöke és Bombicz Petra, a SIG13 „A molekuláris szerkezet és a kémiai tulajdonságok kapcsolata” szakosztályának elnöke együtt adta át Eric Collet professzornak.



Eric Collet, a 2. Nemzetközi Kálmán Alajos-díj kitüntetettje és az emléklapett Kálmán Alajos arcképével

A Kálmán Alajos professzor úrról elnevezett tudományos díj célja azon kutatók elismerése, akik a szerkezetkutatás területén az elmúlt 5–10 évben kiemelkedő eredményeket értek el. A díjat hároméves ciklusokban ítélik oda: három évből kettőben nemzetközi díjat, a harmadikban hazai díjat adnak át. Az európai díj kitüntetettjének személyéről, aki a szerkezetkutatás bármely területéről érkezhetsz, nemzetközi zsüri dönt, melybe az MKE is delegál egy tagot.

Eric Collet a Rennes-i Egyetem Fizika Intézetének professzora, az egyetem és a CNRS közös Anyag- és Fénytudományi Osztályának igazgatója. Interdiszciplináris, inspiráló kutatása az anyagtudomány, a kémia és a fizika közös határterületét képviseli, melynek középpontjában a krisztallográfia áll. Collet professzor úr a röntgen szabadelektronlaser-kutatás úttörője, azok közé tartozik, akik ennek a tudományágnak lefektették az alapjait. Kollégáival az ultragyors, femtoszekundumos kísérletek, az ultragyors fotogerjesztés, fotoindukált szerkezeti dinamika, fázisátalakulás és molekuláris kapcsolók területén értek el kimagasló teljesítményt. Kiemelkedő eredményei a molekuláris komplexek és új átmeneti mechanizmusok szerkezeti tanulmányozásán alapulnak, a molekuláris mérettartománytól a kristályrács felépítéséig. Mindezek mellett Eric Collet aktívan tevékenykedik azon, hogy a szerkezeti kémiai ismereteket minél szélesebb körben eljuttassa az érdeklődőknek. Collet professzor a díjátadás után tudományos előadásban mutatta be tevékenységét, legújabb eredményeit.

A harmadik hazai Kálmán Alajos-díj átadására 2023-ban kerül sor. A felhívást az egyesületi honlapon és az Magyar Kémikusok Lapjában tesszük közzé, a jelölt egy-két oldalban összefoglalt szakmai bemutatását és hivatkozási listáját várva. A jelöléseket 2023. március 31-ig fogadja az MKE Titkárság, a jelölés nem szakosztályhoz kötött. A kitüntetés átadása ünnepélyes körülmények között fog zajlani. Várjuk a jelöléseiket a harmadik magyar Kálmán Alajos-díjra!

Bombicz Petra

## Gábor Dénes-díj, 2022

2022 decemberében 34. alkalommal adták át a Parlament dístermében a Novofer Alapítvány által alapított Gábor Dénes-díjat az ország több tudományos és politikai vezetője jelenlétében. A díj a civil szféra közismert műszaki alkotói elismerése ma Magyarországon, és napjainkig 263-an részesültek ebben az elismerésben.

A Novofer Alapítvány célja a műszaki-szellemi alkotások, a mérnöki munka és a technológiai fejlesztés együttesen alapuló innovációban megszületett kiemelkedő teljesítmények elismerése.

A Kuratórium döntése alapján Gábor Dénes-díjban részesült öt hazai alkotó, közöttük: *Toldy Andrea* vegyészmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyetemi tanára, a polimerek és kompozitjainak technológiai célú alkalmazása, gyakorlati megvalósítása terén folytatott sokirányú és eredményes kutatómunkájáért, megújuló forrásból származó epoxigyanta-kompozitok előállításáért és epoxigyanták környezetbarát égésgátlásáért, a multifunkcionális bevonattal értéknövelt polimer rendszerek egylépéses előállítása terén végzett kutatásaiért, valamint a polimerek éghetőségi paramétereinek előrejelzésére alkalmas, mesterséges neurális hálón alapuló algoritmus létrehozásáért.

A díjazottaknak ezúton is gratulálunk, és kiemelkedő tudományos felkészültséget és kreativitást igénylő munkájukban további sikereket kívánunk!



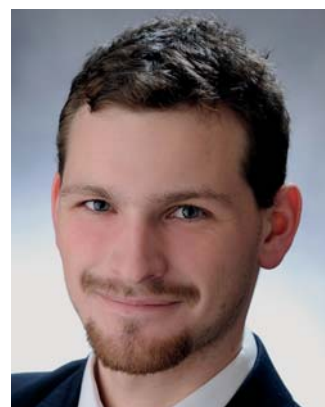
TOLDY ANDREA

## Zemplén Géza-díjak, 2022

A fődíjat *Skodáné Földes Rita*, az MTA doktora (Pannon Egyetem), a Zemplén Géza-díjat *Ábrányi-Balogh Péter* PhD (Természettudományi Kutatóközpont) kapta. A díjátadón került sor az MTA Kémiai Tudományok Osztályának lassan hagyománnyá váló „Christmas Lecture”-ére, amelyet Bodor Miklós, az MTA külső tagja tartott.



