

A TARTALOMBÓL:

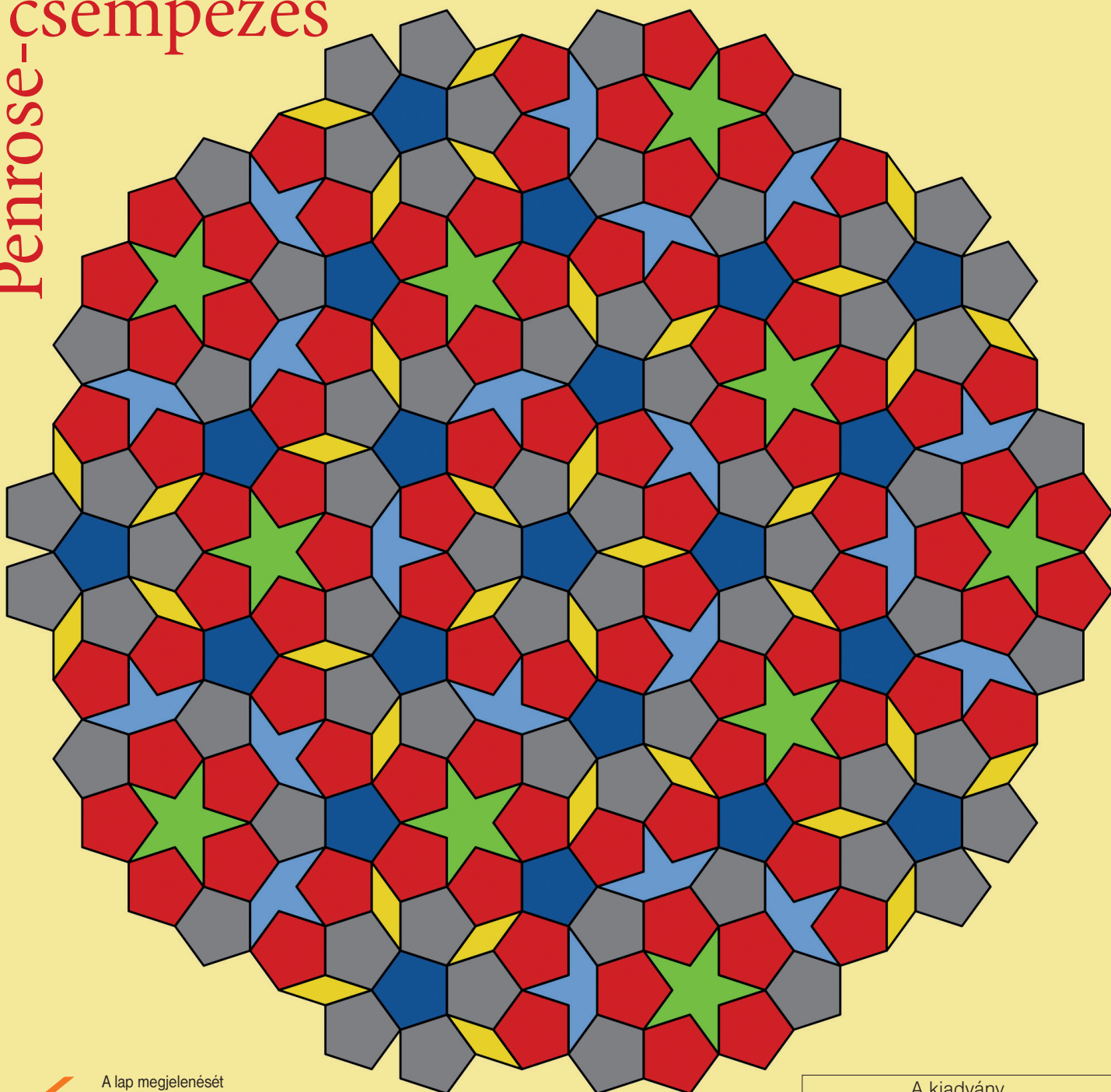
- Mesterséges nukleázok
- Feketelyukak
- Hepatitis C-vírus
- Nanotechnológia a textiliparban
- Cornides István, a hazai tömegspektrometria megteremtője



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXVI. ÉVFOLYAM • 2021. FEBRUÁR • ÁRA: 850 FT

## Penrose- csempézés



A lap megjelenését  
a Nemzeti Kulturális Alap  
támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány  
a Magyar Tudományos Akadémia  
támogatásával készült

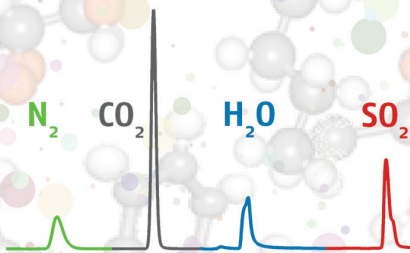
# UNICUBE elem analizátor



## Elem analízis soha nem volt egyszerűbb **C - H - N - S - O - Cl**



a szerkezetkutatás és a minőségellenőrzés nélkülözhetetlen eszköze



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

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



## Szerkesztőség:

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

## Szerkesztők:

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

Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

## Szerkesztőbizottság:

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

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

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

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA  
Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.  
Nyomás: Europrinting Kft.  
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ  
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank  
10700024-24764207-51100005 sz.  
számlájára „MKL” megjelöléssel  
Előfizetési díj egy évre 10200 Ft  
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti  
a Batthyany Kultur-Press Kft.,  
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.  
1251 Budapest, Postafiók 30.  
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hírdetések-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.2021.02

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



Szokásunkhoz híven februári számunkban a múlt évi Nobel-díjasokról és a díjazott munkákról olvashatnak beszámolókat. Az elismeréseket az elmúlt év(ek) legfontosabb alapvetési felfedezéséért ítéltek oda minden évben. A beszámolókból is kitűnik, hogy ezek gyakran már az alkalmazás szintjén is megjelennek az odaítélés évében. Nincs olyan nagy lemaradás a tudományos felfedezés és a gyakorlati alkalmazás megjelenése között. A magyar kormány ezért akart gyorsítást elérni a magyar tudományos életben is, és kezdett hozzá az érintettekkel nem összehangoltan átszervezési elképzeléseinek végrehajtásába. A felsőoktatásban és az MTA szervezetében lezajlott és zajló változásokról mindannyian értesülhettünk. Csak a legutóbbiak: a Corvinus és az SZFE után január 1-től újabb 6 egyetem kezd meg alapítványi rendszerben működését. Az MTA területén az átszervezés még nem ért véget; most a nemzetközi elismertséget szerzett Limnológiai Intézet van soron: vezetőjét leváltották, fiataljai vezetőjük nélkül maradnak, a Balaton vízének nyomom követését célzó pályázataik sorsa bizonytalan. Az Innovációs és Technológia Minisztérium elképzeléseinek egyik célja az alapvetési eredményeinek gyorsabb felhasználása biztosan így valósul meg a gyakorlatban a legjobban?

Egy éve itt van a koronavírus a nyakunkon. Látom és tapasztalom a politikai harcot a kérdés körül, ami annyiban politikai kérdés, hogy a politikai vezetésnek minden segítséget meg kellene adnia a szakértőknek: virológusoknak, járványügyi szakembereknek, orvosoknak, orvosi szakemberzetnek, gyógyszerkutatóknak, hogy nyugodtan végezhesék munkájukat. Ők tudják, mi a teendőjük. A döntések meghozatalának java részét rájuk kellene bízni. Ahol szükséges, a politikai döntéseket az ő véleményük meghallgatása alapján kellene a politikusoknak meghozniuk, nem pedig nemzeti konzultációs kérdőívek eredményeire hivatkozva. A szakmai vélemény, a szakértői javaslat nem úri huncutság, liberálobsevik ármánykodás, mint már hallottuk ezt korábban. Kezd a mondandóm nagyon politikai síkra terelődni.

Vissza a tudományhoz. Újévi interjújában a miniszterelnök elismerte, hogy a hazánkban is alkalmazott Pfizer-BioNTech-vakcina egy magyar tudós (Karikó Katalin, a Szegedi Tudományegyetemen végzett biológus, ma már a BioNTech alelnöke) közreműködésével/eszével és az USA pénzével született meg (az idézet nem szó szerinti). Ő volt az egyik kutató, aki az mRNS-módszert kidolgozta, még az SZBK-ban kezdett kutatásai alapján. Ma neve tudományos körökben az idei Nobel-díj-esélyesek között említhető. A tudományos kutatás innovatívabbá tétele érdekében elindított átszervezés jótékony hatása idehaza még nem érződhet. De működni látszik egy magyar sztereotípiája: ahhoz, hogy egy magyar kutatónak a neve a Nobel-díjjal kapcsolatban felmerülhessen, időben kell elhagynia az országot? Végezetül pozitívan zárom gondolataimat. Bár nem vagyunk nagy hatású lap, szavaink az interneten keresztül mindenhol eljuthatnak: örülünk Karikó Katalin sikerének és büszkéek vagyunk honfitársunkra!

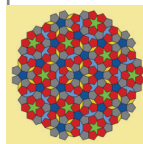
A februári szám cikkeinek olvasásához jó időtöltést kívánok. Egyben kívánok hasznos továbbgondolkodást is. Jót tesz a szellem épülésének.

2021. február

Kiss Tamás  
felelős szerkesztő

## TARTALOM

<b>NOBEL-DÍJ, 2020</b>	
<b>Gyurcsik Béla:</b> Kémiai Nobel-díjat ért a mesterséges nukleázok kutatása 2020-ban	34
<b>Szatmáry Károly:</b> Fekete lyukak: elmélet és megfigyelés	37
<b>Hagymási Krisztina:</b> A hepatitis C-vírus felfedezése és a fertőzés kezelése	38
<b>VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY</b>	
<b>Kutasi Csaba:</b> A nanokutatás textilipari alkalmazásai	40
<b>Braun Tibor:</b> A folyadékfázisú szerves kémiai szintézistől a szilárd-szilárd szerves mechanokémiáig	44
<b>JUBILEUM: AZ MKL 75. ÉVFOLYAMA</b>	
<b>Pavláth Attila,</b> az Amerikai Kémiai Társaság 2001. évi elnökének nyilatkozata lapunk részére (2000)	47
<b>Rácz László:</b> A változások évtizede	48
<b>VEGYIPAR ÉS KÉMIATÖRTÉNET</b>	
<b>Kéki Sándor, Lelik László:</b> Cornides István (1920–1999), a hazai tömeg-spektrometria megrementője	49
<b>KITEKINTÉS</b>	
<b>Leonardo színeinek spektruma</b>	53
<b>KÖNYVISMERTETÉS</b>	
<b>Lente Gábor:</b> Huszonegyedik századi betekintés a tudományokba	56
<b>Kiss Tamás:</b> Szórakoztató molekulatudomány (Lente Gábor: Ezeregyélmélt is több molekula meséi)	56
<b>MEGEMLÉKEZÉS</b>	
<b>Ósabay György:</b> Egy tanítvány emlékezése Bruckner Győzőre születésének 120. évfordulóján	58
<b>Huszthy Péter:</b> Elhunyt Novák Lajos, a BME professor emeritusa	59
<b>VEGYÉSZLELETEK</b>	
<b>Lente Gábor</b> rovata	60
<b>A HÓNAP HÍREI</b>	62



**Címlapunkon:**  
Roger Penrose (fizikai Nobel-díj, 2020) különleges geometriai alakzatairól is híres. A Penrose-csempék nem periodikus „képződményt” hoznak létre, amely mégis mutat egyfajta rendezettséget. A rendezett, de nem periodikus kvázikristályok szerkezetét a Penrose-csempézés térbeli általánosításaként írták le.



Gyurcsik Béla

■ Szegedi Tudományegyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

# Kémiai Nobel-díjat ért a mesterséges nukleázok kutatása 2020-ban

**A** genomszerkesztés egy módszerének kifejlesztéséért adományozta a Svéd Királyi Tudományos Akadémia két női kutatónak a kémiai Nobel-díjat 2020-ban (**1. ábra**). *Emmanuelle Charpentier*, mikrobiológus, genetikus és biokémikus, 1968. december 11-én született (Juvisy-sur-Orge, Franciaország). Egyetemi diplomát a párizsi Pierre és Marie Curie Egyetemen (1986–1992), PhD-fokozatot pedig a párizsi Pasteur Intézetben (1992–1995) kapott. Ezután számos külföldi egyetem és kutatóintézet laboratóriumában dolgozott (USA, Ausztria, Svédország). Jelenlegi munkahelye az általa alapított és vezetett Patogének Tudományának Max Planck Egysége (Berlin, Németország). *Jennifer Anne Doudna*, vegyész, biokémikus, biofizikus és szerkezeti biológus, 1964. február 19-én született (Washington, DC, USA). A Pomona Egyetemen kapott diplomát 1985-ben, PhD-fokozatát a Harvard Medical School adományozta 1989-ben. Több amerikai egyetem után jelenlegi munkahelye a Kaliforniai Egyetem, Kémiai Kar (Berkeley, CA, USA).



1. ábra. A díjazottak: Emmanuelle Charpentier (balra) és Jennifer Anne Doudna (jobbra)

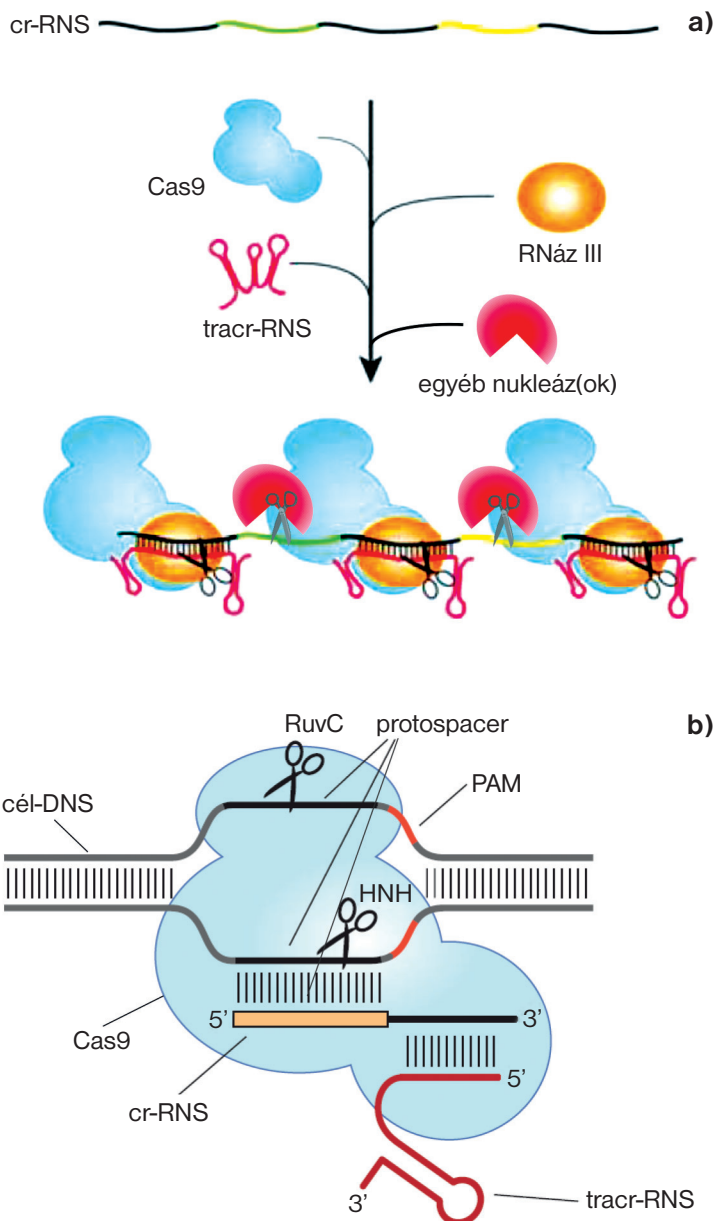
Érdeemes bővebben kifejteni a Nobel-díj indoklását, hiszen a genomszerkesztést programozható mesterséges nukleázok segítségével már előbb megvalósították, és ezeket az enzimeket ma is tanulmányozzák/fejlesztik. Ezek a nukleázok olyan kimer fehérjék, melyeket egy DNS-felismerő domén (cinkujj- vagy transzkripció aktivátor típusú TALE fehérje) és egy nukleáz domén (a FokI restriktív endonukleáz katalitikus doménje) alkot. A CRISPR/Cas9 rendszer felfedezése azonban forradalmasította ezt a tudományterületet. Vizsgáljuk meg, mi is a CRISPR/Cas9 rendszer. Elsőként a japán Oszakai Egyetem kutatói tették közzé véletlen megfigyelésüket egy szokatlan ismétlődő DNS-szekvenciáról az *Escherichia coli* baktérium genomjának nem kódoló régió-

ójában 1987-ben [1]. Öt, egyenként 61 bázispárból álló egymás utáni DNS-szakaszt azonosítottak, melyek mindegyike tartalmazott egy szigorúan megőrzött 29 bázispárból álló, részlegesen palindrom szekvenciát. A palindrom kifejezés a DNS-terminológiában azt jelenti, hogy a szekvencia a DNS két szálán az 5'→3' irányban olvasva ugyanaz. Bár ezen szekvenciák jelentőségét akkor nem ismerték fel, az ilyen DNS-szakaszok egyszálú formává alakulva önhibridizáció révén hurkokat képesek kialakítani csakúgy, mint a róluk esetlegesen átíródó RNS-molekulák. A következő 15 év kutatásai során számos más baktérium DNS-ében is megfigyeltek hasonló titokzatos ismétlődő szekvenciákat. 2002-ben kapták ezek a szakaszok a Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats azaz CRISPR (csoportosan előforduló, szabályos közökkel elválasztott rövid palindromikus ismétlődések) nevet [2]. 2005-ben több kutatócsoport is kimutatta, hogy az ismétlődő szakaszok nem megőrzött (nem palindrom) szekvenciái (protospacer) valójában a baktériumsejtekbe behatoló, de végül legyőzött fágokból vagy plazmidokból származhatnak [3–5]. A protospacer szekvenciákkal azonos nukleinsav-szekvenciákat tartalmazó behatolókkal szemben ugyanis a baktériumsejtek rezisztenciát mutattak. Azt is sikerült kimutatni, hogy egy túlélő fertőzés után új ismétlődő szakasz jelenik meg a CRISPR régióban, mintegy megőrizve a támadó ágens emlékét, hogy amint az a következő alkalommal megjelenik, azonnal azonosítható és semlegesíthető legyen. 2006-ban Koonin és munkatársai felvetették [6], hogy a CRISPR-régióhoz társítható gének (Cas = CRISPR associated) olyan fehérjéket kódolnak, melyek a CRISPR régióval együtt a bakteriális immunitás egyik mechanizmusát alkotják, mely analóg az eukarióta RNS-interferenciarendszerrel. 2007-ben ezt a hipotézist Barrangou és munkatársainak kísérleti úton is sikerült igazolniuk [7]. Ennek a felfedezésnek a gyakorlati jelentőségét akkor az adta, hogy olyan baktériumtörzseket tudtak kifejleszteni, melyek számos vírussal szemben ellenállóvá váltak; például a sajt- és a joghurtgyártásban ezt azóta is alkalmazzák.

A továbbiakban számos kutatócsoport kapcsolódott be a CRISPR és az asszociált fehérjék szisztematikus vizsgálataiba. E kísérleteket itt terjedelem hiányában nem tudjuk részletesen bemutatni. Sikerült számos Cas-fehérjét azonosítani, és szerepüket a CRISPR/Cas rendszerben megfejteni. Kimutatták, hogy a mechanizmus a fertőző ágens DNS-ének a protospacer-szekvencia által történő felismerésével és ezt követő szekvenciaspecifikus hasításával kapcsolatos. Arra is fény derült, hogy a protospacer-szekvencia melletti rövid motívum (PAM = protospacer adjacent motif) jelenléte elengedhetetlen a DNS-hasításhoz. A baktérium DNS-ébe újonnan beépülő CRISPR-egységek kiválasztása a fertőző ágensek DNS-éből egy ott megtalálható PAM-szekvencia alapján történik. Azonban a PAM-szekvencia nem kerül át a bakteriális genomba, így a bakteriális CRISPR-szekvencia nem ha-



sítható a CRISPR/Cas rendszerrel. Világossá vált, hogy a Cas fehérjék három szinten szerepelnek a mechanizmusban: i) az új protospacer-szekvenciák beépítése a bakteriális genomba, ii) a CRISPR RNS- (crRNS) molekulák biogeneze (2.a ábra) és iii) a behatoló nukleinsavak semlegesítése. A kirakó darabjai egyre sza-



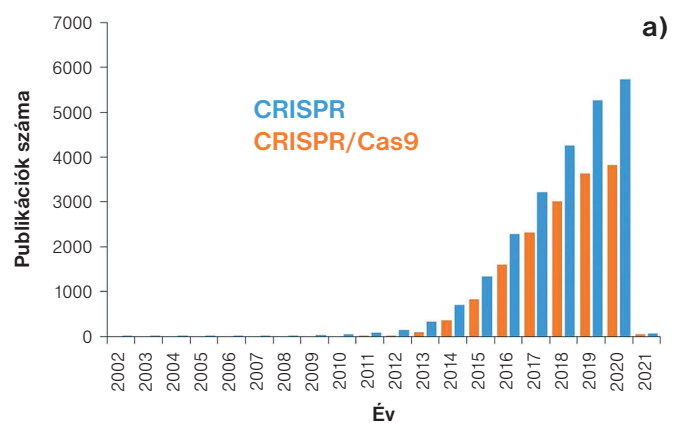
2. ábra. a) A crRNS érési folyamatában részt vevő komponensek. b) A II-es típusú CRISPR/Cas rendszer aktív komplexe: a Cas9 endonukleáz két RNS-molekula (crRNS és tracrRNS) segítségével ismeri fel a cél-DNS-ben elhasítani kívánt szekvenciát ([10] alapján)

porodtak, és a különböző csoportok különböző módon próbálták ezeket összeilleszteni. 2011-re a verseny annyira kieleződött, hogy bármelyik pillanatban többen is publikálhatták a rendszer pontos leírását. Virginijus Siksnys, a litván Vilniusi Egyetem vegyész-profeszorának kutatócsoportja ekkor közölte, hogy a DNS-hasítást a Cas9 fehérje végzi a HNH és az RuvC nukleáz doménjei segítségével [8]. Charpentier és Doudna, akiket szintén foglalkoztatott a CRISPR/Cas rendszer, ebben az évben találkoztak az Amerikai Mikrobiológiai Társaság konferenciáján, és itt osztot-

ták meg egymás között addigi eredményeiket. További közösen végzett részletes kísérleteik alapján jutottak arra a következtetésre, hogy a védekező rendszer alapja egy duális RNS-által vezérelt programozható endonukleáz. Sikertült kimutatniuk, hogy a DNS-hasításhoz *in vitro* körülmények között a crRNS és a Cas9 fehérje mellett szükséges még az addig hiányzó láncszem, az ún. transz-aktiváló RNS (tracrRNS) is, melyet Charpentier a crRNS érési folyamatának tanulmányozása során mutatott ki először [9]. Ezt az áttörő felfedezést tartalmazó, Nobel-díjat érő kéziratot nyújtották be és publikálták is 2012 júniusában a *Science* folyóiratban [10]. A DNS hasítását a 2.b ábra szemlélteti.

A tracrRNS a crRNS konzervált szekvenciájához hibridizálódva található meg a Cas9 fehérjével képzett komplexében. A crRNS protospacer-szekvenciája a cél-DNS komplementer szekvenciájához hibridizálódva határozza meg a DNS-hasítás specifikusságát. A Cas9 nukleáz HNH doménje a cél-DNS komplementer szálát, míg az RuvC doménje a protospacer-szekvenciával megegyező szekvenciájú cél-DNS-szálát hidrolizálja, kétszálú hasítást eredményezve. Kimutatták azt is, hogy a tracrRNS és a crRNS egyesíthető egy kimer RNS-sé a rendszer hatékonyságának csökkenése nélkül. Charpentier és Doudna felismerték a CRISPR/Cas9 rendszerben rejlő lehetőséget, miszerint azzal tetszőlegesen kiválasztott DNS-szekvencia egyszerűen megcélozható akár a humán genomban is, a crRNS protospacer-szekvenciájának megfelelő kialakításával. Ez pedig óriási előny az eddig alkalmazott cinkujj-nukleázokkal szemben, melyekben a célszekvencia megváltoztatásához a fehérje áttervezésére volt szükség. Így a CRISPR/Cas9 mesterséges nukleázrendszer alkalmas lehet génmódosítási feladatok tanulmányozására, illetve végrehajtására. Emiatt szinte pillanatok alatt kutatócsoportok százai figyelmének középpontjába került, és a CRISPR/Cas9 rendszerrel, főként annak alkalmazási lehetőségeivel kapcsolatos publikációk száma exponenciális növekedésnek indult. Jól látszik a 3.a ábrán, hogy ez a növekedési folyamat 2012-től kezdődött el. Már 2013-tól számos közlemény jelent meg eukarióta sejtek módosításáról, 2015-ben pedig életképtelen humán embrionális sejteket is módosítottak kínai kutatók [11]. Ez a publikáció meglehetősen élénk vitát váltott ki a tudományos közvéleményben, és azóta nemzetközi szakértők moratóriumot fogadtak el a humán genomban öröklődő változtatások kialakítása kapcsán [13].