Skodáné Földes Rita



Ábrányi-Balogh Péter



## Primák és primissimák

2022-ben a „magyar tudomány” kategória Prima Primissima-díjasa Lovász László Abel-, Kyoto- és Wolf-díjas matematikus, a Magyar Tudományos Akadémia korábbi elnöke, a „magyar oktatás és köznevelés”-é Härtlein Károly, a BME mesteroktatója, a híres kísérletező-előadó lett.

A Junior Prima-díjazottak között szerepelt az idén Kecsenovity Egon (SZTE) és Koók László (Pannon Egyetem).



Lovász László



Härtlein Károly



Kecsenovity Egon



Koók László

## 50 éves a veszprémi vegyészmérnöki kiadvány: Hungarian Journal of Industry and Chemistry

Az angol nyelvű szakfolyóiratot (HJIC, korábbi neve *Hungarian Journal of Industrial Chemistry*) 1973-ban Veszprémben indította útjára Bodor Endre professzor, alapító főszerkesztő, az egyetem legendás tanára, ikonikus egyénisége, s kiadását négy akkori veszprémi, vegyiparhoz köthető intézet (MÁFKI, NEVIKI, MTA MÜKKI és a Vegyipari Egyetem) támogatta. Az azóta is minden évben megjelenő kiadvány alap- és alkalmazott kutatási eredményeket mutat be általában évi két kötetben a következő területeken: anyagtudomány, biotechnológia, energetika, élelmiszer-mérnökség, folyamatmérnöki rendszerek, gépészmérnöki folyamatok, kémiai folyamatok, ipari menedzsment, környezeti kémia és technológia, kémiai technológia, mechatronika, újrahaznosítási eljárások, vegyészmérnökség.



A lap külső formájában is hangsúlyozta a nevében megjelenő jelzőt: magyar trikolor szerepelt a címlapon, az akkori hatóságok nem túl nagy öröme.

Az 50 éves múlttal rendelkező szaklap megjelenéséért jelenleg a Pannon Egyetem Mérnöki Kara felelős, az egyetem a hivatalos kiadó, s 2019-től az MTA Könyvtár és Információs Központ együttműködésével valósul meg az online megjelenő közlemények egyértelmű azonosítása és elérésük hosz-

szerű távú biztosítása (DOI, Crossref). A 2017-ben megújult szerkesztőség (főszerkesztő Bélafiné Bakó Katalin, helyettese Boda Dezső) fontosnak tartja a színvonal folyamatos emelését s a nemzetköziesedést, ezért ma már a szerkesztőbizottság felét neves külföldi szakemberek adják. A lap eredeti közleményeket, összefoglaló és rövid cikkeket egyaránt közöl, továbbá konferenciák anyagai számára is biztosít megjelenést. A beküldött kéziratokat szigorú bírálóknak veti alá, a javított, elfogadott cikkeket angol anyanyelvű lektor korrigálja. A folyóiratban a közlemények megjelenése ingyenes, és a publikált anyagok is – 1973 óta az összes cikk archiválva van – költségtérítés nélkül hozzáférhetők, letölthetők a honlapról (<http://mk.uni-pannon.hu/hjic>).

A *Hungarian Journal of Industry and Chemistry* szaklapot az alábbi szervezetek indexálják: Chemical Abstracts Services, Celdes, CNPIEC, CNKI Scholar (China National Knowledge Infrastructure), EBSCO Discovery Service, Google Scholar, J-Gate, Naviga (Softweco), Primo Central (ExLibris), ReadCube, Summon (Serials Solutions/ProQuest), TDOne (TDNet), WorldCat (OCLC), és a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT). Ezekon felül a köteteket az MTA REAL-J repository archiválja. Az újság szerepel a Directory of Open Access Journals (DOAJ) listáján is.

A szaklap 2020-ig nyomtatott formában is megjelent, azóta azonban csak online érhető el.

**Bélafiné Dr. Bakó Katalin**  
főszerkesztő

## OKTATÁS

### 19. Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpia

*Bogotá, Kolumbia, 2022. december 2–12.*

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. évüket 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 tárgybán is járatosak, a felkészítőn kevesebbet kell hozzátanulniuk. A versenyfelkészítőre azokat a diákokat hívjuk, akik a versenyt megelőző tanévben egy vagy több természettudományi országos verseny döntőjébe jutottak. Korábban egy ilyen egzotikus utazás akár 25 – természettudományokban jártas – diák



fantáziáját is megfogta. Ebben az évben mindössze 14 diák jelentkezett a júniusi felkészítőre, de már csak 13-an jelentek meg a felkészítő első napján, és a nyár folyamán további két 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 Programtól kapunk támogatást. Az utazás anyagi oldalának kezelését, illetve a pályázatok lebonyolítását az MKE végzi, ami óriási segítséget jelent a csapat számára. A Covid-járvány óta ebben az évben lett volna az első jelenléti verseny. A helyzetet bonyolította, hogy 2019-ben, a katarai versenyen Ukrajna jelentette be, hogy megrendezi a 2022-es IJSO-t. Ezt 2021-ben, az Egyesült Arab Emírségekben hibrid módon megrendezett 18. versenyen meg is erősítette, ám a politikai helyzet alakulása miatt a vállalás 2022 elején kérdésessé vált. Többféle alternatíva született a verseny megtartására: kezdetben az ukrán szervezők online versenyben gondolkodtak, amelyhez Németország és Litvánia tanárai ajánlották fel a segítségüket.