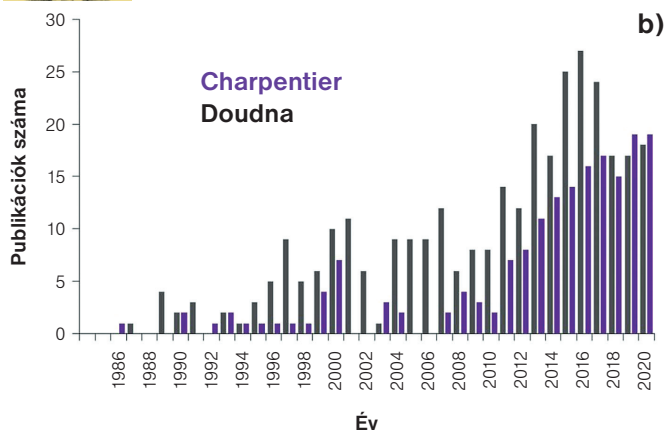
Így végül Charpentier és Doudna felfedezései forradalmasították a génszerkesztés tudományterületét, és utat nyitottak a



3. ábra. a) A CRISPR, illetve a CRISPR/Cas9 rendszer jellemzésének leírása által inspirált publikációk száma napjainkig. A CRISPR-publikációk száma magában foglalja a CRISPR/Cas9 rendszerrel kapcsolatos publikációk számát is.



## NOBEL-DÍJ, 2020

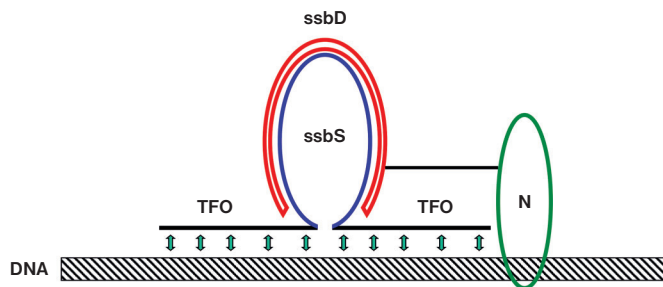


3. ábra. b) A két Nobel-díjas kutató publikációs tevékenysége. A közölt publikációk száma alapján nem tartoznak a világ legtöbbet publikáló kutatói közé [12], azonban a minőség különleges érték közlési szokásaikban: a *Science* és a *Nature* folyóiratokban közölt tudományos cikkek aránya a teljes cikkszámhoz viszonyítva: 17/157 (E.Ch.), illetve 94/294 (J.A.D.)

génterápia gyakorlati megvalósítása felé. Ugyanakkor különösen értékelendő az a tény, hogy 2013 után a gyakorlati alkalmazás mellett (Charpentier a CRISPR Therapeutics és az ERS Genomics, Doudna pedig a Mammouth Biosciences és a Scribe Therapeutics cégek társalapítói) a rendszer további fejlesztésére, a finomhangolás lehetőségeinek jobb megértésére, azaz alapvetési feladatokra fókuszáltak, és számos magas színvonalú közleményt (többet közülük a *Nature* és *Science* folyóiratokban) jelentettek meg az elmúlt időszakban (3.b ábra).

Meg kell említeni, hogy Siksnys az említett Charpentier és Doudna-féle *Science* publikációnál [10] előbb, még 2012 áprilisában benyújtotta kéziratát a *Cell* folyóiratba, ahonnan bíráló nélkül utasították vissza, majd májusban a *PNAS* folyóiratba, ahol végül csak szeptemberben jelent meg [14]. Emiatt felmerült a kérdés, hogy Siksnys miért maradt ki a díjazottak sorából. Ezt persze mások esetében is megkérdezhetnénk, hiszen sok-sok kutató kemény munkája vezetett el végül a rendszer teljes leírásához. Ugyanakkor a működőképes rendszer jellemzését elsőként Charpentier és Doudna publikálta. Siksnys modelljében [14] nem szerepelt például a tracrNS a nukleázkomplex részeként, holott enélkül nem történik meg a DNS hasítása. Érdekességként jegyzem meg, hogy a mesterséges nukleázokkal kapcsolatos szegedi kutatásokról, illetve ezen enzimek alkalmazásának lehetőségeiről a genom szerkesztésében már a Magyar Kémikusok Lapja egy 2009-es számában is beszámoltunk [15]. E cikk szerzője abban az évben egy párizsi kutatási ösztöndíjat pályázott meg, melynek kutatási tervében a 4. ábrán bemutatott mesterséges nukleáz előállítását javasolta. Az ötlet három terület eredményeit ötvözte: i) a Kyosuke Nagata, japán együttműködő partner, által felfedezett Nukleáris Faktor I (NFI) specifikus DNS-kötő fehérje valószínűleg egy hurkot alkotó részben palindrom szekvenciájú egyszálú DNS-hez kötődik [16]; ii) Carine Giovannangeli, potenciális párizsi fogadókutató triplexképző oligonukleotidok segítségével állított elő DNS-t specifikusan hasító mesterséges nukleázokat [17]; iii) a szegedi kutatások alapján a HNH motívum alkalmas lehet egy fúziós mesterséges nukleáz kialakítására [15]. Ekkor még nem volt ismert az RNS által vezérelt nukleázrendszer. A pályázat nem nyert.

A Nobel-díj elnyeréséhez azonban nem elég egy ötlet, sőt annak részleges megvalósítása sem. Érdeemes tanulmányozni Char-



4. ábra. A szerző által 2009-ben javasolt mesterséges nukleáz. DNA – cél-DNS-szekvencia, TFO – triplexképző oligonukleotidok a cél-DNS-szekvencia specifikus felismerésére, ssbS – a hurokképző részlegesen palindrom egyszálú DNS, ssbD – az ssbS-t felismerő és megkötő fehérje (NFI), N – a DNS hasítását végző nukleáz domén

pentier és Doudna életrajzát. Ebből mindenki számára nyilvánvalóvá válik, hogy a sikerhez szükséges a tehetség, elhivatottság, céltudatosság, a széles tudományos látókör kialakítása (nemzetközi) tanulmányutak során, az eredmények bemutatása, valamint a diskussziók sora a tudományos konferenciákon, minőségi publikálás a legmagasabb színvonalú tudományos folyóiratokban, a (nemzetközi) együttműködések és tudományos kutatóműhelyek kialakítása, az intézményi és pályázati háttértámogatás és nem utolsósorban egy kis szerencse is. Charpentier és Doudna eredményei nagyban hozzájárultak a mesterséges nukleázok működési mechanizmusának molekuláris szintű megértéséhez. Ezen eredmények további olyan kutatásokat is jelentősen előmozdítottak, melyek révén a DNS meghibásodásához köthető betegségek gyógyítása válik majd lehetségessé. Mindezek alapján vitathatatlan, hogy a 2020-as kémiai Nobel-díj a lehető legjobb kezekbe került. Gratulálunk!

### IRODALOM

- [1] Y. Ishino, H. Shinagawa, K. Makino, M. Amemura, A. Nakata, *J. Bacteriol.* (1987) 169, 5429–5433.
- [2] R. Jansen, J. D. A. van Embden, W. Gaastra, L. M. Schouls, *Mol. Microbiol.* (2002) 43, 1565–1575.
- [3] F. J. M. Mojica, C. Díez-Villaseñor, J. García-Martínez, *J. Mol. Evol.* (2005) 60, 174–182.
- [4] C. Pourcel, G. Salvignol, G. Vergnaud, *Microbiology (Reading)* (2005) 151, 653–663.
- [5] A. Bolotin, B. Quinquin, A. Sorokin, S. D. Ehrlich, *Microbiology (Reading)* (2005) 151, 2551–2561.
- [6] K. S. Makarova, N. V. Grishin, S. A. Shabalina, Y. I. Wolf, E. V. Koonin, *Biol. Direct* (2006) 1, 7.
- [7] R. Barrangou, C. Fremaux, H. Deveau, M. Richards, P. Boyaval, S. Moineau, D.A. Romero, P. Horvath, *Science* (2007) 315, 1709–1712.
- [8] R. Sapranaukas, G. Gasiunas, C. Fremaux, R. Barrangou, P. Horvath, V. Siksnys, *Nucleic Acids Res.* (2011) 39, 9275–9282.
- [9] E. Deltcheva, K. Chylinski, C.M. Sharma, K. Gonzales, Y. Chao, Z.A. Pirzada, M.R. Eckert, J. Vogel, E. Charpentier *Nature* (2011) 471, 602–607.
- [10] M. Jinek, K. Chylinski, I. Fonfara, M. Hauer, J.A. Doudna, E. Charpentier, *Science* (2012) 337, 816–821.
- [11] P. Liang, Y. Xu, X. Zhang, C. Ding, R. Huang, Z. Zhang, J. Lv, X. Xie, Y. Chen, Y. Li, Y. Sun, Y. Bai, Z. Songyang, W. Ma, C. Zhou, J. Huang, *Protein Cell* (2015) 6, 363–372.
- [12] J. P. A. Ioannidis, R. Klavans, K.W. Boyack, *Nature* (2018) 561, 167–169.
- [13] E. S. Lander, F. Baylis, F. Zhang, E. Charpentier, P. Berg, C. Bourgain, B. Friedrich, J. K. Joung, J. Li, D. Liu, L. Naldini, J.-B. Nie, R. Qiu, B. Schoene-Seifert, F. Shao, S. Terry, W. Wei, E.-L. Winnacker, *Nature* (2019) 567, 165–168.
- [14] G. Gasiunas, R. Barrangou, P. Horvath, V. Siksnys, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2012) 109, E2579–E2586.
- [15] Gyurcsik B., *MKL* (2009) 64, 304–305.
- [16] R.A. Guggenheimer, B.W. Stillman, K. Nagata, F. Tamanoi, J. Hurwitz, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (1984) 81, 3069–3073.
- [17] E. Brunet, M. Corgnani, F. Cannata, L. Perrouault, C. Giovannangeli, *Nucl. Acids Res.* (2006) 34, 4546–4553.



Szatmáry Károly

■ SZTE TTIK Fizikai Intézet, Kísérleti Fizikai Tanszék és Csillagvizsgáló | k.szatmary@physx.u-szeged.hu

# Fekete lyukak: elmélet és megfigyelés

**A** 2020-as fizikai Nobel-díjat megosztva Sir Roger Penrose (angol, 1931), Reinhard Genzel (német, 1952) és Andrea Ghez (amerikai, 1965) nyerte el (**1. ábra**). Penrose annak a kimutatásáért, hogy a fekete lyukak kialakulása az általános relativitáselmélet egyik legfontosabb következménye, míg Genzel és Ghez a Tejútrendszer középpontját uraló szupernagy tömegű fekete lyuk felfedezéséért [1, 2, 3].



1. ábra. Roger Penrose, Andrea Ghez, Reinhard Genzel

2020-ban az Univerzum legegizotikusabb objektumaival, a fekete lyukakkal (**2. ábra**) kapcsolatos kutatásokat díjazták fizikai Nobel-díjjal. Az elismerést 1/2 arányban elnyerő Roger Penrose

**2. ábra.** Az M87 óriás elliptikus galaxis közepén lévő, 7 milliárd naptömegű fekete lyuk képe az Event Horizon Telescope rádió-távcső-hálózat 2019-es felvételén

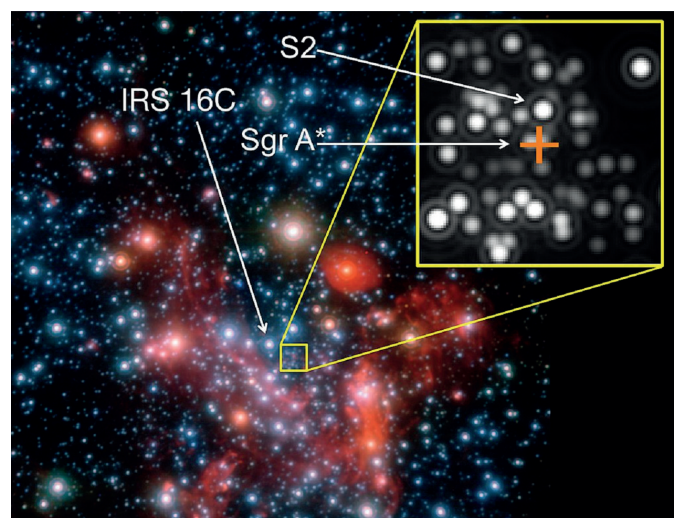


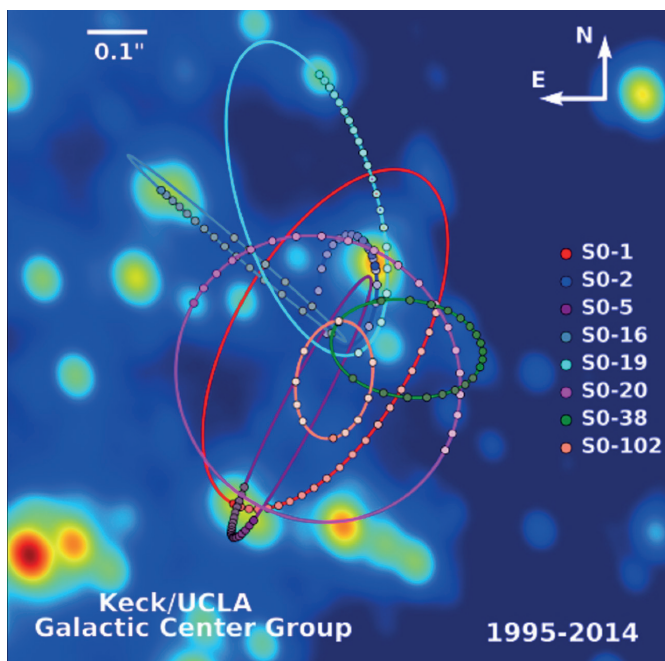
(University of Oxford, Egyesült Királyság) munkásságának legfontosabb eredménye annak kimutatása, hogy az általános relativitáselmélet egyenleteiből természetes módon következik a fekete lyukak létezésének szükségessége. A díjat 1/4-1/4 arányban elnyerő Reinhard Genzel (Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, Garching, Németország és University of California, Berkeley, Amerikai Egyesült Államok) és Andrea Ghez (University of California, Los Angeles, Amerikai Egyesült Államok) pedig saját galaxisunk, a Tejútrendszer középpontjában helyet foglaló szupernagy tömegű fekete lyuk felfedezéséhez vezető munkájukkal érdemelték ki az elismerést: a Galaxis centrumának közelében keringő csillagok mozgásának magyarázatára jelenleg ez az egyedüli elképzelés.

Roger Penrose ötletes matematikai módszerekkel bizonyította, hogy a fekete lyukak létezése Albert Einstein általános relativitáselméletéből levezethető. Einstein maga nem hitt ezeknek az óriási tömegű, még a fényt is magukba záró égitesteknek a létezésében. Einstein halála után tíz évvel, 1965-ben azonban Penrose bizonyította, hogy a fekete lyukak valóban kialakulhatnak, és részletesen le is írta azokat: a fekete lyukak közepén ún. szingularitás bújik meg, ahol a fizika minden ismert törvénye érvényét veszti. Áttörést jelentő cikkét még ma is az általános relativitáselmélet Einstein utáni egyik legfontosabb munkájának tartják.

Egy  $M$  tömegű égitest akkor válik fekete lyukká, ha a felszínére vonatkoztatott szökési sebesség eléri a  $c$  fénysebességet, azaz amikor a sugara lecsökken  $R = 2GM/c^2$  méretűre ( $G$  a gravitációs állandó). Ezt a méretet Schwarzschild- vagy gravitációs sugárnak, illetve eseményhorizontnak nevezzük. A  $G/c^2$  szorzó szinte minden relativisztikus effektusnál szerepel, nagyságrendje igen kicsi,  $10^{-27}$ . A Nap gravitációs sugara 3 km, a Földé kb. 1 cm.

**3. ábra.** A Tejútrendszer centrumában egy 4–4,5 millió naptömegű fekete lyuk (Sgr A\*) van, amelyről gravitációs hatása árulkodik. Genzel és Ghez kutatásai szerint körülötte az ottani csillagok, például az S2 igen nagy sebességgel keringenek (ESO)





4. ábra. A Tejútrendszer centruma körül keringő csillagok pályája

A Reinhard Genzel, illetve Andrea Ghez által vezetett kutatócsoportok az 1990-es évek elejétől kezdve galaxisunk középpontjára, a mintegy 27 500 fényévre lévő Sagittarius A\* rádióforrás környezetére fordították figyelmüket. A Tejútrendszer centrumának közelében keringő legfényesebb csillagok mozgását minden korábbinál pontosabban térképezték fel (3–4. ábra). Ebből mindkét csoport meghatározta, hogy a középpontban egy extrém nagy tömegű, de láthatatlan objektum foglal helyet, a Naprendszerénél nem nagyobb térrészben.

Andrea Ghez a negyedik nő (Marie Curie –1903, Maria Goepfert Mayer – 1963 és Donna Strickland – 2018 után), aki elnyerte a fizikai Nobel-díjat.

Remélhetőleg a sikeres csillagászati kutatásokat a jövőben is hasonlóan elismerik.

IRODALOM

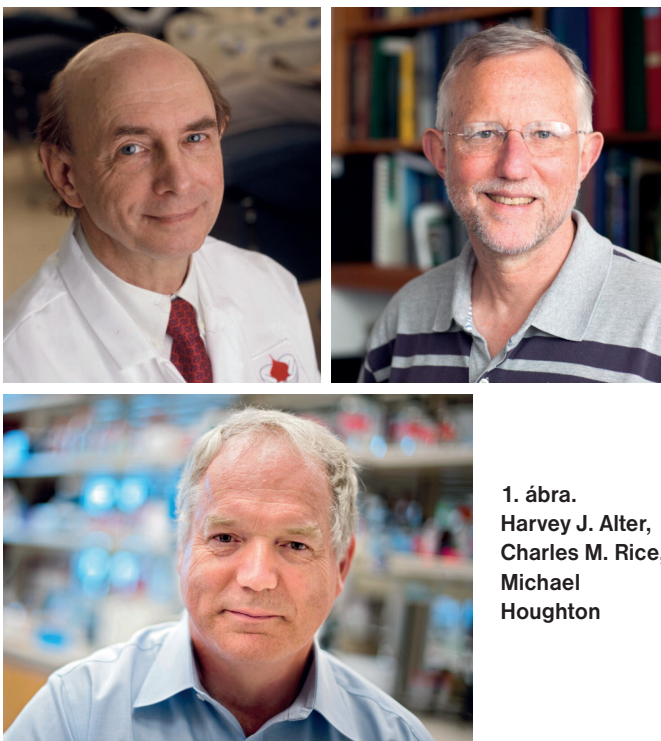
- [1] <https://www.csillagaszat.hu/hirek/extragalaktikus-csillagaszat-hirek/exg-aktiv-galaxismagok/exg-kozponti-fekete-lyukak/gyorshir-fekete-lyukak-kutatoj-nyertek-el-a-fizikai-nobel-dijat-2020-ban/>
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Nobel\\_laureates\\_in\\_Physics](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Nobel_laureates_in_Physics)
- [3] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/summary/>

Hagymási Krisztina

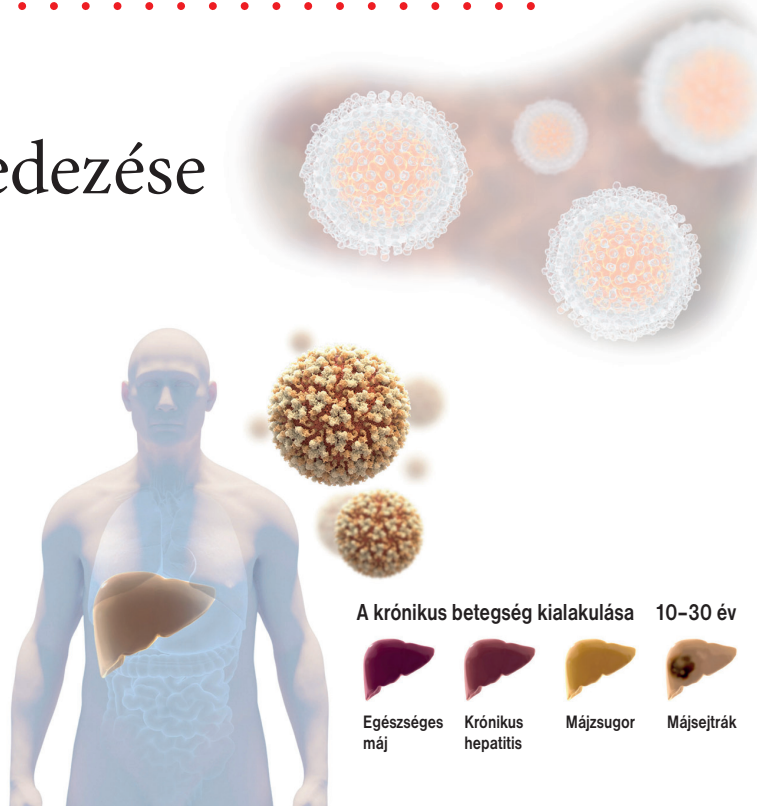
■ Semmelweis Egyetem, I. Sebészeti és Intervenció Gasztroenterológiai Klinika

# A hepatitis C vírus felfedezése és a fertőzés kezelése

**2020**-ban az orvostudományi Nobel-díjat 111. alkalommal ítelték oda 1901 óta: Harvey J. Alter és Charles M. Rice amerikai, illetve Michael Houghton brit orvos – a hepatitis C vírussal kapcsolatos munkásságáért, a vírus felfedezéséért – megosztva kapta az elismerést (1. ábra).



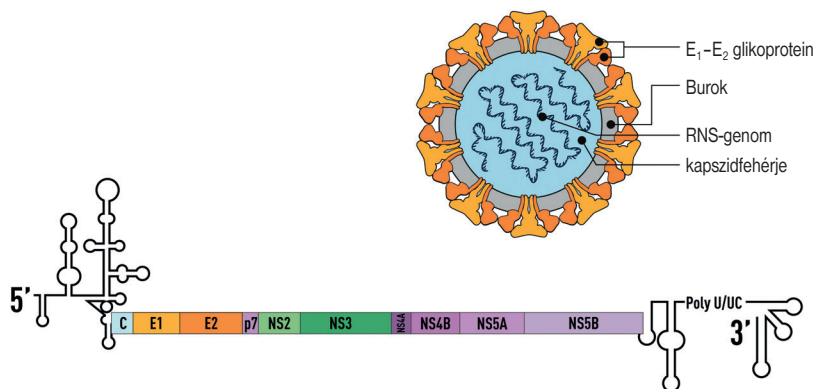
1. ábra. Harvey J. Alter, Charles M. Rice, Michael Houghton



2. ábra. A hepatitisfertőzés két fő formája. Az A vírus, amely szennyezett vízzel vagy étellel kerül a szervezetbe, akut betegséget okoz. A B és C vírus vérből kerül át egyik emberből a másikba, és rendszerint krónikus betegséget idéz elő (nobelprize.org)

A két, fertőző májgyulladást okozó hepatitisvírus közül a hepatitis C vírus (HCV) évente 3-4 millió új fertőzést, valamint 366 ezer halálesetet okoz. A HCV-fertőzés lehetséges következménye az idült májkárosodás, amely évtizedek alatt vezet alattomosan májzsugor és májsejtrák kialakulásához (2. ábra). A vér- és vérkészítmények bevezetett szűrése óta döntően intravénás droghasználattal átvitt, közel 80%-ban idültté váló HCV-fertőzés a





**3. ábra. A hepatitis C vírus, vázlatosan. A vírus-genom poliproteint kódol, amely több strukturális és nem strukturális fehérjére darabolódik**  
(nobelprize.org)

májzsugor 27%-áért, a májrák 25–31%-áért felelős. Az idült fertőzöttek száma kb. 70 millió.

A HCV-fertőzés a transzlációs kutatások sikerének példája. 1989-től, a vírus felfedezését követően – az alkalmazott empirikus interferonkezelésen, a vírus életciklusának megismerésén keresztül – a szerológiai és a kórjóslatot becsülő módszerek (nem invazív biokémiai, képpalkotó-alapú fibrózisvizsgálatok) kidolgozásával 2013 óta elérhetővé vált a direkt ható vírusellenes kezelés, későbbiekben interferon alkalmazása nélkül, mellékhatásmentesen, ami a betegek több mint 95%-ának gyógyulásához vezet.

Az elismerésben részesülő, korábban a hepatitis B vírus kimutatásában jelentős ausztrál antigént felfedező Harvey J. Alter és munkatársai (National Institutes of Health, USA) a hepatitis B felfedezését követően egy vértranszfúzióval terjedő, májgyulladás okozó „non A non B hepatitis” vírus létezését feltételezték az 1970-es évek közepén.

A hepatitis D vírus genomjának társhelfedezője, Michael Houghton és munkatársai (University of Alberta, Kanada) mutatták ki először a hepatitis C vírust fertőzött csimpánz véréből 1989-ben, amely RNS-vírus és a flavivirusok családjába tartozik (3. ábra).

Charles M. Rice és munkatársai (Rockefeller University, New York) izolálták az első, csimpánzokban is tanulmányozható hepatitis C vírus-klónt, illetve laboratóriumi körülmények között szaporodó vírustörzset. 1996-ban leírták a teljes HCV genomot, a

következő évben kimutatták fertőző jellegét. Egyéb kulcsfontosságú eredményeikkel (pl. számos, a vírus májsejtekbe történő belépéséhez szükséges fehérjék leírása) meghatározóak voltak későbbiekben a vérkészítmények szűrésének kidolgozásában, valamint a hatékony vírusellenes kezelések fejlesztésében. Az első ilyen, interferon nélkül alkalmazható gyógyszerhatóanyagot 2013-ban fogadta el az amerikai Food and Drug Administration (FDA).

A hepatitis C vírus felfedezése, kezelésének sikere az egyik legnagyobb egészségügyi előrelépés az elmúlt évtizedekben, megteremtve a HCV-fertőzés növekvő terhének megállítását, lehetőséget adva fertőzés okozta halálozás csökkentésére, az eliminációra, amelyet a WHO célul tűzött ki 2030-ig.

Jelen sorok írója gasztroenterológus-hepatológusként a 2010-es években, az interferonmentes kezelési lehetőségek megjelenése előtt kapcsolódott be a vírushepatitises betegek kezelésébe. Lenyűgözőek az elért sikerek, határtalan hálával tartozom azért, hogy részese voltam a zajló változásoknak. Megtapasztalhattam a mellékhatást okozó, 30–40%-os gyógyulást eredményező interferonkezelést és a mellékhatásmentesen csaknem 100%-os vírusmentességet adó, direkt ható antivirális készítmények sikerét. A díjazott kutatók eredményeikkel megteremtették a nagy gazdasági és egészségügyi terhet jelentő vírus eliminációjának lehetőségét, amely a fertőzés szempontjából nagy kockázatúnak tekinthető egyének szűrésével, nemzeti szűrőprogram kidolgozásával és felépítésével valósulhat meg.

## Gyors Covid-tesztet fejleszt Jennifer Doudna Nobel-díjas kutató

A Gladstone Intézetek és a Kaliforniai Egyetem (Berkeley) kutatói – köztük a kémiai Nobel-díj egyik friss nyertese, Jennifer Doudna – a *Cell* folyóiratban olyan új koronavírus-tesztelési technológiát mutattak be, amely a CRISPR eljárás segítségével kevesebb mint fél óra alatt kimutatja a SARS-CoV-2 vírust.

Az új tesztelési eljárás nem csupán azt mutatja ki, hogy valaki elkapta-e a vírust, hanem jelzi az adott mintában a SARS-CoV-2 koncentrációját is. A kutatók eredetileg a HIV-vírus kimutatását akarták felgyorsítani az új tesztelési eljárással.

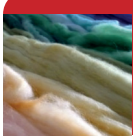
A PCR-tesztek egyik hátránya, hogy elvégzésükhöz valójában DNS-mintára van szükség. A koronavírus örökítőanyaga azonban RNS-alapú, így ezt előbb DNS-sé kell konvertálni, és ezt követi a sokszorozás, hogy a vírus kimutatásához elegendő DNS álljon rendelkezésre.

A tesztet fejlesztő kutatócsoport a DNS-t felismerő és szétbontó Cas9 fehérje helyett az RNS-t felismerő Cas13 fehérjét használta. A Cas13-at egy fluoreszkáló jelzőmolekulával kombinálták, és ezt keverték össze az orrváladék mintával, amelyet aztán egy

okostelefonhoz kapcsolódó eszközbe helyeztek. Ha a minta tartalmazta a SARS-CoV-2 vírus örökítőanyagát, akkor a Cas13 aktiválódott és átvágta a jelzőmolekulát, amely ezt fluoreszkálással jelezte. Ekkor az okostelefon „mikroszkóppá” változtatott kamerája érzékelte a fényjelzést, és képernyőjén is kijelezte, hogy a teszteredmény pozitív.

Az eredményhez szükséges idő a vírus koncentrációjától függ. Az eredmények szerint az eszköz 5 percen belül pontosan detektálta a vírus jelenlétét a nagy vírusterhelést mutató mintákban, míg kis víruskoncentráció esetén kb. 30 percre volt szüksége.

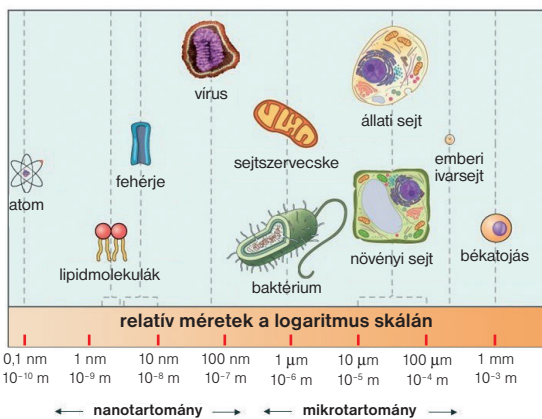
Az új CRISPR-alapú tesztelés nem csupán gyors, hanem mindenkinek elérhető és akár otthon is elvégezhető eljárást jelenthetne, sőt a jövőben a SARS-CoV-2 vírustól más, légzőszervi megbetegedést okozó kórokozók esetén is használható lenne. Az okostelefonokra és azokon keresztül a felhőbe kerülő eredményeken keresztül a kontaktkutatást és az epidemiológiai kutatásokat is segíthetné. (*Radó Nóra, Qubit*)



Kutasi Csaba

# A nanokutatás textilipari alkalmazásai

**A** nanotechnológia az anyag manipulálásával foglalkozik (legáltalább egy dimenzióban 1–100 nanométeres tartományban, **1. ábra**). Ezen a méretskálán a kvantummechanikai hatások meghatározóak, így olyan kutatási kategóriáról van szó, amely magában foglalja az adott méretközöb alatti emberi tevékenységet. A nanoeljárások lényege: olyan analitikai vagy megmunkáló eszközök használata, amelyek alkalmasak 100 nm pontoságú anyagelőállításra, mozgásetektlésre, mérésére.

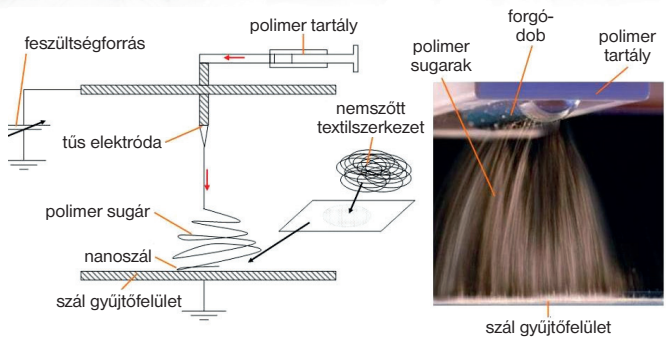


1. ábra. A nano- és mikrotartomány

## Nanoszálak

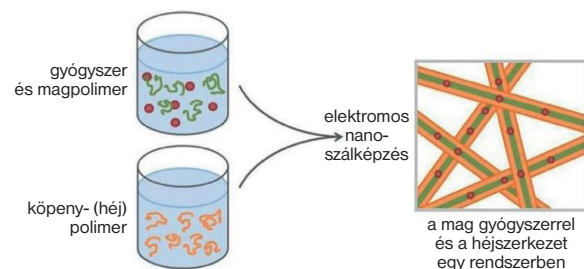
Az emberi hajszálnál kétszázszor vékonyabb nanoszálakat folyékony halmazállapotú polimerből állítják elő elektromos szálképzéssel: az egyik elektródát jelentő csöves tű végén képzett parányi csepp a kiinduló anyag. Az elektro spray ionizációs módszerrel a folyadék rengeteg apró töltött cseppre bomlik, majd egy kapillárison átpréselve magas feszültségű térbe kerül. A folyékony polimer a 30 kV-ot meghaladó feszültségű térben feltöltődik, és amikor az elektromos télerősség eléri a 100 V/cm körüli értéket, akkor legyőzi a felületi feszültséget, és a 0,1–1 mm átmérőjű tű nyílásán megindul a csepp áramlása. Az egyre közelebb kerülő ellentétes elektróda következtében a töltéssel rendelkező polimer részecskék alkotta folyadékáram felgyorsul, egyre vékonyodik. Egyúttal ostorozó mozgás is jön létre, tovább finomítva, hosszabbítva a készülő nanoszálakat. Ezek nagyon kicsi átmérőjű (< 500 nm) szálak, a nemszőtt jellegű szálrendszert nagy fajlagos felület, kis pórusméret és nagy porozitás jellemzi (**2. ábra**).

A gyógyszeriparban a kis molekulájú hatóanyagok mellett egyre jobban terjednek a nagymolekulás vegyületek is. A polimeralapú – pl. fehérje – gyógyszerek könnyebben bomlanak, mint a polimerok. Az érzékenység miatt a hatóanyagot nanoszálba építik be, így az előállítás közben is megőrizhetők a fontos tulajdonságok. A használat során szabályozottan lebomlik a héj, így a



2. ábra. A nanoszál előállításának elve

hordozóból felszabadul a hatóanyag. Például a politejsav-koglikolsav (PLGA) kopolimer nanoszálak lebomlásával programozott hatóanyag-felszabadulás is megoldható (**3. ábra**).



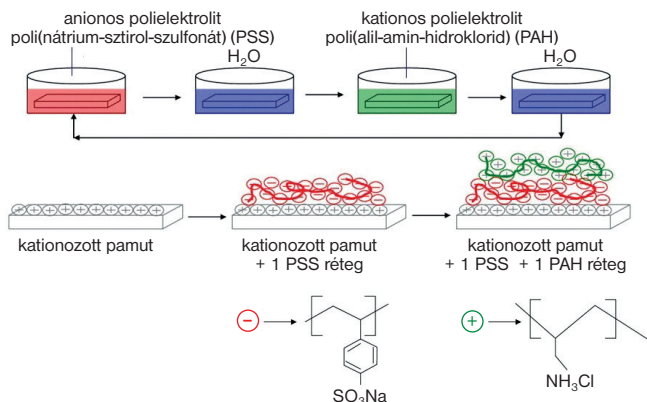
3. ábra. Nanoszálakba beépített gyógyszerhatóanyag

## Önfelepítő nanoréteg a textilanyagon

A különböző textilanyagokra (pl. természetes vagy mesterséges szálalapú szövetek, kötött, ill. nemszőtt kelmék) felvitt funkcionális anyagok (pl. valamely védelmi képesség eléréséhez) több fajtája és eljárása (telítéssel, kenéssel) régebb óta ismert. Az önfelepülő nanoréteg(ek)ből kialakított „leheletnyi” rétegek esetén a polimer bevonatanyag molekulái 1 nm-nél vékonyabb felületet képeznek a textilanyagon. Az egymásra rakódó polimer nanorétegek felépülését befolyásolja többek között a láncmolekulák alakíthatósága (pl. mennyire hajlékonyak), a molekulatömeg és a töltésátviteli képesség.

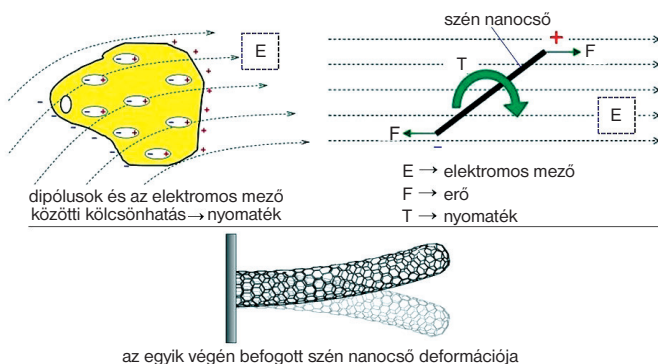
A rétegek kialakítása előtt a bevonandó anyagot (pl. pamutszálat) töltéssel látják el (pl. a pamutot kationizálják, pozitívvá töltik), ezután az alapra, majd egymásra ellenkező töltésű ionokat tartalmazó, oldott polimeret hordanak fel nanotechnológiával (**4. ábra**).

A nanoszerkezetű anyagok kialakításában jelentős szerepük van az elektrosztatikus erőknek, amelyek iránya a nanotárgy alakjától függ. A nanoanyagokban a szén nanocsöveken megy



4. ábra. Önfelépítő nanoréteg kialakítása polielektrolitokkal

végbe az elektrosztatikus alakváltozás. A molekuláris dipólmomentum és az elektromos mező között létrejött kölcsönhatás indukált nyomatókat hoz létre. A konzolos nanocső az elektromos mező irányának megfelelően deformálódna, azonban az elektromosan indukált nyomatók és merevség kölcsönhatása lesz meghatározó. Az elektromanipuláció, a nanoelektromechanikus rendszerek előállítására területén ezek meghatározók (5. ábra).



5. ábra. Az elektrosztatikus erők hatása

Lehetséges olyan réteg kialakítása is, amely képes önmagát javítani, a hiányossá vált bevonatot pótolni.

Adott – főként mesterséges – szálak felületén levő saját molekulákból, azok célirányos nanotechnológiai rendezésével is létre lehet hozni speciális képességű réteget. Az így kialakuló, 10–30 nm vastagságú réteg a tömbanyag tulajdonságaitól eltérő képességekkel rendelkezik.

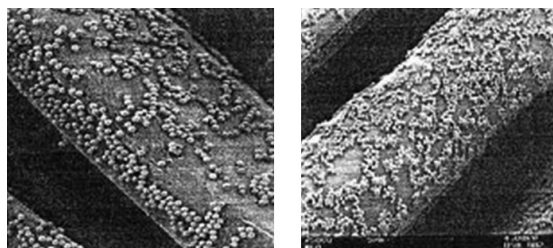
**Nanotechnológiai anyagok szálakban, textilfelületeken**

A különböző nanoméretű részecskék (pl. fém-oxidok, korom, agyag) alkalmazása korábban ismert volt, de nem nanoméretben. Ezek főként mesterséges szálakba (poliészter, poliamid, poliolefin) történő bevitelével megfelelő elektromos és hővezető képességet, antimikrobiális képességet, antisztatizálást, ill. szilárdságnövekedést, szívósságot lehet elérni.

A nanorészecskék kis méretükkel csökkenthetik a láncmolekulák mozgékonyosságát, ezzel magyarázható többek között a mechanikai tulajdonságok javulása. A szén nanocsővek szilárdsága 15-szöröse, tömegük csak egyhatoda az acélénak, elektromos vezetőképességük kiváló. Mint nagy szilárdságú vezetőképes szálak, felhasználhatók energiatároló, energiaátalakító berendezések előállítására. A szén nanocsővekkel adalékolt polivinil-alkohol szál

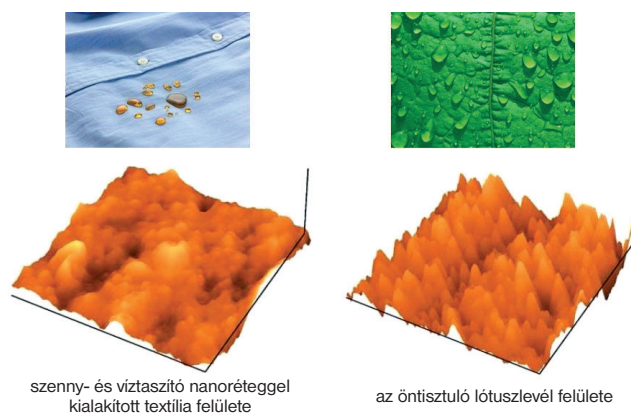
rendkívül merev, szívóssága húszszorosa a hasonló dimenziójú acélhuzalnak, ill. az egyes aromás poliamid szálakénak (védőmellények, biztonsági hevederek, a robbanásálló takarók készítésére alkalmasak).

Az agyag (montmorillonit) nanorészecskék vegyszerállóságot, elektromos szigetelőképeséget kölcsönöznek a szálaknak, nem engedik az UV-sugarak áteresztését (pl. a kompoziterősítő poliamid szálakban alkalmazzák UV-védelem miatt), égésgátló képességet biztosítanak. A nanoezüst antimikrobiális képességet alakít ki. A titán-dioxid-mangán-oxid nanorészecskékkel adalékolt szál önsterilizáló hatású. Az egyébként szál formájában – zárt szerkezete és színezékmegkötésre alkalmas csoportok hiánya miatt – alig színezhető polipropilén az előzetesen beépített agyag nanorészecskék hatására megfelelő textilszínezékekkel (egyes savas, ill. disperziós) színezhetővé válik. Adott nanorészecskék a szál felületére is felvihetők (6. ábra).



6. ábra. Fém-oxid-réteges felületű poliészter szál

A kelmékre pl. emulgálással a nanoméretű kikészítőanyagok egyenletesebben vihetők fel. Így szenny- és víztaszító, ill. antisztatizáló képesség, lángállóság, antimikrobiális tulajdonság, UV-védelem, továbbá gyűrődésfeloldódó és méretállandósító hatás is elérhető. Megfelelő nanoréteg felhordásával lélegzőképes bevonat szintén kialakítható. Öntisztuló képesség is elérhető a lótuszeffektust biztosító nano-felületmódosítással (a lótusvirág leveleinek állandó tisztasága a felület parányi egyenlőtlenségeivel magyarázható: a nanoméretű „rücskösség” következtében a szennyeződések lazán tapadnak, a legördülő vízcsepp ezeket magával ragadva eltávolítja, 7. ábra).



7. ábra. Az öntisztuló képesség kapcsolata a felület egyenlenségeivel (lent: alagútmikroszkópos felvételek)

Célirányos nanoanyagok használatkor vegyszerekkel és biológiai hatásokkal szembeni hatás is kialakítható. Érdekesség, hogy nanokristályos piezokerámia-részecskék textíliára juttatásával a kelmét érő mechanikai hatások elektromos jellé alakíthatók, így a testen hordott ruházat közvetítésével például a szívritmus és a pulzus monitorozható.



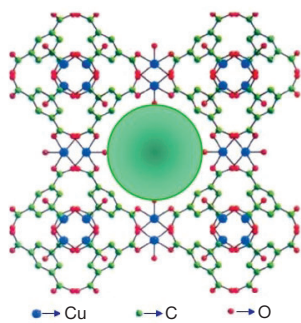
A nanotartományú grafén alkalmazása kapcsán kutatások folynak hővédő ruházatok anyagainak fejlesztésére, a textil felületmódosításával lángállóság érhető el és hatékonyan védhető a kelme a hőbomlástól, továbbá a ruházat könnyebb lehet. Ennek során például az anyagot kémiai gőzfázisú rétegleválással vízzel fel sárgaréz fóliára, majd a levett grafénréteg kerül a szál-anyagra. A grafén-oxid-réteggel bevont pamutszövet nemcsak elektromos vezetőképes és nagyobb hőellenállású, hanem baktériumölő képességű is.

## A nanoporozus fémorganikus vegyületek, főbb alkalmazási területek

A kristályos fémorganikus vázszerkezetek (MOF) egyik összetevője a fém, amely ion vagy klaszter fémion formájában van jelen. A másik rész általában merev, multifunkcionális szerves láncmolekulából áll (ezt linkernek is nevezik).

A szerves göbökből és az alkalmas szerves láncmolekulából kialakított nagy porozitású hibridek felfedezésével különleges teljesítményjellemzőkkel rendelkező vegyületek nyerhetők. A zeolitsoport ásványai molekulárisan kötött vizüket hevítés hatására elvesztik (dehidratáció), a képződő üregek molekulaszűrőként működnek.

A szintetikus fémorganikus vázszerkezetek egyik jellemző képviselője a  $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$  (BTC: benzol-1,3,5-trikarboxilát, **8. ábra**). Az oktaédres szerkezetű anyagban előforduló póru-



**8. ábra. Egy fémorganikus vegyület látványos vázlata**

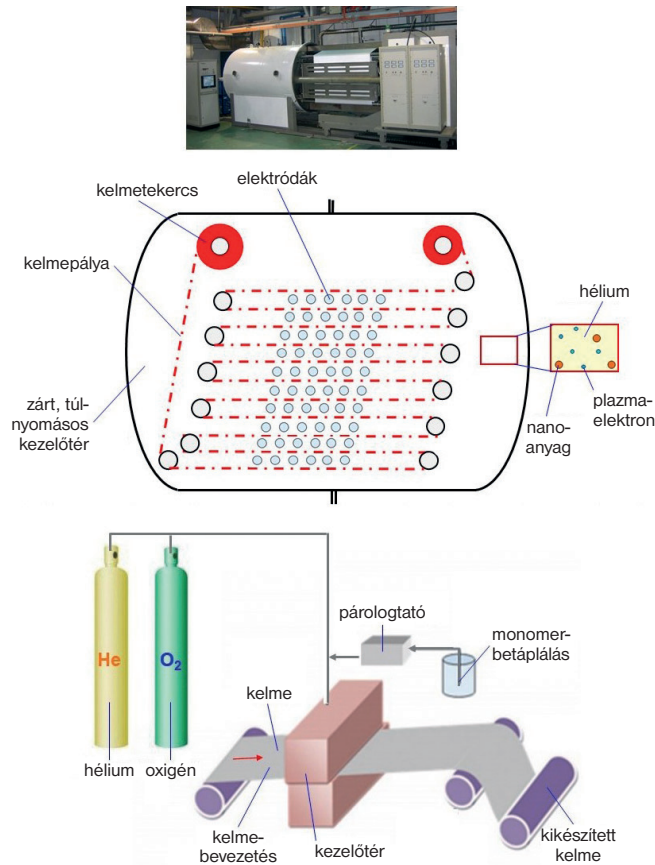
$\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$   
BTC → benzol-1,3,5-trikarboxilát

sok 9,8 Å átmérővel rendelkeznek. Egyes MOF-anyagokból 1 gramm mintegy négy kockacukornyi térfogatot tesz ki, ezt kitevítve 5 ezer  $\text{m}^2$ -nyi aktív felület nyerhető. Feltételezhető, hogy az egyes MOF-ok kemiszorpcióra is képesek működésük adott fázisában. A nanostrukturált anyagok felhasználási területe széles körű. Főként a fejlett, nagy teljesítményű, szelektív adszorpciót biztosító gázsűrítő rendszerekben kerül előtérbe a MOF alkalmazása. A textiliparban az optimális gázsűrítést és komfortos viseletet – pl. légáteresztő – megvalósító védőöltözékekhez textilalappú nanoMOF funkcionális réteg szükséges. Így a komforthiányos, tömören záró védőruhák kiválthatók.

## Plazmakezelések a textiltermékeken

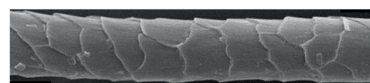
A látható világegyetem 99%-a plazmaállapotban van. A mesterséges úton előállított plazmához (töltéssel rendelkező légnemű rendszerhez) gázkisülés szükséges. A plazma elnevezés a „kocsonyászerűen rezgő” állapotra utal, miután az ionoknál kétezerszer könnyebb plazmaelektronok az elektromos, ill. mágneses erőterben elsőként jönnek mozgásba. A plazmaállapotban pozitív és negatív töltésű részecskék, szabad funkcionális csoportok, semleges

atomok és molekulák egyaránt jelen vannak. A plazmateret optimális összetételű és minőségű kezelőgáz biztosítja (lehet oxigén, nitrogén, levegő, argon, argon+hélium, etán, hexafluor-etán+hidrogén, egyéb inert gáz). A textilipari kezelésekhez főleg az alacsony nyomású plazma bizonyult előnyösnek (az 50 °C alatti plazmakezelést vákuumban végzik). Biztató kísérletek folynak az atmoszférikus, folyamatos plazmakezelések megvalósítására (**9. ábra**).