Az idei IJSO-pályázatunkat ezért egy ukrán szervezésű versenyre nyújtottuk be, legfeljebb Európán belüli utazással. A 19. IJSO-n való részvételt támogatta a Kulturális és Innovációs Minisztérium által kiírt Nemzeti Tehetségprogram NTP-NTMV-22-B-0003 pályázati azonosítójú támogatás. Az IJSO nemzetközi vezetősége végül a nyár folyamán bejelentette, hogy a versenyt – jelenléti formában – Kolumbia rendezi meg. A repülőjegyek árának ugrásszerű emelkedése és eleve a megszerzett támogatás mértéke is kérdésessé tette a teljes csapattal (6 diák + 3 tanár) való részvételünket. A verseny további állandó támogatója, a Richter Geodeon Nyrt. és az Egis Gyógyszergyár Zrt. által biztosított támogatás is csak 3 diák utazására adott lehetőséget, különösen azért, mert Bogotát a tengerszint feletti 2600 méteres elhelyezkedése és a 6 órás időeltolódás néhány napos akklimatizálódást is igényelt, amelynek költségeit a regisztrációs díj nem tartalmazta. A csapat további támogatást kapott a Dr. Bakos – Dr. Smied – Dr. Muraközi Ügyvédi Irodától is.

A versenyre való felkészítést ebben az évben is júniusban kezdtük meg (Gyertyán Attila matematikából és fizikából, Dr. Ács Zoltán biológiából, Varga Bence és Villányi Attila kémiából), 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 (illetve átismétlendő) ismereteket, összefüggéseket, illetve az általunk készített prezentációkból kellett az új anyagot elsajátítaniuk a versenyre készülőknek. Szeptember legelején írtuk meg az első selejtező dolgozatot. A válogató eredménye alapján, terveink és a korábbi hagyományok szerint a legalább 50%-os teljesítményt elérő legjobb diákokat szerettük volna kiválasztani. A megjelent 10 diák közül mindössze négyen érték el a kritériumként meghatározott 50%-os határt, így a továbbiakban nem volt kérdés, hogy az idei csapat – a tavalyihoz hasonlóan – csak három főből áll majd. A négy diák egyike, aki a tavalyi csapat tagja volt, más nemzetközi versenyre való felkészülésre hivatkozva sajnos lemondta a további felkészülést, így a csapat névsora már szeptemberben véglegesedett: *Muraközi Péter*, a győri Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium 9. osztályos tanulója, *Bíró Artúr*, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium 9. osztályos tanulója, *Simon János Dániel*, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium 9. osztályos tanulója.

Őket szeptemberben és októberben minden hétfőn – és több esetben hétközben is – a korábbi versenyek tapasztalatai és a kö-



**Villányi Attila és Gyertyán Attila között az ezüstérmesek: Bíró Artúr, Simon János Dániel, Muraközi Péter**

vetelmények alapján az ELTE Apáczai Csere János Gimnáziumban készítettük fel. A második válogató okafogyottá vált, minden tárgyból írtunk azonban egy „versenyesztet” a novemberi gyakorlatok napjain, amikor egyébként kipróbálhatták a gyakorlati forduló team-munkáját is.

A három diákból álló csapat és két kísérőtanár november 30-án indult el Bogotába. Az első két napot a tanárok szállodájában töltöttük, és az akklimatizálódás mellett a város egyik leghíresebb látványosságát, az Arany Múzeumot tekintettük meg. A verseny első meghirdetett napjától az utolsóig – a verseny szabályzatának megfelelően – az ott-tartózkodás teljes ideje alatt a szervezők biztosították a csapat transzferét, szállását és teljes ellátását.

A kísérő tanárokból álló nemzetközi zsűri a verseny második, negyedik és hatodik napján vitatta meg az egyes fordulók feladatait, majd minden ország tanárai kora reggelig fordították a saját nyelvükre a feladatlapokat, másnap pedig a diákok versenyeztek. A harmadik, gyakorlati fordulót a hetedik napon a diákok csapatmunkában oldották meg.

A bogotái egyetemistáknak a magas tandíjak elleni demonstrációja miatt az egyetem két héttel meghosszabbította a szorgalmi időszakot, ezért az utolsó pillanatban derült ki, hogy a diákok szállása nem az egyetem apartmanhoteljében, hanem szállodában lesz, és a szervezők a laborfordulóra is kénytelenek voltak a Sheraton Hotel konferenciatermét alkalmassá tenni.