**9. ábra. Zárt rendszerű textilanyag-kezelő plazmaberendezés (fent). Az atmoszférikus plazmakezelő elvi felépítése (lent)**

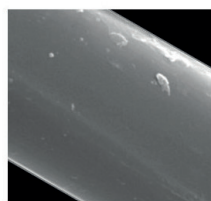
## 10. ábra. A plazmakezelés hatása a gyapjúsál felületére (fent). A plazmakezelés hatása a poliészterszál felületére (lent)



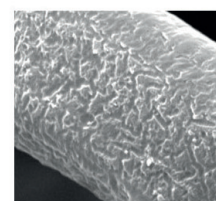
a gyapjúsál pikkelyes felülete, ez okozza a nemkívánatos nemezelődést



a gyapjúsál plazmakezelés után, a pikkelyek élei legömbölyítettek, nem kapcsolódnak össze a szomszédos szálak



kezelés előtti csillogó, műanyag hatású szálfelület



a szál felületének „hámozásával” kedvező hatások kialakulása



Az „atomi méretű” plazmatechnológiák többféleképpen hasznosíthatók a textiliparban. Ilyen például a szálanyag felszínének tisztítása a szerves szennyeződések, egyéb zavaró idegen anyagok eltávolításával. A gyapjúszál pikkelyrétegének kémiai beavatkozás nélküli változtatásával (élek legömbölyítése, cirádák tompítása) csökkenthető a nemezelődés. A szintetikus szálak felszínének „hámozásával” – amelynek során apró kráterek alakulnak ki a szál egyébként sima palástján – megszüntethető a csillogóan fényes és műanyag jelleg, kedvezőbb fogás is elérhető (10. ábra).

A szálfelszint meghatározott kémiai csoportokkal aktiválják, amelyek többek között fokozzák a nedvességfelvétel képességet (ez pl. pamutkelme színezéséhez előnyös), továbbá növelik a tapadóképeséget, vagy elősegítik a biokompatibilitást az élő szervezetekkel tartós kapcsolatba kerülő textiltermékeknel. A plazmatér-

ben végzett kémiai jellegű szálfelületmódosítás, lehetővé teszi igen vékony filmréteg tartós felvitelét. Plazmapolimerizáció is megvalósítható a plazmán át gerjesztett gázszerű monomerek felhasználásával (pl. olaj- és szennyasztítás, hidrofobizálás, lángolásgátlás, ill. égéscsökkentés elérése). Ilyen kezelés kész konfekcionált terméken is elvégezhető, a funkcionális képesség kiterjed a kellékekre (varrócérna, cipzár zárszalag stb.) is. ●●●

## IRODALOM

- [1] <https://nano-magazine.com/news/2018/9/5/how-will-nanotechnology-improve-textiles>
- [2] Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület: A Magyar Textil- és Ruháipar Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégiája, Nemzeti Technológiai Platform a textil és ruháipar megújításáért. Budapest, 2009.
- [3] Kutasi Csaba: Nanorészecskék és technológiák a textiltermégyártásban, a BKIK Kézműipari Tagozata által szervezett I. Nanofórumon elhangzott előadás, 2012. május 24.
- [4] Kutasi Csaba, Textil Forum, 2012. március.
- [5] Kutasi Csaba, Németh Andrea, Magyar Textiltechnika, 2011/4.

## VISSZHANG

## Olvasói vélemény A vegyipar átalakításának koncepciója témához

Ismét nagyon időszerű a téma felvetése, mert válságban újra értékelni kell az átalakítási lehetőségeket, a megváltozott helyzethez kellene igazítani, viszont Banai Endre [1] is megállapította, hogy az 1991-ben készült, a vegyésztársadalom véleményén alapuló összeállítás sok megállapítása még ma is helytálló. Gondolatait záró sorában Banai megjegyzi: „De szükségesek lennének hathatósabb állami intézkedések és a vegyipari nagyvállalatok nagyobb aktivitása is.” A megjegyzésekkel teljes mértékben egyetértek, azokat hangsúlyozandó, a gondolatsort szeretném folytatni annál is inkább, mivel egy nagyvállalat K+F részlegének vezetője voltam évtizedekig [2].

A nagyvállalatok aktivitását a fejlesztések hosszú megtérülési ideje miatt az adózási, szabályzási környezet nagymértékben befolyásolja, azaz visszajutottunk a hathatós állami intézkedések igényéig, amelyről nincsenek jó tapasztalataink. Abban az időben, mikor az Ipari Minisztérium hivatalaiban a fejlesztés szükségességét ismerő szakemberek is voltak szép számmal, a MKL fórumát is felhasználva próbáltam lobbizni a több működő magyar gyárat és kutatóintézeti kapacitást igénylő, C1 kémiai bázis egyszerű megvalósítási lehetőségének ismertetésével [3]. Annak ellenére, hogy iparágunk alapanyag- és energiaigényes, a felvázolt megoldást – a földgáz olcsó szállíthatósága és a metanolbázisú termék sor (formaldehid, karbamid-formaldehid gyanta...) gyártása miatt számunkra is gazdaságos, a kémia zöldítésének lehetősége következtében társadalmi szempontból is figyelemre méltó, valamint a metanolgazdaság miatt [4] még ma is aktuális fejlesztési irányt – sem a minisztérium, sem az OMF nem karolta fel. Tudni tudtak róla, mert az említett hivatalok kapcsolattartó személyeinek figyelmébe ajánlottam, utólag könnyű okosnak lenni, ma már tudom, hogy magasabb szinten kellett volna lobbizni (és ma pénz nélkül mit lehet tenni?). Pedig az elektromos autók terjedése miatt a hidrogénes, metanolos üzemanyagcellák gazdaságos működtetése, a napcellák energiájából a hidrogén előállításának és tárolásának megoldása (a hidrogénipar) igényelné a vegyipar fejlesztését, katalizátoros kutatásokat stb. Azonban az innovatív szakemberek hiánya nemcsak az új lehetőségek kidolgozását, hanem a meglévő gyógyszer- és olajipari fejlesztéseket is akadályozhatja. Az utóbbi évtizedek tőke kivonása az oktatási-kutatási területről a színvonal csökkenését eredményezte, amelyet

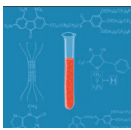
2013-ban közzétett írásom [2] utolsó bekezdéseiben is jeleztem. Sajnos az okulásként említett példák terjedelme túlnőtte a nem eléggé hangsúlyozott következtetéseket. Pedig azok egybecsenenek a Banai Endre cikkében [1] összefoglalt megállapításokkal is. Amint említett példám is mutatta, hathatós állami intézkedésekre hiába vártunk/várunk, hiszen iparfejlesztési koncepció sincs, amelyben elhelyezhetnénk a vegyipari célokat. Néhány propagandabeszédben megemlítik az innovatív irányt, de a Banai által hivatkozott MAVESZ-felmérésekből is látszik ennek humán erőforrás-hiánya. Azaz az oktatástól kell kezdeni a koncepciót: annyit tehetünk, hogy összegyűjtjük, és a lehető legtöbb fórumon (a családtól az egyetemig) okulásként ismertetjük korábbi tapasztalatainkat [2], támogatjuk az oktatást, a tehetséges fiatalokat [1]. A szükséges marketing egy eleme: szakmánk virágkorának, zöld fejlődési lehetőségének bemutatása érdekes tényekkel alátámasztva. Például nemcsak a szabadalmak száma volt nagyságrendekkel magasabb, hanem a megvalósított találmányoké is. A színvonalra jellemző, hogy a fejlődő országok piacán nyugati technológiák ellenében nyertük el az üzletet (nem olcsón, hanem értékárányos árszinten), és üzemeket létesítettünk külföldi gépgyártók bevonásával. A „kelleténél több” (a szükséges minimumnál magasabb) szakemberlétszámunk lehetővé tette, hogy a know-how átadását referenciaüzemünkben és a külföldi helyszíni betanulást, üzemindítást egymást váltva (éjjel-nappal egyaránt) mérnökeink irányították – ez volt a siker záloga.

Az oktatás szükségességét, a kémia népszerűsítését (centrális, helyesebben, tudományágakat összekötő hid szerepét) nemcsak helyi események, hanem világhírű példák bemutatásával is szemléltetnünk kell [5] más médiákat is megcélözva.

**Antal József**

## IRODALOM

- [1] Banai Endre: Gondolatok „A vegyipar átalakításának koncepciója”-hoz. MKL, 2020. december.
- [2] Antal József: Válságból kivezető út a kutatás-fejlesztés erősítése. MKL, 2013. június.
- [3] Antal József: Ammóniagyártás, in Csúcstechnológiák (szerk. Rácz László). MKL, 1996. május.
- [4] Molnár Árpád: Oláh György munkássága a Nobel-díj utáni években. MKE, 2017. 4. sz.
- [5] Molnár Árpád: Kémia: az „összekötő” tudomány. Beszélgetés Oláh Györggyel. MKL, 2017. május.

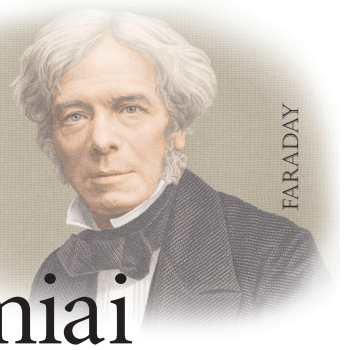


Braun Tibor

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



THEOPHRASZTOSZ



FARADAY



WILHELM OSTWALD

# A folyadékfázisú szerves kémiai szintézistől a szilárd-szilárd szerves mechanokémiáig

## Előszó

A kémia egyik igazi vonzereje abból ered, hogy az atomokból rendkívül változatos egységeket, molekulákat tud szintetizálni. A szintézis egyik részterülete a szerves kémiai szintézis, az anyagok felépítésének művészete és tudománya, értve ezalatt a természetes és a tervezett molekulákat, amelyeknek fő alkotóeleme a szén. Gyakran szóba kerül *Arisztotelész* vitatható hiedelme, miszerint a molekulák (vegyületek) csak abban az esetben reagálnak (lépnek egymással reakcióba), ha valamelyik komponens folyékony vagy oldott állapotban van. Ezt latinul „*no corpora agunt nisi fluida*”-ként említik. A szerves kémiai szintézis zászlóshajója a totál- (teljes) szintézis, amiben megnyilvánul az a törekvés, hogy laboratóriumban előállíthatók legyenek az élő természet által megvalósított molekulák is. A kutatók igyekezete az élőlények molekuláinak és hasonló molekuláknak a létrehozására a szerves kémia egyik legjelentősebb előrelépését képezi.

## Bevezetés

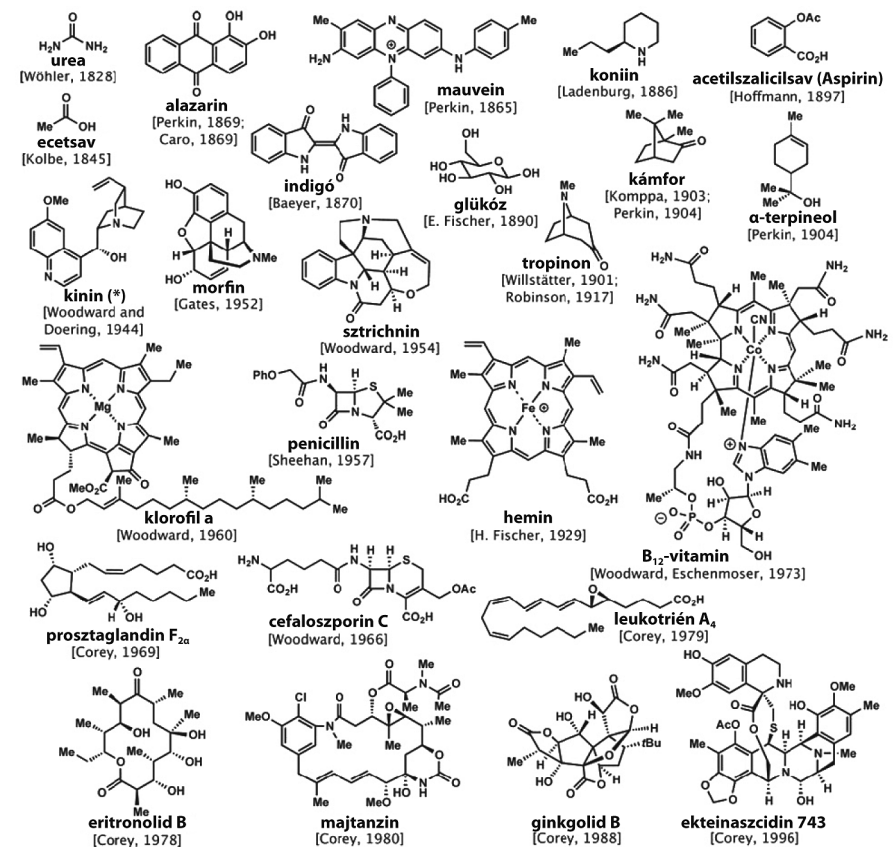
A folyadékfázisú szerves kémiai szintézis 1828-ban vette kezdetét, amikor *Friedrich Wöhler* német kémikus, az Angol Királyi Kémiai Társaság külső tagja felfedezte a karbamid (urea), az élővilágban létező természetes vegyület szintézisét. [1] A (teljes) totálszintézis volt a következő lépés, amiben bonyolultabb szerves molekulák teljes kémiai szintézise megvalósult hozzáférhető vagy természetes kiindulási vegyületekből. [2] A teljes szintézist lineáris vagy konvergens úton valósították meg. A lineáris szintézis esetében a molekulák előállításához több egymás utáni lépést szükséges megtenni, amíg a kívánt vegyület felépül. Az

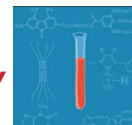
ilyen lépések során előállított vegyületeket szintetikus intermediereknek nevezik. Összetettebb molekulákhoz a konvergens szintetikus eljárás a kedvezőbb. Ebben előbb a különböző résztvevőket (alapvető intermedierek) állítják elő, majd ezeket a kívánt molekulákra kapcsolják össze. [3] *Robert Burns Woodward*ot, az 1965-ös kémiai Nobel-díjjal tüntették ki az 1954-ben megvalósított sztrichnin totálszintéziséért. [4] Őt tekintik a modern szerves szintézis alapítójának.

## Folyadékfázisú szerves kémiai szintézis

A szintézis minden lépése valamilyen kémiai reakciót igényel. A szintéziseket úgy kell megtervezni, hogy a legkevesebb munkával a legkedvezőbb kitermelést eredményezzék. Felmerülhet a kérdés, hogy eddig összesen mennyi azoknak a molekuláknak a száma, amiket a kémia, illetve a teljes szerves kémia mindmáig szintetizált. Pontos adatok sajnos nem állnak rendelkezés-

### 1. ábra. A teljes (totál-) szintézis válogatott mérföldkövei





re, számukat több millióra teszik. [5] A fent említett kérdés mellett az is felmerülhet, hogy szintetizálhatók-e mindazok a molekulák, illetve vegyületek, amiket a növények és állatok állítanak elő.

A természet rendkívül eredményesen állít elő biomolekulákat, valamint primer és szekunder metabolitokat, általában 100%-hoz közeli kitermeléssel (eredményesség). Ezzel szemben a kémiai foyadékfázisú szintézisek sosem kvantitatívak, és megvalósításukkor nem kívánt melléktermékek is képződhetnek. Ennek a hatékonyságkülönbbségnek az az oka, hogy a természet fejlődése során körülbelül 4–5 ezer évig tartott az optimalizálás, miközben az emberiségnek és azon belül a foyadékfázisú szintetikus kémiának csak körülbelül 150–300 év állt rendelkezésére az optimalizálódáshoz. Az **1. ábrán** válogatott példákat mutatunk be az eddig megvalósított foyadékfázisú szerves kémiail teljes szintézisek köréből. [6] A sok siker mellett talán nem is nagyon meglepő, hogy a foyadékfázisú szerves szintetikus kémiail fejlődése során szembetalálta magát a *lehetetlen molekulák* fogalmával is. [7] Ezeket a molekulákat két kategóriába sorolják, az elsőbe azokat, amelyek instabilitásuk miatt foyadékfázisban nem szintetizálhatók. Ilyen például a tetrahedrán. [7] A másodikba azokat, amelyeknek létezniük kellene, vagy léteznek, de túl összetettek ahhoz, hogy szintetizálhatóak legyenek az addig ismert korszerű, foyadékfázisú laboratóriumi szintézis módszereivel. [8] A lehetetlen szintézisek szakirodalmából bemutatásként kiválasztottunk 3 molekulát. Az  $[1,3-(\text{SiMe}_3)_2\text{C}_3\text{H}_3]_3(\text{Al}, \text{Sc})$  komplexet, az alil-N-tiokarbamoilbenzotriazol és a terc-butil-szubsztituált adamantoid foszfazánt,  $\text{P}_4(\text{N}^{\text{t}}\text{Bu})_6$ -t. Mindhárom molekulára a továbbiakban még visszatérünk a lehetetlen molekulák mechanokémiájá kapcsán.

Hogy oda eljussunk, említést kell itt még tennünk azokról a közegekről, amelyekben a szerves kémiail reakciók folyhatnak. Ezek a fázisok (közegek) a már említett foyadék-, valamint a szilárd és gázfázisok, illetve azok keveréke. A kémiail reakciók közben a foyadékfázisban reagáló molekuláknak bizonyos energiagátakon kell átjutniuk annak érdekében, hogy reagálás folytán termékeket hozzanak létre. Ehhez a folyamathoz a foyadékfázisban szükséges energiát általában hő, fény, nyomás vagy elektromos energia szolgáltatja, amelyek a reagáló molekulák eloszlását megváltoztatják az adott alapállapot potenciálisenergia-felületén vagy gerjesztett állapotba hozzák azokat. A szilárd-szilárd fá-



**2. ábra.** Ősi mechanokémia

zisú reakciók előidézésére vagy gyorsítására igénybe vehető mechanikai erő is.

Figyelemre méltó, hogy a kémikusok főleg a foyadékfázist használták szerves kémiail szintéziseikben annak ellenére, hogy nincsenek mindig komoly érvek és okok a foyadékfázis igénybevételére.

### Szerves vegyületek mechanokémiájá

Arisztotelész tanítványa, ereszoszi *Theophrasztosz* görög filozófus már Krisztus előtt 315-ben leírta *Lapidarium* (Kőtár) című könyvében a cinóber (higany-szulfid) elemi higannyá dörzsölését rézmozsárban, mozsártörővel (**2. ábra**, a kép nem Theophrasztoszt ábrázolja). Ezt a folyamatot a mechanokémia történetét 2000-ben publikáló szerző *Quicksilver from cinnabar: the first documented mechanochemical reaction?* című dolgozatában ismertette. [9] Ezt azért említettük, mert Theophrasztosz szerintünk nem ismerhette a *mechanokémia* szót, de említett szerző (*Takács*) úgy vélte,

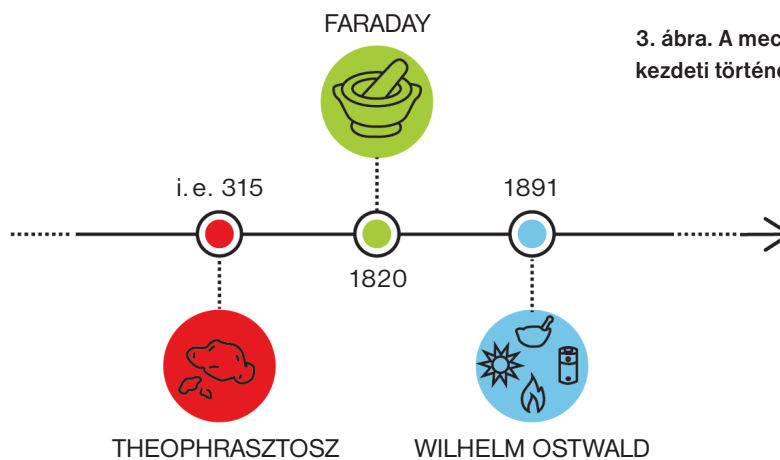
hogy az, amit Theophrasztosz i. e. 315-ben csinált, valójában szilárd-szilárd fázisú reakció volt, azaz mechanokémiának tekinthető.

Nagyon érdekesnek véljük, hogy a mechanokémiát (bár nem ezzel az elnevezéssel) megalapozó Theophrasztosz által végzett első kísérlet óta nem publikáltak hasonló témájú írást körülbelül kétezer évig. Csak 1830-ban tettek említést a mechanokémiáról, amikor *Faraday* mechanokémiail „mozsarazást” végzett az ezüst-klorid elemi ezüstré való redukálásával cink, réz, ón vagy vas dörzsölésével – mozsárban mozsártörővel (**3. ábra**). Faraday azt is megjegyezte, hogy mechanikai segédlettel végzett szilárd-szilárd reakciói más termékeket eredményeznek azokkal szemben, amiket szabályos hőmérséklet-emeléssel végzett. A hőmérséklet emelése nem elemi higanyt, hanem a higany-halogenidek olvadását vagy szublimálását eredményezi. Azt is állította, hogy a mechanikai segédletű folyamatok az ezüst- és a higany-halogenidek elemekre (higany, ezüst) bomlását igazi mechanikai erő által kifejtett kémiail reakció hozta létre.

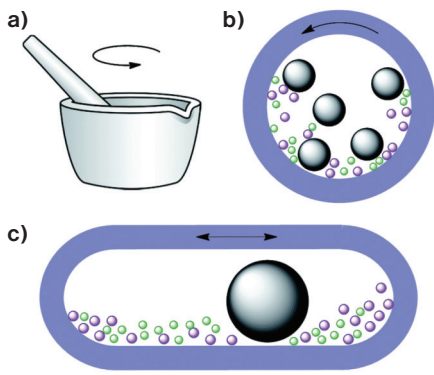
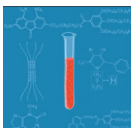
Néhány évvel később Wilhelm Ostwald a mechanokémiát már a négy kémiail szakterület (foto-, elektro-, termo- és mechanokémia) egyikeként definiálta (**3. ábra**).

### Mechanokémia

A mechanokémia a rugalmas és képlékeny deformációk szilárd anyagok reaktivására kifejtett hatásával foglalkozik. E terület nagyarányú fejlődése az elmúlt évtizedekben az alapkutatásokban bekövetkezett haladásnak, valamint számos technológiai eljárás tökéletesítésének volt köszönhető, ideértve az új szerves kémiail molekulák szintézisét is. Az a tény, hogy a mechanokémia olyan ismeretterületekre is átnyúlik, mint szilárdtestfizika és -kémia, szilárdságmélet, fizikai kémiail mechanika,



**3. ábra.** A mechanokémia kezdeti története



4. ábra. A mechanokémia eszközei: a) mozsár és mozsártörő, b) planetáris golyósmalom, c) nagy sebességű vibrációs golyósmalom

katalízis, anyagtudomány, geológia stb., rendkívül lényeges. A mechanokémia segítségével főleg szerves vegyületeket és molekulakomplexeket szintetizáltak szilárd fázisban anélkül, hogy a reakcióban részt vevő komponenseket feloldották volna. Theophrasztosz kísérleteihez mozsarat és mozsártörőt használt eszközként. A szilárd-szilárd fázisú reakciókra ható mechanikus erő három eszközzel hajtható végre. Ezek: a mozsár és a mozsártörő, valamint nagyobb erő előidézésre a planetáris golyósmalom és a nagy sebességű vibrációs golyósmalom (4. ábra) [10].

### Lehetetlen molekulák mechanokémiája

Az előszóban már említettük, hogy kiválasztottunk három szerves molekulát, amelyeket a „lehetetlen” kategóriába sorolt a szakirodalom, mert ezeket folyadékfázisú szerves szintézissel nem lehetett előállítani. A szerves szilárd-szilárd szintetikus mechanokémia a lehetetlennek nevezett molekulákat a 2000-es évek második felében hozzáférhetővé tette (5. ábra). Ismeretetésükre a következő angol nyelvű cikket említjük: „Az [1,3-(SiMe<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>]<sub>3</sub>(Al,Sc) bázismentes trisz(allil)alumínium-komplex és szkandiumanalógjának mechanokémiai szintézise” [11], „Reaktív intermediekek mechanokémiai csapdázása: lehetetlen aril-N-tiokarbamoilbenzotriazolok stabilis reagensekként” [12], „A térbelileg gátolt adamantoid foszfazán, P<sub>4</sub>(N<sup>t</sup>Bu)<sub>6</sub> mechanokémia által megvalósított, első szintézise” [13].

A „lehetetlen” reakciók mechanokémiai megvalósításán túlmenően érdemes itt megemlíteni, hogy a mechanokémia például folyadékfázisú kémiai szintézisekkel összehasonlítva egyes esetekben előnyösebb lehet. Példaként szólhatunk itt a p-toluidin oxidálásáról kálium-permanganáttal. Ez a reakció nagyságrendekkel jobb hatékonysággal működik, mint hagyományos folyadékfázisban mikrohullámú melegítéssel. [14] Úgyszintén említeni lehet a C<sub>60</sub> reakcióit különböző szén-nukleofilekkel, [15] valamint a (C<sub>60</sub>)<sub>2</sub> súlyzó formájú molekula mechanokémiai szintézisét, ami szintén előnyösebb a folyadékfázisúnál. [16]

sággal működik, mint hagyományos folyadékfázisban mikrohullámú melegítéssel. [14] Úgyszintén említeni lehet a C<sub>60</sub> reakcióit különböző szén-nukleofilekkel, [15] valamint a (C<sub>60</sub>)<sub>2</sub> súlyzó formájú molekula mechanokémiai szintézisét, ami szintén előnyösebb a folyadékfázisúnál. [16]

### Utószó

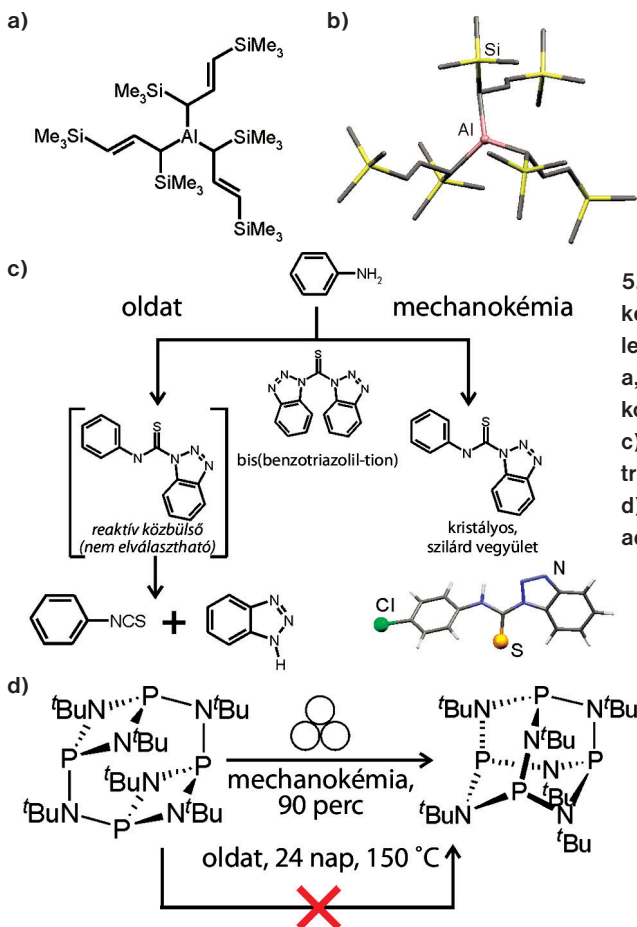
Mint a fentiekben bemutattuk, a folyadékfázisú szerves kémiai szintézis jelentős fölénye ellenére a múltban nem tudott és ma sem tud a szilárd-szilárd mechanokémia segítségével minden szerves molekulát hozzáférhetővé tenni.

Annak ellenére, hogy a mechanokémiát, vagy annak régi, mozsárdörzsölős változatát már több ezer éve felfedezték, csak szerves kémiai reakciók esetében alkalmazták. A szerves kémiai szintézis mechanokémiai lehetőségét csak a 20. század végén kezdték kiaknázni, viszont azóta rendkívül sok új szerves kémiai molekula mechanokémiai szintézisét valósították meg. [17]

**Köszönetnyilvánítás.** A szerző ezúton szeretné megköszönni Keglevich Györgynek a dolgozat jobbítása érdekében tett észrevételeit és javaslatait.

### IRODALOM

- [1] K. C. Nicolaou, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2013) 52, 13.
- [2] K. C. Nicolaou, E. J. Sorensen, *Classic Total Synthesis*, VCH, New York, 1996.
- [3] N. V. Dighe, *Pharmlet* (2010) 2, 318.
- [4] R. B. Woodward et al., *J. Am. Chem. Soc.* (1954) 76, 4749.
- [5] <https://chemistry.stackexchange.com/questions/16944/how-many-unique-molecules-exist-and-how-many-exist-only-by-synthesis>
- [6] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/bmc/articles/bmc389854/figure/rspa20130690f1>
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/tetrahedrane>
- [8] K. C. Nicolaou, *Proc. Math. Phys. Eng. Sci.* (2014) 470, 20.
- [9] L. Takács, *J. Minerals, Metals, Materials Soc.* (2000) 52, 12.
- [10] Bakó P., Sallai P., Bodor S., Makó A., Keglevich Gy., *Magy. Kém. Lapja* (2005) 60, 56.
- [11] N. R. Rightmire, T. P. Honusa, A. I. Rheingold, *Org. Metall.* (2014) 33, 5952.
- [12] V. Štrukil, D. Gracin, O. V. Magdysyuk, R. E. Dinebier, T. Friščić, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2015) 54, 1.
- [13] Y. X. Shi, K. Xu, J. K. Clegg, R. Ganguli, H. Hirao, T. Friščić, F. Garcia, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2016) 128, 12932.
- [14] A. Stolle, *Technical Implications of Organic Synthesis in Bowl Mills*. In: *Bowl Milling Toward Green Synthesis, Applications Projects Challenges*. A. Stolle, B. C. Ranu (eds), RSC Green Chemistry, 2014.
- [15] H. Komatsu, Y. Murata, *J. Synth. Org. Chem. Jpn.* (2004) 62, 1138.
- [16] S. J. Kim, S. R. McAlpine, *Molecules* (2013) 18, 1111.
- [17] G-Wu Wang, *Chem. Soc. Rev.* (2013) 42, 7668.
- [18] S. Zhu, F. Li, G-Wu Wang *Chem. Soc. Rev.* (2013) 42, 7535.
- [19] G-Wu Wang, *Fullerene Mechanochemistry*, *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, H. S. Nalwa (ed.) vol. 3. American Science Publishers, 2003, 1–9.



5. ábra. Mechano-kémiásan szintetizált lehetetlen molekulák: a, b) trisz(allil)alumínium-komplex [11], c) aril-N-tiokarbamoilbenzotriazol [12], d) szterikusan „lehetetlen” adamantoid foszfazán [13]



# magyar kémikusok lapja

55. ÉVFOLYAM 2. SZÁM, FEBRUÁR

## Pavláth Attila, az Amerikai Kémiai Társaság 2001. évi elnökének nyilatkozata lapunk részére

Januári számunkban hírt adtunk róla, *Pavláth Attila* lett az USA-ban 1999. november 15-én lezárult szavazásos elnökválasztás győztese, az Amerikai Kémiai Társaság (ACS) 2001. évi elnöke és egyben Igazgató-tanácsának tagja a 2000-2002. években. Első angol nyelvű megkeresésünkre magyarul válaszolt, és többek között a következőket írta: „Az ACS a világ legnagyobb tudományos egyesülete. Az a tény, hogy egy magyar fogja az egyesületet a 21. századba bevezetni és új irányzattal, remélhetőleg ad megint a mi kis országunk hírnevéhez.” Most közze tesszük lapunk részére eljuttatott nyilatkozatát.

*Pavláth Attila* az USA Mezőgazdasági Minisztérium Nyugati-régió Kutatási Központjában (Kalifornia, Albany) vezető kutatóvegyész. Iskoláit Magyarországon végezte, a BME-n szerzett vegyészmérnöki oklevelet 1952-ben, majd az MTA-n vegyész-kandidátusi fokozatot. Magyarországot 1956-ban hagyta el, és a montreali (Kanada) McGill Egyetem kutatója lett. 1958-ban belépett a richmondi (Kalifornia-USA) Stauffer Vegyigyár Nyugati Kutatási Központjába, majd 1967-től jelenlegi munkahelyére, ahol különböző kutatási projektek vezetője.

A fluorkémia egyik elismert korai úttörője, e témában nagyszámú – részben *Oláh Györggyel* közös – közleménye jelent meg. Az elektromos kisülés egyik első szerves kémiai alkalmazója. A mezőgazdasági termékek alternatív energiahordozóként történő felhasználásának egyik kutatási vezetője. Legújabb kutatási területe a mezőgazdasági termékek (szénhidrátok, zsírok, proteinek) hasznosítása nem élelmezési célra. Hosszú munkássága során textil-kémiával is foglalkozott.

A fenti területek nemzetközileg elismert szakértője több mint 100 tudományos közleménnyel, 25 szabadalommal, 3 könyvvel és számos könyvfejezettel és beszámolóval. Nagyszámú előadást tartott az egész világon. Négy nyelven beszél. Három alkalommal választották be az ACS Igazgatótanácsába.

*Pavláth Attila magyar nyelvű nyilatkozata lapunknak:*

„Negyvenhárom éve, hogy a körülmények arra kényszerítettek, hogy elhagyjam Magyarországot. Sokan voltunk, akik hasonló elhatározásra jutottunk, de ez nem jelenti azt, hogy elfelejtettük volna szülőföldünket. Termé-

*szetesen mindnyájan nagyon hálásak vagyunk új hazánknak, amely lehetőséget adott egy új élet kezdésére, amit lojalitásunkkal fizetünk meg, de a legnagyobb sikereink között sem felejtettük el, hogy honnan indultunk el.*

*Hogyan kerül valaki egy ausztriai menekült táborból az Amerikai Földművelődésügyi Minisztérium kutatási osztályvezetői székébe? Hogyan lesz egy kis ország vegyész-mérnökéből a világ legnagyobb tudományos egyesületének elnöke? Erről hosszú oldalakat lehetne írni, de ez nem egyedüli eset. Az elmúlt évtizedek során beutaztam a világot és a legvalószínűtlenebb helyeken akadtam össze magyarokkal, akiknek a sikeres eredményei büszkeséget keltenek Magyarországon.*

*Megválasztásom előtt már kilenc évig az Amerikai Kémikus Társaság (ACS) igazgatóságának voltam tagja. Mint az első és az egyedüli közép-kelet-európai származású igazgató különös figyelmet szenteltem arra, hogyan lehet segíteni azokat az országokat, amelyeket a fél évszázad politikai elnyomása elválasztott a szabad világtól. Ennek során kapcsolatokat alakítottam ki a Magyar Kémikusok Egyesületével, és ezt mint az ACS elnöke tovább akarom fejleszteni. Remélem, hogy a közeljövőben lehetőség lesz személyes találkozásra is az MKE vezetőivel.*

*A „webpage”-emről (<http://www.pavlat.org>) kitűnhet, hogy megválasztásom nem csupán a tudományos eredményeim következménye. Az egész világon komoly problémák merülnek fel a kémiával kapcsolatban. A választások során mindig azt mondtam, hogy „We are all in this together”, azaz mindnyájunkat érintenek a problémák, és „It's time for a change”, azaz meg kell változtatni a módszereinket a problémáink megoldásához. Ez nem csupán az ACS-re vonatkozik, hanem az egész világra. Elnökségem alatt ezen a vonalon fogok dolgozni, amiben a Magyar Kémikusok Egyesületének segítségére is számítok.”*

*Kálmán Alajos, az MKE elnöke meghívta Pavláth Attilát Egyesületünk 2000. májusi közgyűlésére, hogy díszvendégként tartson előadást kutatómunkájáról.*

Rácz

# A változások évtizede

Rác László vegyész-mérnök, mérnök-közgazdász. Pályafutását a Dunai Finomítóban kezdte, ahol vezetői pozíciót is betöltött csakúgy, mint az Országos Kőolaj- és Gázipari Trösztben és a Mol különböző üzletágaiban; Mol-beli pályafutása utolsó évtizedében tanácsadói feladatokat látott el, és több nemzetközi szervezetben képviselte a céget. A Nemzeti Energiastratégia (2008–2030) tanulmányainak (közlekedési célú üzemanyagok és környezeti kihívások témában) társszerzője, a Műegyetem oktatója. A 2000-es évek elején szőlész-borász mérnöki diplomát is szerzett.

\*\*\*

2000 eleje és 2008 májusa között voltam az MKL felelős szerkesztője – visszaemlékezésem szerint izgalmas időszakban. 2000-től, az IB döntésével, az Egyesület tagjai az MKL-t térítésmentesen kapták, és a lap elektronikus szerkesztésre állt át. Szévtől a szerkesztőbizottsági elnöki és a felelős szerkesztői pozíció, az előbbi azóta is Szépvölgyi János tölti be. Az akkori szerkesztőségben Süli Erika titkárként, néhai Gál Miklós pedig olvasószerkesztőként végzett odaadó munkát.

Néhány honfitársunkat Nobel-díjra jelölték, ketten külföldön lettek kémikus egyesületek vezetői (munkásságukról közleményekben emlékezünk meg). A 2019 júniusában, 77 évesen elhunyt Fráter György professzor a Svájci Kémikusok Egyesületének elnöke volt 2004 és 2010 között. Tisztelettel őrizzük emlékét.

2020 márciusában töltötte be 90. életét Pavlath Attila kutatóprofesszor, aki az Amerikai Kémiai Társaság (ACS) elnöke volt 2001-ben. AZ MTA külső tagja 2004-től, az MKE örökös tagja, 2009. évi Fabinyi Rudolf-érmese, az Amerikai Kémiai Társaság magyar tagozatának tiszteletbeli örökös elnöke. Bő fél évszázados ACS-munkásságát – amelynek egyik eleme a kémia népszerűsítése, például a majdnem negyven nyelvre lefordított *A kémia mérföldkövei* című poszterkiállítás – az ACS 2019-ben az általában két évente adományozott Charles Lathrop Parsons-éremmel ismerte el. Jó egészséget, sok örömet kívánva tesszük ismét közzé az ACS-elnökké választása alkalmából készült korábbi interjút.

R. L.

## The Elements of Art – Color Matters

### Warming it Up

Warm pigments include red, orange, and yellow shades. These pigments commonly include both heavy metals like mercury, lead, and cadmium, and group 16 elements like sulfur, and selenium. Heavy metals have a high atomic number, atomic weight, and density – these properties are true for almost all of the transition metals.

**Fe** Iron

The oldest red pigment used in cave art was probably red ochre, also known as rust. Although the word “ochre” comes from the Greek “ochros”, meaning yellow, red ochre can be produced by heating yellow ochre (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>O) to drive off the water. Even the famous Michelangelo worked with these pigments, which now have synthetic copies named Mars Red and Mars Yellow – like their black sibling.

Chinese lacquer box

**Hg** Mercury

The most outstanding red – at least until the 19<sup>th</sup> century – was mercury sulfide (HgS), also known as cinnabar or vermillion. Red paint was produced by grinding the cinnabar mineral into a very fine powder, and mixing it with liquids. Thanks to its wonderful red color, vermillion was widely used as a pigment on monastic murals and baroque paintings. Unfortunately, it was found that vermillion darkens on reaction with air under exposure to light.

**Cd** Cadmium

Cadmium red (CdSe) came to fill in vermilion's place. Cadmium compounds have a really broad hue range, including yellow, orange, and red. At first it was used as cadmium yellow (CdS), but with some selenium added in place of sulfur – which are the part of the same group – it can be made into various colors. Red is an extremely dominant color, which is why artists like it so much, even though it is one of the most expensive pigments. Like in the case of mercury, it was later found out that the cadmium pigments react with air, and fade over time.

**As** Arsenic

Orpiment and realgar, two sulfur compounds of arsenic, were used by the ancient Egyptians to create bright yellows, gold, and reds. Realgar was the only naturally occurring pure orange pigment until modern times. On the other hand, the fine powder of orpiment has a bright yellow color with golden sparkles.

**Cr** Chromium

Another deep orange mineral called crocoite is a natural form of lead chromate (PbCrO<sub>4</sub>). Lead chromate makes orange yellow and rich orange pigments, known to artists as chrome yellow and chrome orange. Chrome orange became the first pure orange pigment since the medieval use of realgar. Replacing the toxic lead with other metals, we can get safer alternatives like lemon yellow: barium chromate (BaCrO<sub>4</sub>) or strontium chromate (SrCrO<sub>4</sub>).

Crocoite mineral

**FUN FACTS**

Did you know that the yellow color of American school buses has its own name? It is called “National School Bus Chrome” - yes, because it contains chromium.

When you watch a movie and there is a bloody scene, then there is a big chance that iron is the main character. If iron (III) chloride reacts with potassium thiocyanate it forms iron (III) thiocyanate, which has a similar color to blood.

Chinese lacquer box Photo © Abby VanHeulen CC BY 3.0  
Crocoite mineral Photo © Jürgen Popp (Public Domain)  
American school bus Photo © Michael G. Cox, L.R.

### I. ENERGIELLÁTÁS ÉS KÖZLEKEDÉS

**Kronológia**

- 1832 A háztartásokhoz az első szétválasztási erőművek szolgáltatnak elektromos áramot.
- 1844 A német Gottlieb Daimler megépíti az első benzinnel működő szikragyújtású, dugattyús motoros felszerelt autót.
- 1902 Aszfalt burkolatú utak építése.
- 1913 A szénhidrogének termikus krakkolással (a molekulák hő hatására történő lánccszakadása) nő a kőolajból nyerhető benzén mennyisége.
- 1921 Thomas Midgley Jr. ólom-tetraetil alkamizs kopogóságiro adalékanyagként előállítására kezdi használni.
- 1936 A francia Eugene Houdry kidolgozza a szilícium katalitikus krakkolással történő nagy oktánszámú benzén előállítására.
- 1946 Az amerikai BF Goodrich cég kifejleszti az első fém-nyelű gumibroncsot.
- 1949 Kifejlesztik a miniatúr alkálietemet.
- 1954 Üzembe helyezik az első szilícium alapú napeletemet.
- 1958 Bemutatkozik a Boeing 707, mely megváltoztatja az egész légi közlekedést.
- 1970-es években kifejlesztik az ólommentes benzint, és elkezdik betiltani az ólmozottat.
- 1975 Számos autópályára katalizátort építenek be.
- 1980-1990 Elterjed a lítium-ionos akkumulátorok alkalmazása a mobiltelefonokban és a laptopokban.
- 1981 A Columbia űrepülő a világ első újrafelhasználható űrepülője.

### II. INFORMÁCIÓÁRAMLÁS ÉS KOMMUNIKÁCIÓ

#### II. 2. Számítástechnika

**A számítógépek fejlődése**

A végzetlen tudomány területén a számítógépek forradalmát az folyamatosan előrelépő, hogy a számítógépek gyorsabb feladatvégzésre és olcsóbbá válnak. Az első számítógépek 1930-ban mutatkoztak fel, és azóta is fejlődnek. Az 1940-es években kezdte elterjedni a programozható számítógépek, az ENIAC, és 1950-ben mutatkoztak fel az első mikroprocesszorok. 1971-ben az Intel cég bemutatta a népszerű 8080 4-bites mikroprocesszort, amelyet fogyasztói használatra szántak. Ezzel az idővel a személyi számítógépek piacának robbanása is. Ma a fejlesztések számos területen folytak tovább (transzisztork, szilícium chippek, integrált áramkörök, aszinkron csatlakozók és kábelvezetők).

**Felvezető-technológia**

A szilícium alapú félvezető technológia, hogy a félvezető tulajdonságokkal rendelkező szilíciumot és germaniumot így alakítsák át, hogy azokba töltődjenek be elektronok a megvezetéshez, kizárásuk és hirtelensége. A félvezetők az anyagok egy olyan csoportját képezik, amelyeknek a vezetőképessége (a félvezetői vezetőképesség) a hőmérséklet növekedésével nő. Ezeket a félvezetőket oly módon kezelik, hogy elektronhiányt vagy többletet hozzanak elő bennük. A számítógépek chipjeit és az integrált áramköröket félvezetőkből készítik. A félvezetők lehetővé teszik az elektronikus áramkörök kicsinyítését, működésük garantálását, és a energiatakarékosságuk növelését. A félvezetőiparban kémikusok dolgoznak az új anyagok, minőségellenőrzés, új eljárások optimalizálásán, a fejlesztésen és az új eszközök mikroelektronikai eszközeiben.

**Szilícium chippek és integrált áramkörök**

1947-ben John Bardeen, William Shockley és Walter Brattain közösen bemutatták, hogy a szilíciumon keresztül egy elektronikus áramkör előállítására lehet vezetni. A szilíciumot az integrált áramkörök és a mikroprocesszorok fejlesztése lehetővé tette a mai nagy sebességű, hatékony számítógépek megalkotását. A szilícium chippek (1961) tranzisztorkból, ellenáramú tranzisztorkból és a memóriákból állnak, amelyekkel régebben szilícium lemezekre építették, majd egy szilíciumos keret segítségével vették át. 1970-ben az első szilícium alapú integrált áramkör (félvezető) készült, ami egy olyan elektronika eszköz, mely sok tranzisztort és más elektronikus elemeket tartalmaz. Az 1980-as években a számítógépekben is integrált áramköröket alkalmaztak.

A Periódusos Rendszer Nemzetközi Évében Pavlath Attila kezdeményezésére a Szegedi Tudományegyetemen jött létre újabb, szintén több nyelvre lefordított poszterkiállítás.



Kéki Sándor<sup>1</sup> – Lelik László<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Alkalmazott Kémiai Tanszék

<sup>2</sup> Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

# Cornides István (1920–1999), a hazai tömegspektrometria megteremtője



CORNIDES ISTVÁN

**N**ehéz egy írást elkezdni arról az Emberről, aki sokoldalúságával és mindennapjaival sok-sok élményt nyújtott életében nemcsak nekünk, de szerte a magyarok lakta területeken élő embereknek.

Nekem (L. L.) ilyenkor mindig az az emlék tolu elő, amikor kandidátusi disszertációm bírálatakor Erika írógépén leírta, hogy „a dolgozat meglepően kevés *gépelelési* (kiemelés tőlem: L. L.) hibát tartalmaz” (a bírálat azóta is féltett kincs számomra).

Ki is volt Cornides István, mindenki Pista bácsija?

Cornides István apai részről az erdélyi Kornis nemesi család egyik kismemesi ága, míg anyai ágon a Borcsányi nemesi család leszármazottjaként 1920. december 7-én született a felvidéki Komjátón.

Az I. világháború utáni, viharokkal tűzdelt időszakban, ahogy azt Cornides István többször is nyilatkozta, még magyar állampolgárként született az akkori Magyarország Nyitra vármegyéjében. Magyar állampolgársága annak volt köszönhető, hogy a trianoni békeszerződés hatálya lépésére, a születését követő évben, 1921-ben került sor.

Életútját és pályafutását, az oktatás és a kutatás iránt érzett elkötelezettségét és hivatásszeretetét alapvetően meghatározta választásos neveltetése, a szülők és a nagyszülők példamutatása, ember- és hazaszeretete. Révkomáromban a Bencés Gimnáziumban érettségizett.

Cornides István gimnáziumi éve alatt kiváltképp a történelem iránt érdeklődött, tudásvágyából fakadóan végigolvasta az anyai nagyapja könyvtárában található „Magyarország városai és vármegyéi” című teljes könyvsorozatot. A történelem mellett, középiskolai bencés tanárának, Hidro Bonifácnak köszönhetően, egyre jobban és mélyebben érdeklődött a matematika és általában a természettudományok iránt. [1] A Felvidék visszacsatolása után a Pázmány Péter (a későbbi Eötvös Loránd) Tudományegyetem matematika-fizika szakos hallgatója és 1942-ig az Eötvös Kollégium tagja lesz.