Ebben az évben elsősorban a biológiafeladatok voltak az átlagosnál jóval nehezebbek. A rengeteg biokémiai-élettani témájú kérdés, a kémiakövetelményekben nem szereplő szerves kémia miatt eléggé indokolatlannak tűnt. Fizikából a tesztforduló gyakorlatilag az általános iskolás tananyag alapján megoldható lett volna. A kémiai kérdések elég kiegyensúlyozottak voltak, bár a nemzetközi zsűri (azaz a kísérő tanárok) többsége szerint egyes kérdések ismeretanyaga inkább a fizika tárgyának témakörébe tartozott. A gyakorlati forduló „kémia” feladatához hasonló vizsgálat – viszkozitásmérés – Katarban fizikafeladatként szerepelt a 2019-es IJSO-n.

A laborforduló feladatait nagyon rosszul érintette, hogy a mérésekhez az egyetem nem bocsátotta rendelkezésre sem a laborjait, sem a műszereit. A gyakorlati verseny előtti napon még csak 10 eszköz készült el (a körülbelül 74-ből) a fizikafeladathoz. Rövidesen kiderült, hogy a mérésekhez szükséges ellenállásokat sem tudták beszerezni. 24 órával a gyakorlati forduló kezdete előtt a helyi szervezők a kísérő tanárokat kérték arra, hogy módosítsák úgy a feladatokat, hogy azok megoldhatók legyenek a konferenciaterem által biztosított körülmények között is. A különböző tárgyak szaktanárai egész nap ezen dolgoztak, még az oldatokat is a külföldi tanárok készítették el a kémiafeladat megoldásához. Közben az is kiderült, hogy viszkoziméterből is csak feleannyi



van, mint amennyire szükség lenne (ráadásul a mérések során több berendezés ereszteti is kezdett), így végül a laborfordulót osztva tartották meg: a csapatok fele délelőtt, másik fele ebéd után végezte el a feladatokat. A megfelelő ellenállások hiányában a fizika feladata így is értékelhetetlen volt, amit a helyi szervezők hosszú ideig nem akartak elfogadni, és a nemzetközi zsűrit hibáztatták, hogy „elrontották a kiváló” mérésüket. Végül a fizikai feladatrészre diákjaink megkapták a maximális pontszámot annak ellenére, hogy az ellenállások hiányában nem tudták elvégezni az összes mérést.

A versenyzők a versenyek közti napokban, a tanárok a diákok versenynapjain vettek részt különféle, általában érdekes programokon: ilyenek voltak a bogotái városnézés egy autentikus éttermi ebédrel összekötve, kirándulás a Monserrat hegyre (zarándokhely) és a Sókatedrálishoz (egy sóbánya, amelyet templommá, és zarándokhellyé alakítottak).

A szervezők viszonylag gyorsan a rendelkezésünkre bocsátották a versenyzőink megoldásait, később megkaptuk a helyi szervezők által értékelt dolgozatok adatait is. Az értékelés nagyrészt megfelelően történt. A verseny harmadik fordulója után a pontegyeztetés is viszonylag simán zajlott le, minden jogos kérésünket elfogadták. A pontok könyvelése már nem ment ilyen simán: még a reklamációt követően is hibás adatok kerültek a táblázatokba, és csak többszöri újraellenőrzés után jelenthettük ki, hogy a pontszámok helyesek. Ezért az esti ponthúzás helyett másnap kora reggel fogadta el a nemzetközi zsűri az érmek ponthatárait. Az idei versenyen 37 ország 203 hivatalos versenyzője mérte össze tudását. (Több ország vízumproblémák miatt késett, illetve volt kénytelen lemondani a részvételt.) Ebben az évben is valamennyi diákunk éremmel tért haza: mindhárman ezüstérmet szereztek.

Évek óta gondot okoz, hogy kevés ország vállalja ennek a versenynek a megszervezését. A versenyszabályzat szerint egy ország akkor lesz hivatalosan tagja a versenynek, ha előzőleg egy alkalommal az ország képviselőjében valaki megfigyelőként vett részt a versenyen. Az elmúlt években viszonylag gyorsan növekedett a részt vevő országok száma, de a létszám bizonytalansága abban is megmutatkozik, hogy különféle politikai vagy gazdasági okok miatt egy-egy ország egy-két évig kimarad a versenyből, majd újra megjelenik. Az IJSO 2023-ban Thaiföldön folytatódik, évekkal ezelőtt Románia jelezte, hogy vállalja a 2024-es verseny megrendezését, idén azonban ezt nem erősítették meg. A 2025-ös versenyt Oroszország vállalta, de nem tudjuk, hogyan alakul addig a politikai helyzet. Magyarország szellemi potenciálja egyelőre még meglenne a verseny színvonalas megszervezésére, de az oktatási kormányzat támogatása hiányában nem sok esélyt látunk erre a közeljövőben.