Munkabírása, elméleti és gyakorlati problémák megoldása iránti fogékonysága már fiatal éve alatt megnyilvánultak. 1942-től a Gyakorlati Fizikai Intézetben a később Nobel-díjjal kitüntetett Békésy György (1. ábra) munkatársa,



1. ábra. Békésy György

díjtalan tanársegéd, ahogyan írta, „afféle előtornász, akinek a tanár megmutatja az új fogásokat, hogy adja tovább és gyakoroltassa be a többiekkel”. Békésy György ekkor dolgozza ki az egyetem számára a kísérleti és gyakorlati fizika korszerű tanításának koncepcióját és kezdi meg annak bevezetését. Ehhez választja munkatársaként Cornides Istvánt (demonstrátorként). [1,2]

Tehetségének, kitartásának és – mai szóhasználattal élve – innovatív gondolkodásmódjának köszönhetően kulcsszereplője lett a Békésy-féle fizika-tantárgyreformnak, amelynek elindításában és végrehajtásában oroszlánrésze volt, az új, modern gyakorlat-orientált fizikai laboratóriumi gyakorlatok megvalósításával és bevezetésével. Az e területen végzett munkája elismerését mi sem bizonyítja jobban, mint a nem éppen dicséretosztogatásairól ismert Békésy Györgynek Cornides Istvánhoz intézett következő mondatai: „Tudja, most már azt kell mondanom, hogy ez a tanszék, a fizikaoktatás kezd hasonlítani arra, amit elképzeltem. És ebben magának is része van.” [1] Cornides István demonstrátori, illetve gyakorlonoki tevékenysége a II. világháború viharos időszaka kára esett, és még e nehéz időkből is Békésy György közbenjárására sikerült elkerülnie a katonai szolgálatot egészen 1944 októberéig. A nyilas hatalomátvételt követően, Békésy katonai szervekkel való kapcsolatának megszűnésével, Cornides István „védettsége” is szertefoszlott, így még ez évben megkapta a behívóparancsot egy kárpátaljai honvéd hegyivadász zászlóaljhoz. Angol hadifogságot követően, 1946-ban térhetett haza. Azonnal munkához látott a budapesti tudományegyetemen, azonban ekkor már egykori professzorával nem találkozhatott. Békésy, Cornides érkezése előtt egy nappal, már elhagyta az országot. Békésy ajánlásával rögtön elkezdett labort vezetni korábbi tanszékén. Az 1948-ban kezdődött tisztogatások miatt jelentkezett fizikatanárnak a ciszterci rend Feneketlen-tó melletti Szent Imre Gimnáziumába is.

Az 1946 és 1956 közötti időszakban politikai hullámokkal, intoleranciával és sokszor inkompetenciával átszótt környezetben folytatta azt a munkát, amelyet korábban elkezdett, méltó folytatásaként Békésy szellemi örökségének. [1–3]

Az 1950-es évek elején kapcsolódik be az akkor még Magyarországon új területnek számító tömegspektrometriai kutatásokba, és ettől kezdve e terület meghatározó szerepet játszik Cornides István további szakmai pályafutásában. Korai tömegspektrometriás munkái közül kiemelendő a rádiófrekvenciás (RF) tömeganalizátorok elméleti leírása az optikai rács analógiája alapján, [4] valamint az RF-analizátorok felbontóképességének javítása és



## VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

alkalmazása izotópok szétválasztására. [5] Bár egyetemi pályafutása folyamatosan borotvaélen táncolt, mégis ebben az időszakban építette meg az első magyar tömegspektrométert, amelynek felbontása 120 volt. Ekkor – a felbontóképesség további javítása érdekében – elkezdett foglalkozni az „energiamodulációs tömegspektrométer” matematikai elméletével. [4]

Míndeközben összetűzései voltak az egyetemi vezetőkkel „eretnek” javaslatai miatt. Például – a nélkülözhetetlen és nagyon fontos orosz nyelvi oktatás mellett – javasolta az angol nyelv oktatását is a szakirodalomra hivatkozva, azonban ez olyan felháborodást váltott ki, hogy hamarosan ávósok kezdtek faggatni az angol titkosszolgálatral való kapcsolatairól. [1]

Folyamatosan tiltakozott a tisztogatási akciók ellen, amelyek során hallgatókat távolítottak el az egyetemről, hogy ezzel megfélemlítsék a többieket. 1954-ben a Természettudományi Kar pedagógus szakszervezetének a sportfelelőse lett, majd a TTK Haladás sportkör elnöke. 1957-ben – már választás útján – az újjáalakuló BEAC elnöke. „1956-ban azután, amikor megválasztottak a Természettudományi Karon a forradalmi bizottság elnökének, ezekből a fiúkból alakult meg a testőrségem. Segítségükkel sikerült megóvnunk a Természettudományi Karunkat.” [\*]

Az 1956-os forradalom alatt az Eötvös Egyetem Természettudományi Kara Forradalmi Bizottságának elnökévé választják, nem kis vita után. Október 22-én érkezik haza Prágából, ekkor értesül róla, hogy másnap elmaradnak az órák, mert nagygyűlés lesz a Gólyavárban. Ezen sokan a radikális fellépést követelték, azonban Pista bácsi az egyetem eszközeinek megőrzését és az oktatás mielőbbi újraindítását szorgalmazta: „Ezért mindenkit arra kértem, ne ragadtassa magát semmiféle oktalán és értelmetlen cselekedetre.” [\*]

A vitát követően – Lengyel Béla rektorhelyettes javaslatára – megszavazták a forradalmi bizottság elnökének. „Jó kapcsolatban álltam a hallgatókkal, az egyetemi sportklub, a TTK Haladás elnökeként jól ismertem kosarasainkat és futballistáinkat. Úgy 30–40, colos gyereket rögtön beállítottam kapuórságba, beosztottam az egyetem területén belüli rendfenntartásra.” November 9-én összehívta a csapatot: „megköszöntem nekik, hogy ilyen odaadással őrizték az egyetemüket, és hazaküldtem őket”. [\*]

A forradalom leverését követően a dékán – figyelembe véve, hogy a Természettudományi Karon mindössze egyetlen ablakbelevés történt – kormánykitüntetésre akarta felterjeszteni, azonban az irigység és a féltékenység közbeszólt: egy feljelentést kreáltak ellene, amit igyekeztek hamis papírokkal alátámasztani. Ennek következtében az 1956-os eseményekben való részvételéért előzetes letartóztatásba helyezik, és „halmazati büntetesként” a felsőoktatásból és általában mindennemű szellemi munkavégzésből kirekesztik, így ezt követően nem végezhetett, csak fizikai munkát. Az 1957 és 1964 közötti időszakban azonban csak mű-

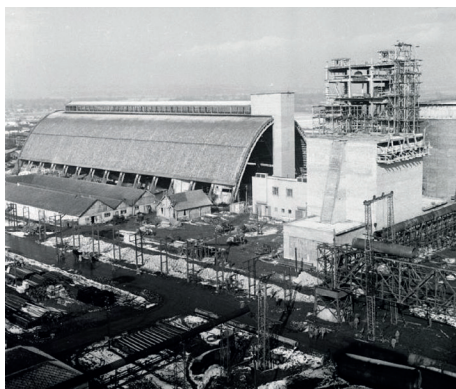
szerésként tudott elhelyezkedni az akkoriban a szocialista nagyüzemek zászlóshajójának számító Borsodi Vegyi Kombinátban (2. ábra) (BVK, ma BorsodChem Zrt.). Szerencsére az utóbbi „büntetésen” az évek folyamán „puhítottak”, így később lehetővé vált számára, hogy oktatóként a felsőoktatásban is részt vehessen.

A BVK-ban elvégzendő műszerési feladatok nem álltak távol tőle, hiszen korábbi munkahelyén a gyakorlati fizikai laboratórium műszeres háttérének biztosítása és karbantartása is a felügyelete alá tartozott. Ebben az időben azonban a „szellemi” áttörést a BVK akkori vezérigazgatójának megbízása hozta meg számára, aki a termeléshez szükséges korszerű analitikai módszereket, műszeres technikákat, de elsősorban a tömegspektrometriát szerette volna adaptálni, és ebben nagymértékben számított Cornides Istvánra. Cornides ekkor jelezte a vezérigazgatónak, hogy a fennálló eltiltás miatt csak fizikai munkát végezhet, mire a vezérigazgató így felelt: „Nem érdekes, különben is fizikus, fizikai munkás majdnem ugyanúgy hangzik.” [1] A BVK-ban Cornides István egyértelműen bizonyította, hogy nemcsak kiváló fizikus, de a vegyészet sem áll távol tőle, és képes komoly technológiai problémák megoldására, amint azt „éles” helyzetekben többször is demonstrálta. Az egyik ilyen súlyos technológiai probléma az ammóniaszintézis során keletkezett a BVK-ban, amely a termelés teljes leállításához vezetett. Cornides a szintézishez felhasznált és keletkezett gázminták tömegspektrometriás vizsgálatával meggyőzően kimutatta, hogy a technológiai probléma okozója az argon nem várt feldúsulása a reakcióelegyen. Cornides eredményeinek figyelembevételével a technológiai „gyengeséget” kiküszöbölték, így az üzem a későbbiekben már problémamentesen működött. Eredményei arra is ösztönözték, hogy az argon oldhatóságát folyékony ammóniában részletesebben is tanulmányozza és a vizsgálati eredményeket publikálja. [6] Tömegspektrométerével (amelyet úgy csempészték be az országba egy dán halkereskedő segítségével, aki Brémában vásárolta, Trieszten és Prágán keresztül juttatta el Budapestre) ezután nagyon sok szép további mérési eredményt sikerült elérnie, amelyeket Schulek Elemér is örömmel fogadott.

Kandidátusi disszertációja, amelyet 1968-ban védett meg, szintén ilyen gyakorlati, ipari feladatokhoz kapcsolódó tudományos eredményekre épült. A védelem után odajött hozzá Simonyi Károly, aki tagja volt ennek a bizottságnak: „Tudod, ezek a vegyészek nagyon rendesek veled. A bizottság döntésébe azt is beleírták, hogy javasoljuk, minél előbb adja be a doktori disszertációját.” Ezt egyébként sohasem nyújtotta be.

Az üzemben végzett kiváló munkájának, elismert problémamegoldó képességének és nem utolsósorban az oktatás iránti el-

3. ábra. Kazincbarcikai Vegyipari Műszerezési és Automatizálási Technikum (<http://5165.partner.net-tech.hu>)



2. ábra. A Borsodi Vegyi Kombinát (BVK) kazincbarcikai telephelyének részlete 1955-ben (Fortepan/Kotnyek Antal)





kötelezettségének köszönhetően a Nehézipari Minisztérium engedélyével ebben az időszakban már taníthatott a Kazincbarcikai Vegyipari Műszerezési és Automatizálási Technikumban, amelynek egyik alapító tagja is volt (**3. ábra**) (későbbi nevén Miskolci Nehézipari Egyetem Vegyipari Automatizálási Főiskolai Kar). [3]

Cornides István „barcikai” diákokhoz fűződő viszonyáról sokat elárul a „Tíz éve már” című, feltehetőleg Cornides által „tollba mondott” és Kovács Béla, az intézmény egykori hallgatója által lejegyzett költemény [3] alábbi két versszaka is:

„Szerettelek titeket is »ifjú tanítványok«

Akkor is, ha nem ment mindig jól a »fizikátok«

Szerettem veletek a sportot űzni,

A természetet közösen »legyűrni«.

Gondoltok-e néha rám, volt »Barcikai Diákok«,

Mikor néha a közös múltra gondoltok?

No nem a fizikára, a »tanárra«,

Aki a »tantárgyat« más »dimenziókban« is látta!”

1964-ben kinevezik egyetemi docensnek és megbízza a Miskolci Nehézipari Egyetem Fizika Tanszékének vezetésével, azonban 1966-ban, politikai okból, innen is távoznia kell. 1966-tól a Bányászati Kutatóintézet tudományos munkatársaként és az intézet Tömegspektrometriai Laboratóriumának vezetőjeként dolgozott 1985. évi nyugdíjba vonulásáig. Oktatás iránti elkötelezettsége, tanári elhivatottsága és szülőföldje iránt érzett szeretete is arra készítette 1968-tól kezdődően, hogy aktívan részt vegyen a fizika- és kémiatanár szakos hallgatók oktatásában a Nyitrai Pedagógiai Főiskolán, majd az ebből átszervezett Konstantin Filozófus Egyetemen. A rendszerváltás után a szlovák kormány lehetővé tette számára, hogy vendégprofesszorként hivatalosan is itt taníthasson. Cornides István vallotta, hogy a kutatás az oktatás szerves részét kell, hogy képezze, színvonalas modern oktatás pedig csak ott valósítható meg, ahol az oktatók az oktatott területük magas szintű művelői is egyben. Ennek megfelelően a Konstantin Filozófus Egyetemen tömegspektrometriás kutatócsoportot hozott létre, amely különböző összetételű, gázfázisú klaszterek képződésének és tulajdonságainak vizsgálatában ért el nemzetközileg is jelentős eredményeket. Összefüggést állapítottak meg például a periódusos rendszer III. csoportjában található elemek oxidjainak ( $M_2O_3$ ) kémiai tulajdonsága és az adott elemről (M) oxigén jelenlétében, elektromos kisülések hatására képződő klaszter-oxid-részecskék ( $M_xO_y$ ) száma között. [7] Ilyen típusú összefüggések feltáráshoz nagy pontosságú tömegspektrometriás mérésekre volt szükség.

Az 1990-es évek elején a kutatók figyelme a fullerénekre és képződésük mechanizmusának felderítésére irányult. [8,9] A grafit magas hőmérsékletű párologtatásával (pl. plazmában) a jól ismert  $C_{60}$  és  $C_{70}$  mellett szénklaszterek sokasága képződik. Megválaszolatlan kérdés volt ez idő tájt, hogy a szénklaszterek asszociációs úton, a  $C_1$  és  $C_2$  egységekből állnak-e össze és/vagy a nagyobb szerkezeti egységek fragmentációja során képződnek gázfázisban. Cornides Istvánék a kérdés megválaszolásához ötletes kísérletet terveztek  $^{13}C$ -mal dúsított bárium-karbonát és normál grafit felhasználásával. [10] Vizsgálataik során megállapították, hogy a  $C_2$  egység a szénatomok asszociációjával képződik a plazmában, míg a nagyobb méretű szénklaszterek képződése asszociációs és fragmentációs utakon is megvalósulhat.

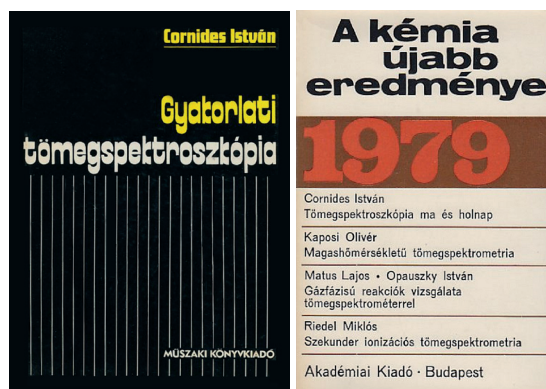
Cornides István és munkatársai kutatási területét felölelte még a kis molekulatömegű, relatíve nagy töltésű (3+) részecskék képződésének és tulajdonságainak vizsgálata tömegspektrometriás körülmények között. [11,12]

„1966-ban oxigénizotópos vizsgálatot kezdtünk el annak érdekében, hogy a klasszikus geológiai (litológiai-petrográfiai) vizsgálatok lehetőségein túlmenően nyerhessünk felvilágosítást érc-telerek keletkezési mechanizmusára vonatkozóan. Egyikünk (Kiss J.) elgondolásának megfelelően egy érc-telér adott harántszelvényén vett kalcitminták oxigénjének izotópelemzésével a képződési hőmérséklet változásáról kívántunk képet kapni, lehetővé téve ezáltal a telérképződés időbeli lefolyásának közelebbi megismerését.” [13]

Széles körű érdeklődését jól bizonyítja, hogy egyaránt foglalkozott a titán(IV) meghatározásával növényi mintákban, [14] csakúgy, mint az egrí gyógyvizek szervesen száraz maradékának tömegspektrometriás vizsgálatával. [15]

A különböző kutatásokban Cornides István 1999-ben bekövetkezett haláláig részt vett.

A tömegspektrometria és alkalmazása területén kifejtett munkásságát jól dokumentálja több mint 120 tudományos közleménye, összefoglaló, elemző cikke, könyvei és könyvfejezetei. Az 1975-ben megjelent *Gyakorlati tömegspektroszkópia* című könyve az első magyar nyelvű, tudományos igényességgel megírt tömegspektrometriai témájú szakkönyv, amelyet *A kémia újabb eredményei* sorozatban publikált, a tömegspektrometria jelenét és jövőjét bemutató könyvfejezete követett (**4. ábra**).



4. ábra. Cornides István tömegspektrometriai témájú könyvei

Cornides István, valamint Kovács Ádám és Szepesváry Pál kezdeményezésére alakult meg 1958-ban a Magyar Kémikusok Egyesülete Fizikai Kémiai, majd 1962-től az Alkalmazott Fizikai-kémiai Szakosztálya keretében a Tömegspektroszkópiai Szakcsoport, mely azóta is folyamatosan működik a hazai tömegspektroszkópusokat összefogó szervezetként. A 70-es évek elején a Szakcsoport egyesült a Magyar Kémikusok Egyesülete Analitikai Kémiai Szakosztályával. A Szakcsoport elnökei voltak: Cornides István (1958–1964, 1970–1984, örökös tiszteletbeli elnöke 1994-től), Opauszky István (1965–1969), Tamás József (1985–1989, 1991–1993), Kaposi Olivér (1989–1990), Horváth Gyula (1994–2007), Lelik László (2007–2019), Vékey Károly (2019–).

A Szakcsoport 1994-től, a Magyar Kémikusok Egyesülete elnökségének hozzájárulásával, MKE Tömegspektrometriai Társaság néven, az egyesület szakosztályaként működik.

Cornides István tagja volt az MTA Spektrokémiai Munkabizottság Izotópegeokémiai Munkabizottságának (1980-ig) és vezetőségi tagja a Magyar Kémikusok Egyesülete Analitikai Szakosztályának és az Alkalmazott Fizikai-kémiai Szakosztályának (1962-től).

Tagja volt a Japán Tömegspektroszkópiai Társaságnak (1976–1980), az International Scientific Committee of Mass Spectrometrynek (1980-tól), ez utóbbinak elnöke is (1992–1994). [16]



## VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Cornides István a tömegspektrometria nemzetközileg is elismert kutatójává vált, és ebből fakadóan számos konferencia felkért előadója és szervezője volt. Ezek közül kiemelendő, hogy 1988-ban a Bordeaux-i 11. International Mass Spectrometry Conference (IMSC) rendezvényén megszerezte az IMSC konferencia megrendezési jogát egy kelet-európai ország számára Budapesten. Az már a sors fintora, hogy erre 1994-ben kerül sor – a kelet-európai rendszerváltást követően –, amikor már mindenki azal a lehetőséggel akart élni, hogy szabadon utazhat nyugatra!

Ezzel együtt olyan – több mint ezer résztvevős – konferenciát sikerült szerveznünk (elnézést, de Pista bácsi volt a Szervezőbizottság elnöke, én pedig a titkára L. L.), amire a mai napig szeretettel emlékeznek a résztvevők (5–6. ábra).



5. ábra. Diskusszió a 13. IMSC kávészünetében. Balról jobbra: Prof. F. Rüdener (Bécs), Prof. V. Cserepin (Kijev), Cornides István, Riedel Miklós



6. ábra. A Budapesten megrendezett 13. International Mass Spectrometry Conference (IMSC) logója (Andor András munkája)

tem ezüstérmét. Itthon 1992-ben a Magyar Köztársaság középkeresztjével, míg 1994-ben Than Károly-emlékéremmel tüntették ki, majd 1997-ben neki ítélték oda a Náray-Szabó István-díjat.

Az ELTE 1990-ben rehabilitálta, és címzetes egyetemi tanári titlust adományozott részére.

Cornides István fizikusként, az ELTE Fizikai Intézetében töltött évei alatt, részt vett a vegyészképzés elindításában is, vegyészhallgatóknak laboratóriumi gyakorlatokat szervezett. Hallgatóként a csoportjába felvételt nyerni kiváltságnak számított. Olyan kiváló kutatók képzését segítette, mint Kálmán Alajos, Andy Grove, Nágel Ferenc, Opauszky István és Fehér István. Munkássága óta a tömegspektrometria fókuszpontja a fizika helyett



7. ábra. Cornides István emléktáblája az ELTE Aulájában

a kémia és a biokémia területére helyeződött át. Bár emlékét az ELTE Természettudományi Karán tábla őrzi (7. ábra), az ELTE Kémiai Intézete egy, a nevét viselő kutató-oktató laboratórium megalapításával is szeretne munkásságának méltó emléket állítani.

Cornides István öröksége napjainkban is tovább él: egykori alma matere, a mai Selye János Magyar Gimnázium évente megrendezi felvidéki és magyarországi diákok részvételével a róla elnevezett „Cornides István matematikai-fizikai emlékverseny”-t. [17] Cornides István özvegye minden tanév végén ösztöndíjat adományoz a részt vevő gimnáziumok évfolyamelső diákjainak. Itthon Cornides István munkássága előtti tisztelegésként a Magyar Kémikusok Egyesülete Tömegspektrometriai Társasága 2011-ben

8. ábra. A Magyar Kémikusok Egyesülete Tömegspektrometriai Társasága által alapított „Cornides István Tudományos Díj” emlékérmé (Albrecht Júlia alkotása)





– Müller Tibor javaslatára – megalapította a „Cornides István Tudományos Díj”-at [18] (8. ábra), amelyet a következő feltételekkel ítélnek oda: „A díjat a tömegspektrometria területén kiemelkedő eredményt elérő magyar kutató, oktató kaphatja. A kitüntetésre javaslatot az MKE Tömegspektrometriai Társaság vezetőségéhez lehet benyújtani. Az Emlékéremet az MKE Tömegspektrometriai Társaság Vezetősége évente ítéli oda. Az Emlékéremhez bruttó 1000 euró pénzjutalom társul.”

Az 1. táblázat a Cornides István Tudományos Díjjal 2011 és 2019 között kitüntetettek listáját mutatja be.

1. táblázat. A 2011–2019-es időszakban Cornides István Tudományos Díjjal kitüntetettek listája

Név	Odaítélés éve
Újszászy Kálmán	2011
Kéki Sándor	2012
Drahos László	2013
Czira Gábor	2014
Schlosser Gitta	2015
Szabó Pál	2016
Riedel Miklós	2017
Háda Viktor	2018
Bohátka Sándor	2019

Cornides István szakmai teljesítményét és szellemi örökségét közleményei, könyvei, egyetemi és főiskolai jegyzetei méltóképpen dokumentálják. Cornides Istvánnak, mint tanárembernek a hitvallását, azonban az 1993-ban vele készített interjú zárómunkái fejezik ki talán a legjobban [1]. Az utolsó kérdésre – „Az sem bántott volna, hogy diákjaid mit gondolnak rólad, ha 1956-ban megfutamodsz, és családdal felülsz arra a Nyugatra tartó teherautóra?” – azt válaszolta: „Látod, akkor többek között ez volt, ami visszatartott. Nagyon lesújtott volna, ha tanítványaim

csalódottan kérdezik: »Még ez az ember is megszökött? Akkor kibizhatunk?« Egy tanárnak minden körülmények között morális példát kell adnia. Nem cselekedhet másként”.

Cornides István, hosszú, türelemmel viselt betegség után, 1999. november 1-én hunyt el. Tanítványai nevében, Horváth Domokos fizikus e szavakkal búcsúzott el mesterétől: „Életedet a vak boszszú és a megtorlás kettétörte, de jellemedet, szellemedet nem tudták megtörni.”

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönjük özv. Dr. Cornides Istvánnak – Pista bácsi özvegyének –, hogy hűségese kísérője volt férjének Nyitratól Tokióig, és jelenlétével valamennyi Cornides Díj átadását megtisztelte. A szerzők köszönetüket fejezik ki neki a kézirat gondos átolvasásáért, hasznos megjegyzéseikért és tanácsaiért, amelyekkel segítette annak elkészülését. Hasonlóképpen köszönjük Riedel Miklósnak a szakértő és lelkiismeretes segítségét.

#### IRODALOM

- [\*] idézet Cornides Istvántól
- [1] Staar Gyula, Tudóssors Közép-Európában (Beszélgetés Cornides István fizikussal. 2.) Valóság (2007) 11, 93–113. <https://www.termvil.hu/archiv/interjuk/cornides2.html>
  - [2] Barna B. Péter, Cornides István 1920–1999. Fizikai Szemle (2000) 3, 95.
  - [3] <http://5165.partner.net-tech.hu/DOKUMENTUMOK—IRASOK/Cornides-tanar-urra-emlekezve>
  - [4] Cornides, I., Acta. Phys. Hung. (1955) 5, 471–482. <https://doi.org/10.1007/BF03156543>
  - [5] Cornides, I., A Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézetének közleményei (1956) 6, 527–532.
  - [6] Csekő, Gy., Cornides, I., Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry (1960) 14, 139–141. [https://doi.org/10.1016/0022-1902\(60\)80217-5](https://doi.org/10.1016/0022-1902(60)80217-5)
  - [7] Gál, T., Sidó, Sz., Cornides, I., Rapid Commun. Mass Spectrom. (1996) 10, 465–467. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0231\(19960315\)10:4<465::AID-RCM489>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0231(19960315)10:4<465::AID-RCM489>3.0.CO;2-1)
  - [8] Kroto, H. W., Heath, J. R., O'Brien, S. C., Curl, R. E., Smalley, R. E., Nature (1985) 318, 162–163. <https://doi.org/10.1038/318162a0>
  - [9] Kratschmer, W., Lamb, L. D., Fostiropoulos, K., Huffman, D. R., Nature (1990) 347, 354–358. <https://doi.org/10.1038/347354a0>
  - [10] Cornides, I., Morvay, L., Rapid Commun. Mass Spectrom. (1992) 6, 758–759. <https://doi.org/10.1002/rcm.1290061209>
  - [11] Cornides, I., Morvay, L., Int. J. Mass Spectrom. Ion Proc. (1984) 62, 263–268. [https://doi.org/10.1016/0168-1176\(84\)87112-8](https://doi.org/10.1016/0168-1176(84)87112-8)
  - [12] Morvay, L., Cornides, I., Rapid Commun. Mass Spectrom. (1992) 6, 339–340. <https://doi.org/10.1002/rcm.1290060505>
  - [13] Cornides I., Kiss J., Geonómia és Bányászat (1971) 4, 313.
  - [14] Cornides I., Pais I., Fehér D.-né, Kertészeti Egy. Közlem. (1975) 39, 213.
  - [15] Cornides I., Agyagási D., Gyógyfürdőügy (1978) 12, 9.
  - [16] <http://www.nepont.hu/view/9600>
  - [17] <https://ma7.sk/kozelet/oktatas/bisten-aldja-a-porat-is-cornides-istvannak>
  - [18] <http://ms.elte.hu/?lap=CornidesDij>

## Leonardo színeinek spektruma

Nemrég emlékezett meg a világ Leonardo da Vinci halálának 500. évfordulójáról. A kémikust talán az is érdekli, hogy milyen pigmenteket, festészeti technikákat alkalmazott Leonardo – veti fel Bernard Valeur, a színek szakértője, akinek írására [1] a következőkben támaszkodunk.

### Pigmentek

A reneszánsz festők tudták, hogy három alapszínből – kékből, vörösből és sárgából – mindenféle színt kikeverhetnek. A három pigment biztosan szerepelt Leonardo palettáján!

A pigmenteket akkoriban a patikus árulta. A kék rendszerint azuritból (bázisos réz-karbonáttól) származott. A természetes ultramarint (ez *lapis lazuli*-ből készült) ritkábban használták, mert sokba került, de mélyebb színt adott. A vörös lehetett például vörösocker (vas(III)-oxid vagy hematit), cinóber (higany-szulfid) és kármín (egy bífortetűből, a *Kermes vermili*-ből vonták ki). Az okker (vas-oxi-hidroxid vagy goethit) is megjelent a

reneszánsz palettán, de az ólom-ónsárga (Pb<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>) fényesebb volt (ezt PbO és SnO<sub>2</sub> keverékének hevítésével állították elő). Leonardo kedvelte a szerves (sáfrány, kurkuma) eredetű sárgákat is, mert ezek átlátszók voltak: a lazúrozáshoz használta őket (lásd később), hogy szebbek legyenek a zöldjei. Különösen a rézrozsdazöld (bázisos réz-acetát) játszott kiemelt szerepet a tájképek megfestésében. Sajnos, ez a pigment hajlamos a barnulásra.

A reneszánsz festők gyakran használták az ókor óta ismert ólomfehéret (ólom-karbonátot) – részben az alapréteghez, részben a többi szín világosításához. Az ólomfehér könnyen kimutatható röntgenspektrometriával, mert az ólom erősen abszorbeál a röntgentartományban: az egyenletesen világos réteg jó konzerválódásról tanúskodik, míg a sötét foltok a fehér pigment hiányát mutatják, amit változások idézhetek elő (például sérülések, vagy az idők folyamán magától levált a festék). Így derült ki, hogy a

<sup>1</sup> A pigment szó a latin pigmentumból származik: színezőanyagot jelent. A pigment nem oldódik fel abban a közegben, amelyben dispergálják.



1. ábra. Szűz Mária a gyermekkel és Szent Annával (vagy Szent Anna harmadmagával). Olaj, nyárfa táblán (168 x 130 cm). Leonardo 1501-ben kezdte festeni, és 1519-ben bekövetkezett haláláig nem fejezte be

*Mona Lisa* jól megőrződött, de a *Szent Annát* (1. ábra) számos változás érte. A fekete szín többnyire a szénfeketétől származott: ezt fa vagy csontok elszenesítésével állították elő. A barna esetében Leonardo „égetett zöld föld”-re utalt, amellyel a bőrre vetülő árnyékok festhette meg, de ezt a pigmentet nem találták meg a képein.

A festmények pigmentjeinek kimutatásához roncsolásmentes módszert használnak; ma már jól ismert a röntgenfluoreszcencia-spektrometria. Kifejezetten műtárgyak elemzésére épült a Louvre alatt működő AGLAE részecskegyorsító, amelynek ionyaláb-analitikai eszközeihez külföldi kutatók is hozzájuthatnak. Az ionsugaras vizsgálatok során a mintát gyorsított ionokkal bombázzák, és a kilépő reakciótermékeket elemzik. Ilyen termékek például a bombázás után szóródó ionok, a magreakciók révén keletkező részecskék, a fény-, röntgen-, gamma-fotonok.

Nálunk is vizsgálunk műtárgyakat nagyberendezéssel az Atomkiban és a Budapesti Neutroncentrumban, kisebb eszközökkel néhány múzeumban és kutatóhelyen.

## Vázlatok

A festmények infravörös reflektográfiával készült felvételein jól látható az „alárázolás”, a festék alatti vázlat.

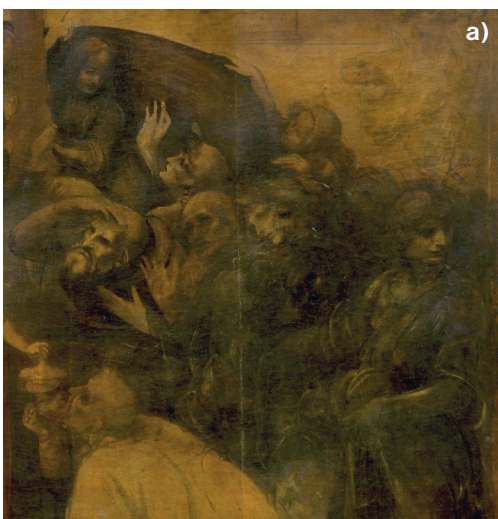
Amikor a reneszánsz festők felvázolták a kép részleteit a fehér alaprétgre, fekete anyagokat használtak: szénfeketét (faszenet) vagy mangánfeketét (mangán-dioxidot). Ezek a vegyületek erősen abszorbeálják az infravörös sugárzást (kb. az 1–2 mikrométeres hullámhossztartományban), míg a festékréteg pigmentjei általában kevés IR-fényt nyelnek el (nyilván a fekete pigmentek kivételével). Tehát a festményt megvilágító IR-fény jelentős része eléri az alaprétet, ahol csak a vázlat fekete pigmentjei nyelik el, és az alaprétet visszaveri. Az infravörös reflektográfia (amely a kép különböző pontjain méri az infravörös reflektanciát) felfedi a rajzot (2. ábra).

## Tempera és olaj

Leonardo kizárólag fára festett (pl. dióra, nyárra); vászonra csak vázlatokat készített. A fát előbb *gesso* (főként kalcium-karbonát és/vagy kalcium-szulfát) alapozóréteggel kenték le, de ő vékony ólomfehér réteget is használt, amely elfedte a *gessót*.

A Leonardónak tulajdonított festmények közül legelőször valószínűleg az *Angyali üdvözlés*et vizsgálták. Ez nyárfa táblára készült olajfestmény. Miután a flamand festők felgyorsították az olaj száradását, a firenzei festők körében is elterjedt az olajfestés a korábban népszerű temperatechnika mellett (amely a tojás – lecitinen – alapult). A temperának előnye ugyan, hogy mivel gyorsan szárad, viszonylag rövid idő alatt több réteg kerülhet egymásra, de éppen emiatt nem lehet vele sokáig dolgozni, „nedvesben festeni”. Az olaj száradásakor az oxigén jelenlétében bekövetkező térhálósodás miatt rugalmas film képződik. A flamand festők a lenolajat kedvelték, mert az olajok közül ez szárad a leggyorsabban. Kiderült, hogy még hamarabb megszárad, ha előbb órákon át főzik. Mivel könnyen besárgul, főzés után kitétték a napra fehéredni. Leonardo ólomfehérrel fehéřítette. Előfordult azonban, hogy temperát és olajat is használt, például a *Madonna szegfűvel* (1474–1476 k.) című képen.

Az olajfestékben döntő szerepet játszik a médium (festőszer): ez nemcsak a festék, a massa állagának beállításához szükséges



2. ábra. a) A Háromkirályok imádása (1481 körül) és b) az infravörös reflektográfiával készült kép részlete





hígítót tartalmazza (ami illékony anyag, gyakran terpentinszesz), hanem gyantákat is, amelyek szilárdságot és különleges optikai tulajdonságokat kölcsönöznek a színes rétegeknek. Leonardo számos természetes szerves anyaggal dolgozott: ahogy az eszközöket (lombikokat, retortákat) ábrázoló rajzai mutatják, főzéssel, desztillációval vonhatta ki őket. Arról keveset tudunk, hogy mit kevert a készítményeibe (nem is akarhatta nagydobra verni), de az írásaiban megemlíti, hogy a lenolaj vagy a dióolaj terpentinnel (gyanta) és terpentinszeszsel (amely az előbbi gyanta desztillációjából származik) keverve zsíros lakkot ad.

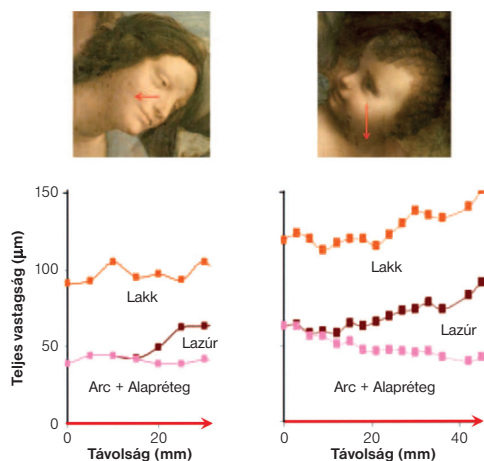
A festéket nyilván ecsettel viszik fel a hordozóra, de Leonardo képein gyakran láthatatlanok az ecsetnyomok. Feltételezik, hogy ezeket az ujjával „maszatoalta el”. A Vatikánban őrzött *Szent Jeromoson* is találtak ujjenyomatokat.

## A sfumato-technika

Leonardo kortársainak többsége kiemelte a megfestett személyek vagy tárgyak kontúrjait. Ő inkább elmosta ezeket a vonalakat, nála lágyabbak a fény és az árnyék közötti átmenetek: emiatt érezzük úgy, mintha fátyolos, füstös lenne a kép: innen ered a *sfumato* elnevezés. A sfumato-technika a flamand festők lazúrozási eljárásán alapszik. Lazúrozáskor egyetlen pigment kis mennyiségét diszpergálják a kötőanyagban (például a lenolajban), és ebből a híg szuszpenzióból vékony rétegeket visznek fel egymás után egy világos alapra. Az egymás fölötti rétegek miatt a szín sötétebb és telítettebb lesz (telítettebb annál, mint amit akkor kapnának, ha ugyanehhez a pigmenthez fekete pigmentet kevernének). Másrészt a világos alaprétegen keletkező diffúz reflexió olyan hatást kelt, mintha a színek a festékrétegek mélyéről mérülnének fel. A művészettörténeti hagyomány szerint egy itáliai festő, Antonello de Messine tanulta meg a lazúrozást, amikor Észak-Európában járt, és Itáliába visszatérve ő terjesztette el.

Hogyan mutatható ki a lazúr? A Francia Múzeumok Kutatási és Restaurálási Központjának munkatársai több festményt tanulmányoztak röntgenfluoreszcencia-spektrometriával. A **3. ábrán** látható, hogy a *Szent Annán* az arc világos részétől a sötétebb felé haladva egyre több vékony festékréteg helyezkedik el egymáson. A röntgenfluoreszcencia-spektrumok elemzésével meghatározható a festékek anyaga, koncentrációja, a különböző festékrétegek vastagsága, amely gyakran csak 1–2 mikrométer. A

**3. ábra. A Szent Anna (1. ábra) részlete. Szűz Mária és a gyermek arcát röntgenfluoreszcencia-spektrometriával vizsgálták több pontban, a piros nyilak mentén. Így mutatták ki a lazúrrétegeket a lakk és a festékréteg között [2]**



vizsgálat szerint az arcok színét ólomfehér, okker és cinóber keveréke adja. (Bár Leonardo híres a sfumatoról, nem használt mindig lazúrt, előfordult, hogy fekete festékekkel érzékeltette az árnyékokat.)

## Eredeti színek

A festményeken megjelenő sárgás, matt felületet a lakk öregedésével magyarázzák. A restaurátorok végtelenül óvatosan tisztítják, vékonyítják a régi lakkréteget, de nem távolítják el egészen, mert a restaurálás arany szabálya szerint sohasem szabad hozzáérni a pigmentekhez. A tisztítás után új lakkréteget visznek fel a képre.

A laktól azonban virtuálisan is meg lehet szabadulni, ha multispektrumú fotográfiával elemzik a festményt. Ilyenkor a kamera nagy felbontású CCD-érzékelője sok millió pontban detektálja a reflektancia-spektrumokat. A mért spektrumokat referencia-spektrumokkal hasonlítják össze. A referenciához számos olyan pigment szükséges, amelyet a festmény születésének idején használtak. A referencia-spektrumokat a tiszta és a mesterségesen öregített lakkal fedett pigmentekről is felveszik. A *Mona Lisa* „igazi” színeit multispektrumú fotográfiával állapították meg (**4. ábra**).



**4. ábra. A Mona Lisa. a) A Louvre-ban látható festmény multispektrumú kamerával felvett képe. b) A virtuális lakktávolítás után kapott kép, százmillió reflektancia-spektrum elemzése alapján [3]**

## A tökéletesség felé

Leonardo folyamatosan átdolgozta a képeit, amelyek száma húsz körül mozoghat, de néhány ismeretlen helyen „lappang”. Arra is törekedett, hogy a festési technikákat optikai hatások segítségével javítsa. A vékony lazúrrétegek átlátszósága miatt számíthatott a (néha színes) alaprétegről visszaverődő fényre. Talán az átlátszóság fokozása érdekében használt az évek folyamán egyre több üvegszemcsét: a kutatók kis mennyiségű mangánt tartalmazó apró, színtelen nátronüvegdarabkákat azonosítottak a *Szent Annában* és még inkább a *Keresztelő Szent Jánosban*. Ily módon a művészi kifejezés szolgálatába akarta állítani a tudományt – és azt mondják, a leglátványosabban a szín köti össze a tudományt és a művészetet, még inkább a kémiát és a művészetet. **sv**

## IRODALOM

- [1] B. Valeur: *L'Actualité chimique* (2020) 447, 6.
- [2] de Viguierie, L. et al.: *Angew. Chem. Int. Ed.* (2010) 49, 6125.
- [3] Elias M., Cotte P.: *Appl. Opt.* (2008) 47, 2146.



## Huszonegyedik századi betekintés a tudományokba

A 2020-as évben sok minden átkerült a virtuális térbe. Ezt a változást sejthette meg előre az Akadémiai Kiadó, amely már 2019 utolsó hónapjaiban elkezdte a *Betekintés* című ismeretterjesztő sorozat előkészítését. Az első nyolc kötet már elérhető a Magyar Elektronikus Referenciamű Szolgáltatás (MeRSZ) oldalain (<https://mersz.hu/betekintes/>).

A MeRSZ-en ma már 600-nál is több könyv található meg, jelentős részük az Akadémiai Kiadó korábban papíralapon is megjelent műveinek új, digitális kiadása. Ezekben sok olyan lehetőség nyílik meg, amely egy papíralapú vagy akár még konvencionálisabb elektronikus (epub, mobi, ...) formátumban is lehetetlen vagy nehézkes: a művekben keresőeljárások használhatók, jegyzetelhetők, bekezdésszinten hivatkozhatók, internetkapcsolattal bárhol hozzáférhetők, multimédiás elemeket és kattintható webes hivatkozásokat tartalmazhatnak és folyamatosan frissíthetők. A MeRSZ-en megjelenő könyvek is ISBN és DOI számot kapnak, illetve bekerülnek a Magyar Tudományos Művek Tárába.

A kizárólagosan elektronikus felületen publikálásnak persze vannak hátrányai is: csak számítógépen, táblagépen vagy mobiltelefonon olvashatók a könyvek, e-book-olvasón már nem. Nyomatott példány nem készül belőlük, illetve jelenleg még a

nagy elektronikus könyvforgalmazók (libri.hu, lira.hu, bookline.hu) oldalain sem lehet semmiféle utalást találni a művek létezésére. Ez azonban esősorban a terjesztését gátolja, nem a hozzáférést: a mersz.hu szolgáltatásra a magyar felsőoktatási intézményeknek központi forrásból van előfizetésük, s ennek kiterjesztése a közoktatási intézményekre jelenleg folyik. Természetesen egyénileg is bárki előfizető lehet.

A *Betekintés* sorozat alapvető célja, hogy az olvasót tömören és élvezetes stílusban bevezesse egy-egy szűkebb szaktudományba. A kötetek terjedelme nagyjából 150 könyvoldalnak felel meg. Elsősorban a szerzők élettapasztalatára alapozva, időnként fellálltan szubjektív módon érzékeltetik a terület lényegét, mélységét, összetettségét és fontosságát a közös emberi tudás szempontjából. A már megjelent nyolc kötet közül egyet a jelen írás szerzője jegyezte, erről alább olvashatnak ismertetést. A többi hét kötethez pedig kedvcsináló dióhéjban:

*Digitális bölcsészet. A szövegtől az adatig* című művében Maróthy Szilvia irodalomtörténész mutatja be, hogy a bölcsészettudományokban a hagyományközpontú gondolkodást az adatközpontúság váltotta fel, illetve egészítette ki.

*A Diaphoron. Különbözés. Rendhagyó betekintés a filozófia terébe* című kötetben Hévízi Ottó esztétorténész egy képzetes téren keresztül az egyetemes filozófia alapvető fogalmait és elképzeléseit ismerteti meg az olvasóval.

*Kalauz a modern könyvtárak világába. A könyvtárak új feladatai és megváltozott szerepük a XXI. század elején* című könyvében Kokas Károly, a Magyar Elektronikus Könyvtár (MEK) és az Elektronikus Információszolgáltatás (EISZ) egyik megálmodója avat be az ismeretek tárolásának gyorsan digitalizálódó világába.

*A Kalauz a nyelvészeti gondolkodáshoz* című műben Nádasy Ádám, a hangtan avatott szakembere ismerteti az emberi nyelvek általános sajátosságait, ezek feldolgozási módszereit, illetve összefüggését a gondolkodással.

*A Pillantás az ókortudományba*, Ritoók Zsigmond klasszika-filológus műve, azt tárgyalja, hogy az ókor tudományos igényű vizsgálata hogyan hatott és hat mind a mai napig az egyes korok közgondolkodására, illetve mi újat lehet mondani annyi évszázad után is erről a korszakról.

*Sakk? Patt! Stratégiai játszmák az immunitásban* című könyvében Falus András immunológus az immunrendszer működését mutatja be, s közben olyan, mára a hétköznapok részévé vált fogalmakat is szemléletessé tesz, mint a nyájimunitás és a citokinvihar.

*A Zöldgallytörés, avagy minden, amit a szótárírásról tudni érdemes* című könyvben Magay Tamás, a magyarországi szótárírás legnagyobb tekintélyű szakértője ad élményszerű betekintést a kétnyelvű szótárírás műhelytitkaiba.

Lente Gábor



## Szórakoztató molekulatudomány

Lente Gábor: *Ezeregnél is több molekula meséi*.

Akadémiai Kiadó, 2020, <https://mersz.hu/lente-ezeregnel-is-tobb-molekula-mesei>

Ez az év több szokatlan dolgot hozott az életünkbe. Ez a könyvismertetés is szokatlan lesz, abban az értelemben, hogy egy digitális kiadás megismertetésére invitál. Konzervatív olvasó lévén, a





szerző jóvoltából, a mű korlátozott számban megjelent nyomtatott változatát kaptam meg, így hagyományosan élvezhettem a szerző gondolataiban való elmélyülést.

Lente Gábor vegyész, a korábbi Kossuth Lajos Tudományegyetem (közös alma materünk) volt hallgatója, hajdani kedves kollégám és ma is barátom, a Pécsi Tudományegyetem professzora, az MTA doktora, a matematikai kémia nemzetközileg elismert kutatója.

Kedvtelésből, de nagyon komolyan vett kedvtelésből elkötelezett tudományos ismeretterjesztő, a Tudományos Újságírók Klubjának tudományos alelnöke. Rendszeres blogíró, ScienceBits blogja rendkívüli népszerűségnek örvend. (Csak melleleg jegyzem meg, hogy lapunk szerkesztőségének és szerkesztőbizottságának is tagja.) Ennyi bevezető után most már szólnak a könyvről is.

A szerző nagy fába vágja fejszójét, kivételesen személyes stílusban, képletek és egyenletek nélkül (gondoljuk el, a kémiában a közlés alapvető eszköze a képlet és a reakcióegyenlet), pusztán a szavak erejére támaszkodva vezeti be az olvasót a molekulák tudományába. Igaz, ehhez gyakran versidézeteket hív segítségül, hogy az alapvető fogalmakat, összefüggéseket tisztázza, melyeket a társtudományok képviselői is alkalmaznak és melyekkel a hétköznapi ember is nap mint nap találkozhat a híradásokból, a napi sajtóból. Ezekre volna szüksége ahhoz, hogy az elhangzottakat felfogja, a természet jelenségeit megértse, a szerzett ismereteket hasznosítani tudja.