A záróünnepség eredményhirdetése alapján tudjuk, hogy csak India csapata szerzett kizárólag aranyérmet, összesen hét ország csapata szerzett legalább egy aranyérmet. Magyarország háromfős csapata nem összemérhető a teljes csapatot hozókkal, de az biztos, hogy Horvátországon (4 ezüst + 2 bronz) kívül nincs nálunk több ezüstérmet szerző európai ország.

**Villányi Attila**

TÁMOGATÓK:



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS  
MINISZTERIUM



Nemzeti  
Tehetség Program



RICHTER GEDEON



Dr. Bakos – Dr. Smied – Dr. Muraközi  
Ügyvédi Iroda

## HÍREK AZ IPARBÓL

### Vegyipari mozaik

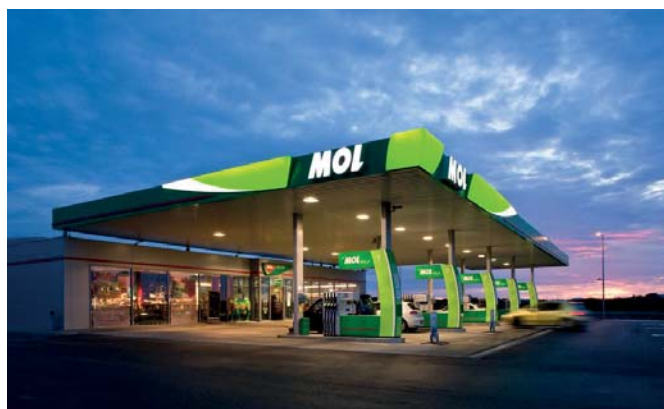
**A MOL fenntarthatósági portfólióját bővíti az ALTEO Nyrt.-ben szerzett részesedéssel.** A MOL-csoport, a Diófa Alapkezelő és az Indotek Csoport szerződést kötöttek a Wallis Asset Management Zrt.-vel, hogy 61,6%-os részesedést szereznek az ALTEO Energiaszolgáltató Nyrt.-ben.

Az ALTEO komplex energetikai szolgáltató, melynek üzleti aktivitása kiterjed a megújuló erőforrásokon alapuló energiatermelésre, az energiakereskedelemre, valamint az ipari energiagazdálkodási szolgáltatások területére. A részesedés megszerzése ismételen fontos mérföldkő a MOL számára, ugyanis a vállalat-csoport stratégiai célkitűzése, hogy fenntartható energiával és alapanyagokkal járuljon hozzá Közép-Kelet-Európa gazdaságainak működéséhez, és alacsony karbonlábnyomú üzemanyagokkal lássa el a mobilitási szektort.

Az ALTEO Nyrt. a megújuló forrásokból származó energia mellett aktív az e-mobilitás és a hulladékgazdálkodás terén is, amelyek a MOL-csoport számára szintén elsődleges területeket jelentenek. ([www.mol.hu](http://www.mol.hu))



**A MOL több mint 410 töltőállomás felvásárlásával bővíti hálózatát Lengyelországban.** A MOL-csoport 2022 januárjában tett bejelentésnek megfelelően, december 2-től bővítette a lengyel kiskereskedelmi hálózatát. A PKN Orlen és a Grupa LOTOS-szal kötött tranzakciónak köszönhetően több mint 410 töl-



tőállomás megvásárlása bővült a MOL-csoport kiskereskedelmi hálózata. A megegyezés részeként a MOL 143 magyarországi és 39 szlovákiai töltőállomást ad át a PKN Orlennek. A PKN Orlennek átadott benzinkutak közé tartozik a MOL által az akvizícióval párhuzamosan felvásárolt Normbenz Hungary Kft. hálózatához tartozó 79 töltőállomás is. A MOL márka- és a MOL fogyasztói szolgáltatások kiváló kínálatának bevezetése azonnal megkezdődik, beleértve a Fresh Cornert is. A MOL stratégiai célkitűzései összhangban vannak ezzel a terjeszkedési lépéssel, ugyanis a MOL-csoport a kelet-közép európai régió meghatározó szereplője kíván lenni a jövőben is. ([www.mol.hu](http://www.mol.hu))



**Magyarországra érkezett az első, zöld hidrogén előállítására képes ipari méretű berendezés.** Magyarországra érkezett az első ipari méretű elektrolizáló berendezés a Bükkábrányi Energiapark által vezetett projekt keretében.



A Mészáros-csoport kommunikációs igazgatóságának tájékoztatása szerint a hidrogént napenergia felhasználásával is előállítani képes technológia egyedi és különleges hazánkban. Az elektrolizálóberendezés (PEM) műszaki paraméterei a villamosenergia-piac több szegmensében való részvételre is lehetőséget ad, az eszköz a tervek szerint 130–150 tonna zöld hidrogént képes előállítani évente.

A projekt ütemtervének megfelelően Magyarországon elsőként kerül üzembe ilyen teljesítményű, zöld hidrogént előállító berendezés.

Várhatóan mind az iparban, mind a közlekedésben jelentős szerepet kaphat a hidrogén a jövőben. Az EU 2030-ra 10 millió tonna hidrogén előállítását tűzte ki célul.

Jelenleg a világon a hidrogéntermelés 98%-a fosszilis tüzelőanyagokból történik, jelentős szén-dioxid-kibocsátás mellett. Ezzel szemben az elektrolizáló képes villamosenergia felhasználásával a vizet két alkotóelemre, hidrogénre és oxigénre bontani.

Az eszköz 2023 első félévében történő beüzemelése a klímacélok érvényesüléséhez és a zöld átállás folyamatához is hozzájárul. (<https://www.tisztajovo.hu/>)



**Törvénymódosítás élénkítheti a geotermia hazai térnyerését.** „Kiszámítható és ösztönző szabályozási keretet teremt a geotermikus energia hasznosítására a bányászati törvény Országgyűlés által elfogadott módosítása” – közölte az Energiaügyi Minisztérium.

A geotermia az egyik technológiai lehetőség a fosszilis energiahordozók részleges felváltására, segítségével biztosítható a folyamatos hő- és energiaellátás. Magyarország rendkívül kedvező geológiai adottságokkal rendelkezik, emiatt ez még inkább előtérbe kerül, ugyanis a földkéreg vastagsága az európai átlagos kéregvastagság harmadát sem éri el. A térség jelentős mennyi-

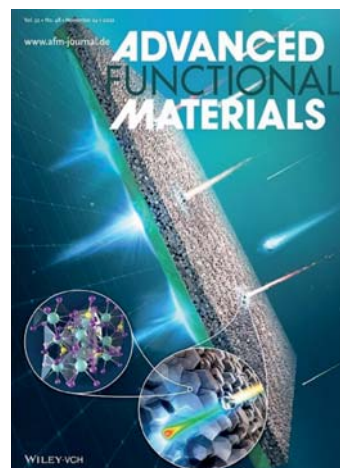


ségű hévízvagyonnal rendelkezik. Az új előírások környezeti-kímélő módon járulnak hozzá önellátási képességeink erősítéséhez.

A közlemény szerint 2030-ra akár 1-1,5 milliárd köbméter földgáz felhasználását válthatja ki évente a korszerű, biztonságos és tiszta technológia. (<https://www.tisztajovo.hu/megujulo-energia-forrasok/2022/12/11/torvenymodositas-elenkitheti-a-geotermia-hazai-ternyereset>)



**Az Atomki kutatói a Szegedi Tudományegyetemmel együttműködve újfajta detektort fejlesztenek a radioaktív sugárzás mérésére.** A radioaktív sugárzás mérésére alkalmas ásványcsalád, a perovszkitok tulajdonságait vizsgálták a debreceni Atomki és az SZTE kutatói. Munkájuk célja, hogy az ásványcsalád felhasználásával a mérési



pontosság megtartása mellett miniatürizált detektorokat fejlesztenek ki, amelyeket az űrkutatás, az atomerőművek és a fúziós reaktorok speciális mérési feladatai során tudnak alkalmazni. Kutatási eredményeiket az *Advanced Functional Materials* tudományos szakfolyóiratban publikálták, a kifejlesztett detektorok alkalmazására nemzetközi szabadalmi beadvány is született. (<https://elkh.org/hirek/>)



**Másfél milliárdos projekt zárult a Bay Zoltán Kutatóközpontnál.** A Bay Zoltán Kutatóközpontnál lezárult egy másfél milliárd forintos komplex kutatás-fejlesztési, illetve alkalmazás-orientált, kétéves projekt, amely a Tématerületi Kiválósági Program keretében valósult meg.



A projekt keretein belül új, termékorientált, biológiai alapú fejlesztést hoztak létre. Az újítás lehetővé teszi az agráriumban keletkező biomassza és egyéb hulladékok, fémtartalmú melléktermékek nyersanyagként történő újrahasznosítását. Az ipari lézertechnológia területén új vizsgálati eszközt alkottak, melynek segítségével bizonyos anyagszerkezeti vizsgálatok pontosabbak, költséghatékonyabbak lehetnek.

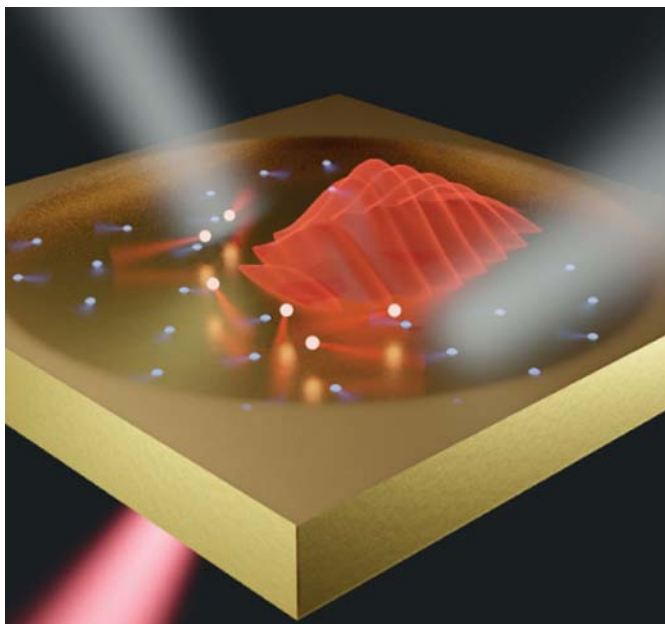


A projekt során kísérleti fázisig jutottak el egy lítiumalapú akkumulátorok kiváltását elősegítő, ipari méretű energiatárolásra alkalmas akkumulátor előállításával is. Felállítottak egy új üzemi biztonságot értékelő modellt, ami elősegíti az ipari gépek, berendezések, finomítók, atomerőművi berendezések romlási folyamatainak, anyagszerkezeti változásainak hatékonyabb előrejelzését.

(<https://www.tisztajovo.hu/kornyezetvedelem/2022/12/19/masfel-milliardos-projekt-zarult-a-bay-zoltan-kutatokozpontnal>)



**Magyar kutatók új lézeres eljárással tárták fel a fémekben található forró elektronok tulajdonságait.** Az ELI–ALPS Lézeres Kutatóintézet, az ELKH Wigner Fizikai Kutatóközpont, a Szegedi Tudományegyetem és az ELKH Energiatudományi Kutatóközpont kutatói a fémekben található forró elektronok tulajdonságait tanulmányozták. Munkájuk során azt vizsgálták, hogy mekkora többletenergiaival rendelkeznek a forró elektronok, illetve azok hol helyezkednek el az anyagon belül. A kutatási eredményeket a rangos *Nature Communications* szakfolyóiratban publikálták. (<https://elkh.org/>)



Forró elektronok keltése lézerrésszel nanométeres fémrétegben (kép: Major B.)



Lézeres kísérlet az ELI Lézerközpont és a Wigner Fizikai Kutatóközpont munkatársainak részvételével

tatóközpont kutatói a fémekben található forró elektronok tulajdonságait tanulmányozták. Munkájuk során azt vizsgálták, hogy mekkora többletenergiaival rendelkeznek a forró elektronok, illetve azok hol helyezkednek el az anyagon belül. A kutatási eredményeket a rangos *Nature Communications* szakfolyóiratban publikálták. (<https://elkh.org/>)

Dobó Dorina összeállítása

## MKE-HÍREK

### Tisztújítási útmutató

A négyévenként esedékes következő tisztújításokra 2023-ban kerül sor. A tisztújítások során megválasztásra kerülnek az Egyesület tisztségviselői és vezető tisztségviselői (kivéve ügyvezető igazgató).

A tisztújításban érintett vezető tisztségviselők: az elnök; a két alelnök; a főtitkár; a két főtitkárhelyettes (egyik egyben a Műszaki Tudományos Bizottság elnöke, a másik egyben a Gazdasági Bizottság elnöke); az Intézőbizottság 7 tagja; a Felügyelő Bizottság elnöke, 2 tagja és 2 póttagja; az Etikai Bizottság elnöke, 2 tagja és 2 póttagja. Őket a tisztújító Küldöttközgyűlés választja meg 4 évi időtartamra. A jelölőbizottság elnöke: Dr. Náray-Szabó Gábor, az MTA rendes tagja (narayszabo@yahoo.com), tagjai: Simonné Dr. Sarkadi Livia (sarkadi.livia@vbk.bme.hu) és Dr. Kéki Sándor (keki.sandor@science.unideb.hu).

A tisztújításban érintett egyesületi tisztségviselők: az állandó bizottságok elnökei; a szakosztályok (szakcsoportok), területi szervezetek elnökei és titkárai; a munkahelyi csoportok elnökei és/vagy titkárai. Az állandó bizottságok elnökeit a tisztújító Küldöttközgyűlés, a többi egyesületi tisztségviselőt az adott egyesületi szervezet tisztújító taggyűlése választja meg 4 évi időtartamra.

Meghatározott tisztségre egy személy legfeljebb háromszor 4 évi időtartamra választható. A lelépő tisztségviselő más funkcióba teljes jogú hatáskörrel választható.

**Egyesületi tisztségre csak MKE-tag választható meg! Egyesületi tagnak tekinthető, aki a tárgyévi tagdíjat (új belépő), de legalább a tárgyévet megelőző évi tagdíjat már befizette. Az egyesületi tisztségre megválasztandó személytől elvárt, hogy a választás előtt a tárgyévi MKE-tagdíjat befizesse.**

Tisztújító taggyűlések a szakosztály/társaság és szakcsoport szervezeteknél, a területi szervezeteknél és a munkahelyi csoportoknál:

**A tisztújító taggyűlésekre az MKE tisztújító Küldöttközgyűlését megelőző időszakban kerül sor, de legkésőbb 2023. április 21-ig lebonyolítandó.**

A szakosztály/társaság, szakcsoport és a területi szervezet tisztújító taggyűlése titkosan (a munkahelyi szervezet tisztújító taggyűlése nem feltétlenül titkosan) választ vezetőséget.

A szakosztály/társaság, szakcsoport, területi szervezet és munkahelyi csoport 4 évre elnököt, vezetőséget, valamint a Küldöttközgyűlésre küldöttet/küldötteket választ. A szakosztályhoz tartozó szakcsoport(ok) nem, csak a szakosztály választ küldöttet. Adott egyesületi szervezet küldötteinek számára vonatkozó szabály, hogy minden megkezdett 100 tag után 1 fő küldött választható.

A szakosztály/társaság, szakcsoport, területi szervezet és munkahelyi csoport vezetősége a tagjai köréből titkárt és más tisztségviselőket választhat.

A szakosztály/társaság, szakcsoport és területi szervezet tisztújító taggyűlésének helyét és időpontját az MKE honlapon, [www.mke.org.hu](http://www.mke.org.hu), meg kell jelentetni. A munkahelyi csoportok tisztújító taggyűléseire nézve ez nem kötelező.



Az MKE tisztújító Küldöttközgyűlésen a már előzetesen megválasztott új küldött/küldöttek képviselik az egyesületi szervezetet.

Budapest, 2023. január 9.

Prof. Dr. Mika László Tamás  
főtitkár

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy  
**személyi jövedelemadójuk 1 százalékanak felajánlásából  
idén 675 240 forintot**

utal át a NAV Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértene a kémia oktatásért és népszerűsítéséért kifejtett munkákkal. A felajánlott összeget ismételtén a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémia-verseny, valamint a 2022-ben tizenegyedszer megrendezett Kémia-tábor egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2022. évi SZJA bevallásakor – értékelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel, és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező Nyilatkozat kitöltésével.

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

**Az MKE adószáma: 19815819-2-41**

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

Terveink szerint 2023-ban az így befolyt összeget ismételtén a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az 55. Irinyi János Országos Középiskolai Kémia-verseny, valamint 2023-ban tizenötödikször szervezendő Kémia-tábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

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

## MKE egyéni tagdíj (2023)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a **2023. 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.

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 2023. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2023. 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 mindenkinek, aki 2022-ben kettős előfizetéssel hozzájárult a határon túli magyar kémikusoknak küldött folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2023-ban is csatlakozzon a kettős előfizetési akcióhoz.

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL LXXVIII. No. 2. February

### CONTENTS

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Nobel prizes 2022</b>                                                                                                 |    |
| Chemistry                                                                                                                | 34 |
| <b>PÉTER KELE</b>                                                                                                        |    |
| Physiology or Medicine                                                                                                   | 37 |
| <b>BERNADETT MARTON-DÁVID, LÁSZLÓ SAJTOS, and LÁSZLÓ TAKÁCS</b>                                                          |    |
| Physics                                                                                                                  | 40 |
| <b>LÁSZLÓ BACSÁRDI</b>                                                                                                   |    |
| Recycling of sewage sludge through thermochemical technologies                                                           | 42 |
| <b>SZABINA TOMASEK and NORBERT MISKOLCZI</b>                                                                             |    |
| Enjoying the work with students. An interview with prize-winning teachers <b>Márta Ferenczy-Molnár and Livia Versits</b> | 45 |
| <b>Tamás Kiss</b>                                                                                                        |    |
| Whom was it named after? Gay-Lussac's, Charles's, and Amontons's laws                                                    | 47 |
| <b>GYÖRGY INZELT</b>                                                                                                     |    |
| The biomineralization of gold                                                                                            | 50 |
| <b>TIBOR BRAUN</b>                                                                                                       |    |
| Functional finishings of high-visibility protective clothing                                                             | 52 |
| <b>CSABA KUTASI</b>                                                                                                      |    |
| Chembits                                                                                                                 | 56 |
| <b>GÁBOR LENTE</b>                                                                                                       |    |
| Publication of the month                                                                                                 | 58 |
| The Master and his Student: István Náray-Szabó and Alajos Kálmán                                                         | 59 |
| <b>Obituaries</b>                                                                                                        |    |
| István Hannus (1950–2022)                                                                                                | 60 |
| <b>ZOLTÁN KÓNYA</b>                                                                                                      |    |
| Gábor Ambrus (1936–2022)                                                                                                 | 61 |
| <b>ATTILA ANDOR</b>                                                                                                      |    |
| Gábor Speier (1939–2022)                                                                                                 | 61 |
| <b>JÓZSEF KAIZER</b>                                                                                                     |    |
| The Society's News                                                                                                       | 62 |
| News of the Month                                                                                                        | 63 |



# 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 egyedi 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](https://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