A mű 7 fejezetében olvashatunk az ismeretszerzés lehetőségeiről (i), fókuszálva az információhoz való hozzáférés mai korszerű internetes módozatairól. A szerző a mindenki által szerkeszthető Wikipédia jelentőségét hangsúlyozza, amit el tudok fogadni (de le kell győzni az olyan gyermekbetegségeit, hogy ma még pl. a lángfestő fémionok között a Pb és a Zn is megtalálható). Aztán a kémiában használatos nevek következnek (ii); az elemek, vegyületek elnevezése, a CAS számok, az élelmiszerek összetevői között ma már feltüntetett, gyanúsán kezelt E-számok. Az ásványokról szóló fejezet (iii) különösen gazdag a mindennapokban hasznosan alkalmazható ismeretekben. Az arany kapcsán megtanuljuk a karát fogalmát. Ezután már senki sem fog bedőlni a Váci utcában a 26 karátos „perui aranyat” kínáló neppereknek. Sőt azon sem fog megütközni, hogy a karát súlymérték is: a drágakövek, elsősorban a gyémánt súlyát karátban mérik. Olvashatunk a vas- és alumíniumgyártásról, két legfontosabb szerkezeti anyagunkról, melyek előállításuk sajnos még az egyetemi záróvizsgákon is szokott néha problémát okozni. Szép emlékeket idéz fel a szerző a weliiczkaik (Lengyelország) és a hallstatti (Ausztria) természetes sóbányákról. Ezek után senki sem fog úgy viselkedni, mint néhány évvel ezelőtt a Magyar Rádió riportere, amikor egyik magas presztízsű éttermünk séfjét meginterjúvolva elismerően dörmögött azon a kijelentésén, hogy „én bizony sohasem használlok az éttermemben szintetikus sót, csak természetes”. A gázokkal kapcsolatos fejezet (iv) nagyon sok érdekességet rejtget. Itt is megmutatkozik a szerzőnek az a különleges ké-

pessége, ahogy gondolatait egymásba fűzi. Ebben a fejezetben például a gáztörvényektől és a levegő alkotórészeitől elérkezük addig, hogy miért lehetnek sportszerűtlene a nagy tengerszint feletti magasságon játszott nemzetközi futballmérkőzések, és hogy milyen lehetőségei lehetnek a földönkívüli életnek a Naprendszeren belül és kívül (ezzel szolgálva sci-fi-olvasmányaink vagy moziélményeink jobb megértését). A tűzről szóló fejezetben (v) az energiakérdést tárgyalja. A háztartási energiagondoktól (gazdaságos fűtés) eljut az üvegházhatású gázokig, és kiemelten szól a légköri szén-dioxid-koncentráció növekedésének problémájáról (a klímaváltozás-szkeptikusok túlhangsúlyozott hangjára is kitérve), az energiatermelés ipari szintű megvalósítási lehetőségéig, részletesen tárgyalva az atomenergia (maghasadás és -fúzió) hasznosításának módját és legfontosabb történeti eseményeit is. A fejezet végét a súlyos mondanivaló feloldásaként a *János vitéz* kezdősorai zárják: *Tüzesen süt le a nyári nap sugára / Az ég tetejéről a juhászbojtárra*. A Nap melegét és sugarát valóban egyfajta tűz okozza – jegyzi meg a szerző, és máris a régi elméletek meghaladásának és az új elméletek tudományos közönség általi elfogadtatásának problémájával foglalkozik az életerő (*vis vitalis*) elmélet kapcsán (vi). Majd ebből közvetlenül arra vált, hogy mi szükségünk van a környezettan szakos hallgatóknak a kémiára, hiszen ők éppen azt akarják rendbe hozni, amit a kémia elrontott a környezetben. Innen már csak egy lépés az az elterjedt nézet, hogy minden jobb, ami természetes, mint ami mesterséges. Példák sorát hozza arra, hogy az anyag ugyanaz, akár természetes eredetű, akár mesterségesen állítottuk elő. Hasonlóképpen véleményt nyilvánít a biokertészkedés bizonyos értelemben értelmetlen felmagasztalása ellen (mondván vannak a biokertészletben is használható növényvédő szerek, csak erről nem tudnak a felhasználók). A fatüzelés karbonsemlegesként való beállításával kapcsolatban is elmondja véleményét. Szemléletes példát ad a GMO-mentességre: a GMO-s búzafajból származó lisztben lévő anyagok is nagyrészt ugyanazon összetett cukrok és fehérjék, mint a GMO-mentesekben, és nagyon kevés bennük a nukleinsav, melyek összetételét a génmódosítás befolyásolhatja. Érvekkel alátámasztott véleményét az olvasó továbbgondolhatja, és maga is véleményt alkothat. Már ha van kedve gondolkodni. Remélem, a könyv olvasása kapcsán megjön a kedve hozzá. Az utolsó fejezet (vii) a kémia biológiai, gyógyászati hasznosságával foglalkozik. Ma ennek egyre növekvő jelentősége van, hiszen a számtalan gyógyszermolekulával beavatkozunk az élő szervezetben lejátszódó folyamatokba, hogy a működés során fellépő hibákat kijavítsuk, a rossz irányba menő változásokat helyreállítsuk. Lente Gábor példákkal illusztrálja a feleslegesen adott/szedett gyógyszerek (antibiotikumok) káros hatását (rezisztencia), és szól a ma oly népszerű, elsősorban a placebohatáson alapuló homeopátiás szerekéről. Ezek a gyógyítás eredményességének nagy veszélyforrásai közé tartoznak. Jó hír, hogy a homeopátiás szerek forgalmazásával kapcsolatosan az Európai Unió újabb intézkedéssel igyekszik rendet teremteni (lásd MKL, 2020, 294. oldal). Így például a jól ismert, influenzaellenesnek kikiáltott szer, az Oscilloccinum végre eltűnhet a patikák polcairól (legalábbis átalakul).

Ajánljuk ezt a könyvet azoknak, akik szeretnek olvasni és valamiféle affinitást éreznek a mindennapok jelenségei iránt, melyek ma telve vannak a természet dolgaival, és azokban jobban el szeretnének igazodni. Különösképpen ajánljuk a könyvet azoknak, akik kíváncsiak a tudomány emberének kreatív eszmefuttatásaira a kémia ürügyén.

Kiss Tamás



## Egy tanítvány emlékezése Bruckner Győzőre születésének 120. évfordulóján



Bruckner professzor úr negyven éve távozott el közülünk, azóta számos megemlékezésen hallhattuk szakmai és emberi nagyságát kollégáink által felidézve. Egy tömör életrajzi ismertetés után a tanítványként szeretnék olyan hajdani eseteket felidézni, amelyek mély nyomot hagytak bennünk, akik nála, „a Prof.”-nál tanultunk, közelében dolgoztunk, pár évig közelről láthattuk munkastílusát, amely az általa vezetett tanszékre még sokáig kihatott.

Bruckner Győző vegyészmérnök 120 évvel ezelőtt, 1900. november 1-én született a szepességi Késmárkon magyar állampolgárként. Az I. világháború után közvetlenül, 1919-től Budapesten a József Műegyetem (Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) hallgatója volt. Mint mondta: „A Műegyetemre talán valami ifjúkori romantika miatt iratkoztam be. Milyen szép cím az, hogy vegyészmérnök.” 1925-ben meg is kapta vegyészmérnöki diplomáját.

A budapesti állástalanság miatt Szegedre ment, és 1925-től a Ferenc József Tudományegyetemen tanult kémiát, lett díjtalan gyakornok, majd 1926-ban kinevezték az I. számú Vegytani (később Szerves és Gyógyszerészkémiai) Intézet tanársegédévé. 1927–1928-ban a Berliini Műszaki Egyetemen folytatott szerves kémiai tanulmányokat. 1928-ban bölcsészdoktori oklevelet szerzett Szegeden.

1929–1930-ban módja nyílt a Nobel-díjas Fritz Pregl vezetete grazi Orvostudományi Intézetben mikroanalitikai biokémiai kutatásokat folytatni; ott szerzett ismereteivel megteremtette a magyar peptidkémiai mikroanalitikát.

1940-ben a szerves kémia tanárává nevezték ki, valamint a Szegedi Szerves és Gyógyszerész-kémiai Intézet igazgatói tisztével is megbízták. Bruckner Győző 1947-ben munkásságáért megkapta a Svéd Kémiai Egyesület által ötvenként kiadott Scheele-érmet.

1949-ben megvált Szegedtől, és 1970-ig Budapesten az ELTE Szerves Kémiai Tanszékének vezetője lett, 1973-ban vonult végleg nyugdíjba, bár élete végéig tanácsadója maradt az általa kezdeményezett kutatásoknak. 1950-ben az MTA rendes tagja lett, 1955-ben kapta meg a „nagy” Kossuth-díjat. 1967-ben a nagy nevű Leopoldina Akadémia (Deutsche Akademie der Naturforscher) tagjai közé választotta. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen 1976-ban került sor tiszteletbeli doktorrá avatására.

Munkásságának örök értékét jelenti háromkötetes, hatalmas munkával készült „Szerves kémia” tankönyve.

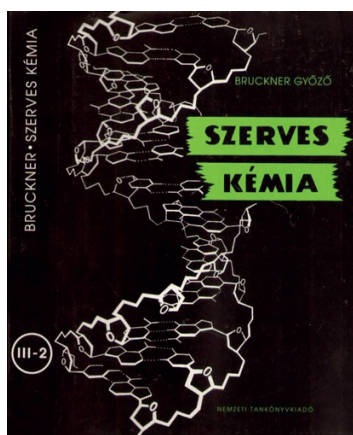
Magam abban a szerencsében részesültem, hogy mint az ELTE vegyészhallgatója abba az évfolyamba tartoztam, amelynek Bruckner professzor utolsó szerves kémiai főkéllégiumi előadásait tartotta. Mindannyian éreztük,

hogy kivételesek vagyunk, hogy a hosszú éveken keresztül tökéletessé csiszolódott előadásokon vehettünk részt. Az 1971 májusában tartott utolsó előadásra meghatottan készültünk. Köszöntő szavakat és egy virágcsokrot nyújtottunk át a Professzor úrnak, akit a terembe lépésekor kellett rögtön elcsípni, mert a két tanszéki segítőtársával bevonuló Professzor ideje percre be volt osztva. Most is épp csak egy-két szó köszönetet mondott, máris kezdte az előadását. Az aznapi anyag precíz vázlatára gumitáblákon már előre föl volt függesztve, a magyarázatokat, képleteket a táblára krétával olyan részletesen és követhetően írta a professzor úr, hogy mindegyikünknek jól tagolt, érthető jegyzetei születtek, ami szinte kiadható minőségű lett, kiváló forrás a tanuláshoz. Nem csoda, hogy az 1973-ban végzett évfolyamunk tagjai közül sokan lettek kutatók, akiknek a szerves kémia adott megbízható alapot a később nemzetközileg elismert kutatásokhoz. Bruckner professzor rendkívül gazdag szellemi öröksége tovább élt bennünk, mindannyiunknak stabil vegyészeti hozzáállása lett a mindennapokhoz, környezetünkhöz. Itt szeretnék eldicsekedni azzal, hogy az általunk Pedionnak (aszimmetrikus triklinikus kristály) elnevezett évfolyamunk máig havi rendszerességgel összejár, amit a munkatársi, baráti kapcsolatokon kívül évfolyamon belüli házasságok is összetartanak, szinte egy nagy család vagyunk. Gyakorta kémiára fordul a diskurzusunk.

A Professzor kedves tanítványa volt a tanszéken Kajtár Márton docens, akinél szakdolgozatomat, majd doktori disszertációm készíttettem. Kajtár Márton folytatta a Professzor egyik kiemelt témáját, a lépfenebacillus-kutásokra épülő poli-gamma-glutaminsavval végzett kutatásokat. Kajtár Márton indította el az intézetben a fehérjék optikai vizsgálatát, így a CD- (cirkuláris diszperzió) és ORD- (optikai rotációs diszperzió) vizsgálatokat a fehérjék, elsődlegesen a poli-gamma-glutaminsav szerkezetének kutatásával. Ezekhez a kutatásokhoz kapcsolódtam én is, optikailag aktív gamma-aminosavak, peptidek szintézisével, kirottikai vizsgálatával. Az eredményeket Bruckner professzor lelkesen, figyelemmel kísérte.

Híres volt a Prof. teázási szokása délben és délután, amelyet még a szegedi Szent-Györgyi-intézetből hozott magával. A tanszék minden kutatója hivatalos volt ezekre a társadalmi alkalomokra. Ha egyetemista korunkban valaki épp teázási időben kapott alkalmat vizsgázásra, a Prof. megkínálta a hűledező hallgatót teával, ami persze oldotta a vizsgadrukkot. Bizonyos kiszivárgott hírek emelték szemünkben a Prof. nagyságát: a tanszéken belüli jutalomosztásnál nem vette át a borítékját, közölte, annyit szeretne kapni, mint a takarítónő.

Végezetül néhány idézet Bruckner Győző szerves kémiai főkéllégiumának utolsó előadásából (1971). Ez a pár mondat is felleleveníti előadásainak stílusát, emelkedettségét, de határozottságát is. Egy interjúban mondta, hogy „nagyon szívesen adtam mindig elő, és mindig híve voltam a szabad előadásnak”. Szegedi tartózkodásának emlékét nyhe szöggedies kiejtése őrizte meg. „Tessék helyet foglalni.” „Adós maradtam még az aminosavak szintézisével. Nagyon sok szintézist ösmerünk. Na kérem szépen...” „Az alfa-halogénezett karbonsavak jól hozzáférhetőek, ezt jól tudjuk, és ezeket főlölesleges ammóniával alakítjuk át aminosavvá. (Erős krétakopogás a táblán.) Koncentrált ammóniát veszünk hozzá lehetőleg. Itt tetszik látni az aminosavat. És kérem szépen átgondolni a dolgot, hogy...” „Na kérem, örömmel közölhetem, hogy abbahagyom kínzásukat, az organikus főkéllégiumot ezzel befejezték. Amint látják, bizonyára hosszú és fáradtságos utat jártunk, és persze sok memorizáltnivaló lesz. De igyekezzem az összefüggéseket megvilágítani, hogy elősegítsem gondol-





kozási készségüket, hogy szerves kémikus módjára tudjanak gondolkodni. Higgyék el nekem, a szerves kémia nem nehéz, de fáradságos út.” „Befejezem előadásomat. Köszönöm, akik hűséggel kitarattak mellettem. Akik nem jöttek el, azokra nem haragszom, nagyon fogok örülni, ha nekik is jól fog sikerülni a kollokvium. Kívánok jó munkát!” (Bruckner professzor utolsó főkéllégiumi előadásáról rövid videófelvételt és teljes hangfelvételt készíttettem harmadéves vegyészhallgatóként, a megemlékezésben ezekből a felvételekből idéztem.)

Ősapay György



## Elhunyt Novák Lajos, a BME professor emeritusa



Novák Lajos, a BME Szerves Kémia és Technológia Tanszékének professor emeritusa 2020. november 18-án hunyt el.

Novák Lajos 1937. október 23-án született Barlahidán. Vegyész mérnöki diplomáját 1961-ben szerezte a BME Vegyész mérnöki Karán. Oktató- és kutatómunkáját a BME Szerves Kémia Tanszékén kezdte, először rövid ideig a Kőbányai Gyógyszerárugyár finanszírozásával, majd egyetemi státuszban. Előbb tanársegéd, majd adjunktus, docens, 1988-tól 2003-ig egyetemi tanár, 1978-tól tanszékvezető-helyettes, aztán tanszékvezető volt. 1999-től a tanszéken működő MTA Alkaloidkémiai Kutatócsoportot is vezette, egészen 2007-ig.

Novák Lajos igen aktívan részt vett a szerves kémia oktatásában: szerves szintetikus laborgyakorlatokat tartott, a Szerves kémia I. és II. alaptárgyat, a Biomolekulák kémiáját, a Modern szintézismódszerek és a Szintézisek tervezése című tárgyakat adta elő. Előadott a kar angol nyelvű képzésében, a doktoránképzésben, és a mérnöktoábbképző tanfolyamokon is tanított. Társ szerzője hét egyetemi jegyzetnek és két egyetemi tankönyvnek. A *Szerves Kémia I. és II. jegyzet* 1987-ben, a *Szerves kémiai praktikum II.* 1989-ben nívódíjat kapott.

1964-ben műszaki doktori, 1968-ban a terápiás szempontból jelentős és nagyszámú természetes anyag alapvázát képező benzoflavin- és indol-kinolizin-származékok szintézise területén elért eredményei nyomán kandidátusi fokozatot kapott.

1970–1971-ben a New York-i Állami Egyetem (Buffalo) orvosi kémiai intézetében dolgozott. Az intézetben nukleinsavak szintézisével és polinukleinsavak kémiai módosításával foglalkozott.

1971 második felétől a gyógyászati szempontból rendkívül jelentős prosztatahormonokat és prosztaciklin-származékokat tanulmányozta. A prosztatahormonok kémiájáról Szántay akadémikussal írt könyvük 1976-ban, az angol nyelvű kibővített változat 1978-ban jelent meg. Az utóbbi 1978-ban az MTA nívódíjat kapta.

1974-től a környezetkímélő integrált növényvédelemben ígéretes juvenil hormonhatású vegyületek szintézisével és rovarferomonok szerkezetfelderítésével, szintézisével foglalkozott. Kutatási eredményei alapján több, az ember környezetében megtelepedett rovarfaj elleni védekezésben előnyösen alkalmazható készítményt fejlesztettek ki. A rovarfejlődést gátló hatású (S)-metoprenre az Európai Közösségben kizárólagos forgalmazói jogot kaptak (Bábolna Környezetbiológiai Központ).

1985-ben a „Prostaglandinok, juvenoidok és feromonok szintézise” című értekezése alapján elnyerte a kémiai tudományok doktora címet.

1986-tól a keringési betegségek megelőzésében és gyógyításában felhasznált koleszterinszint-csökkentők előállításával, lipoxigenáz-enzimgátlók szintézisével, valamint a szerotoninrendszerrel előnyösen befolyásoló anyagok előállításával foglalkozott.

Munkája során több új összetett szigmatrop átrendeződést tárt fel és részletesen foglalkozott az enzimkatalizált reakciók felhasználási lehetőségeivel a szerves szintézisekben. Az enzimkatalizált reakciókról Poppe Lászlóval írt monográfiája 1991-ben, angol nyelvű kibővített változata pedig 1992-ben jelent meg (VCH Verlagsgesellschaft).

Külföldi cégekkel együttműködve (Bayer CropaScience, ESTEVE, ISDIN) jelentős eredményeket ért el a rovarölő hatású vegyületek előállításában és az új fényvédő hatású vegyületek szintézisében.

Sikeres kutatómunkájának eredményeiből 184 tudományos folyóiratcikk és 50 szabadalom született.

Tudományszervezési munkája is igen jelentős volt. 1971 és 1986 között az MTA Alkaloidkémiai Munkabizottságának titkára volt, közben az MTA évenkénti Prostaglandin Szimpóziumainak szakmai programját szervezte. Ezután az MTA Terpénkémiai Munkabizottságának titkára, majd az MTA Terpénkémiai és Elemorganikus Munkabizottságának elnöke, két cikluson keresztül az MTA Doktori Tanács tagja és az OTKA Szerves kémia II. zsűri elnöke volt.

Kimagasló oktató- és kutatómunkáját, valamint tudományszervezési tevékenységét számos díjjal ismerték el, melyek közül kiemelendő az Akadémiai Díj (1993), az Ipolyi Arnold-díj (1998), a Zemplén Géza-fődíj (1999), a Szent-Györgyi Albert-díj (2003) és az MTA feltalálói díj (2009).

A három évvel ezelőtt még jó egészségnek örvendő Novák Lajossal a tanszék kollégái kellemes és vidám délutánt töltöttek 80. születésnapja alkalmából egy újbudai étteremben.

Távózásával nemzetközileg ismert és elismert tudóst, kiemelkedő oktatót és tudományszervezőt veszítettünk el.

Huszthy Péter





**TÚL A KÉMIAÁN**

## Ósi cápaóvodák

A mintegy négymillió éve kihalt óriásfogú cápa (*Otodus megalodon*) hatalmas hal volt: hossza nagyjából háromszorosa lehetett egy mai nagy fehér cápának. De még a megalodon sem született nagynak, mint ezt aprólékos munkával be is bizonyították. Spanyol és brit kutatók az óriásfogú cápák fossziliaként leggyakrabban fennmaradt testrészét, vagyis a fogait hasonlították össze. A világ kilenc különböző lelőhelye közül ötnél meglepően nagy számban találtak fiatal egyedektől származó, viszonylag kis méretű megalodonfogakat. A sekély vizű, zsákmányállatban gazdag területek a mai cápafajok esetében fontosak a növésben lévő fiatalok számára, s a jelek szerint így volt ez a legnagyobb méretű elődök esetében is. A tengerszint változása többek között azért is katasztrofális hatással lehet a cápapopulációkra, mert az ilyen cápaóvodák helyén nagyon megváltoztatja a körülményeket.

*Biol. Lett.* 16, 20200746. (2020)



## Jenga a lítiumakkumulátorokhoz



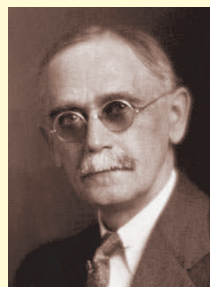
A jenga egy napjainkban gyorsan terjedő társasjáték, amelynek célja az, hogy különböző alakú fahasábokból minél magasabb tornyot építsenek a résztvevők. Néhány kutató ebben látott lehetőséget arra, hogy a lítiumakkumulátorok működési elvét minél ismertebbé tegye. A kémiai változatban egy torony helyett kettőt kell építeni: az egyik az anód, a másik a katód. Játék közben a lítiumot jelentő hasábokat kell egyik oszlopból a másikba áthelyezni, s eközben az elemekben keletkező tűznek is megvan az analógja.

*J. Chem. Educ.* 97, 2231. (2020)

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



Louis C. Karpinski: A Brief Historical Consideration of the Metric System *Science* Vol. 53, pp. 156–157. (1921. február 18.)

Louis Charles Karpinski (1878–1956) amerikai matematikus volt. A Cornell, a Columbia és a Strasbourgi Egyetemen tanult. A Michigani Egyetemen lett professzor, fő érdeklődési területe a tudománytörténet és a matematikai pedagógia volt. 1943 és 1944 között a History of Science Society elnökeként tevékenykedett.

## Kökemény Stonehenge-kémia

A Stonehenge hatalmas kőoszlopai már régóta lenyűgözik az embereket. Az utóbbi négy évszázadban azt tartották, hogy ezeket a 6-7 méter magas, egyenként 20 tonnát is nyomó sziklaóriásokat majdnem 5000 éve mintegy harminc kilométer távolságból, egy Marlborough Downs nevű területéről szállították a helyszínre. Ezt a hitet kérdőjelezi meg egy közelmúltban megjelent tanulmány, amelyben a Stonehenge-ből vett 52 különböző mintát elemezték röntgenfluoreszcencia segítségével. Ezek közül 50 összetétele gyakorlatilag azonos, tehát mind egy helyről származnak. A kövekből még 1950-ben vett, később elvesztettnek hitt, majd 2018-ban újra megtalált furatminták atomemissziós spektrometriát alkalmazó analízise perdöntőnek bizonyult: a nyomelemprofil a nagyjából 25 kilométerre lévő West Woods-i sziklákéval egyezik meg. További vizsgálatokkal valószínűleg még pontosabban azonosítani lehet majd a származási helyet.

*Sci. Adv.* 6, eabc0133. (2020)

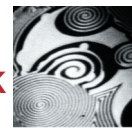


## IDÉZET

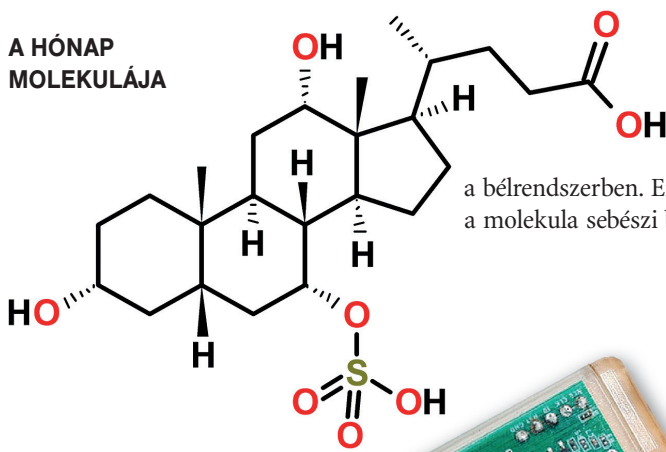
$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 + \text{Hg}(\text{CNO})_2 = \text{no}$ , mivel egyenlő? Egy hatalmas gödörrel a földben, egy halom törmeléssel, egy kis hússal és váladékkal, egy lábfejjel, amelyen még rajta van a csizma, átrepül a levegőben, és leesik, puff, a gerániumok közepén – a vörös színű virágok közé, micsoda pompás nyári mulatság!

*Aldous Huxley: Szép új világ (Szentmihályi Szabó Péter fordítása)*





A HÓNAP MOLEKULÁJA



A kólsav-7-hidrogénszulfát ( $C_{24}H_{40}O_8S$ ) a jövőben a metabolikus zavarokra visszavezethető kóros elhízást kezelő, bariatrikus műtétek kiváltására lehet alkalmas. A gyógyszerfejlesztés elindításához hozzájáruló megfigyelés az volt, hogy embereken végzett bariatrikus műtétek után ennek az anyagnak a koncentrációja megnövekedett a bélrendszerben. Emberi és állati sejtvonalakon végzett kísérletek is azt igazolták, hogy a molekula sebészi beavatkozás nélkül is alkalmas lehet gyógykezelésre.

Nat. Chem. Biol. 17, 20. (2021)

Keverő-kontrollált reakció

A szintetikus kémiai reakciók pontos követésének egyik akadálya, hogy a hagyományos stratégiáknál minden egyes új tulajdonság méréséhez külön eszközt kell a reakcióterbe tenni. Ezen a problémán segít az, hogy a legtöbb folyamatban amúgy is használt mágneses keverőtestbe építenek be apró szenzorokat, amelyek aztán Bluetoothon keresztül adják le az adatokat a külvilágnak. Egy mintadarabba hőmérsékletet, vezetőképességet, szint, opacitást, keverési sebességet és viszkozitást mérő egységeket is sikerült beépíteni mindössze 20 dollár költséggel.

ACS Sens. 5, 2497. (2020)



Ritkaföldfém-újrahasznosítás fehérjékkel

A ritkaföldfémek szerepe egyre nagyobb a modern technológiában, ugyanakkor az élővilágban csak igen ritkán fordulnak elő. Ezért is meglepő az az új eljárás, amely elektronikus eszközök hulladékából fehérjék segítségével vonja ki az értékes lantanidákat. A kalciumkötő kalmodulin mintájára lanmodulinnak elnevezett fehérjét a *Methylobacterium extorquens* baktériumból izolálták. A protein igen jelentős szelektivitással köti meg a neodímium(III)- és eurórium(III)ionokat még nagy mennyiségű vas(III)- vagy cink(II)ion jelenlétében is. A lanmodulin meglepően ellenálló a környezeti hatásokkal szemben: a ritkaföldfém-kötő sajátságát még 2-es pH-n és 100 °C-on sem veszti el.

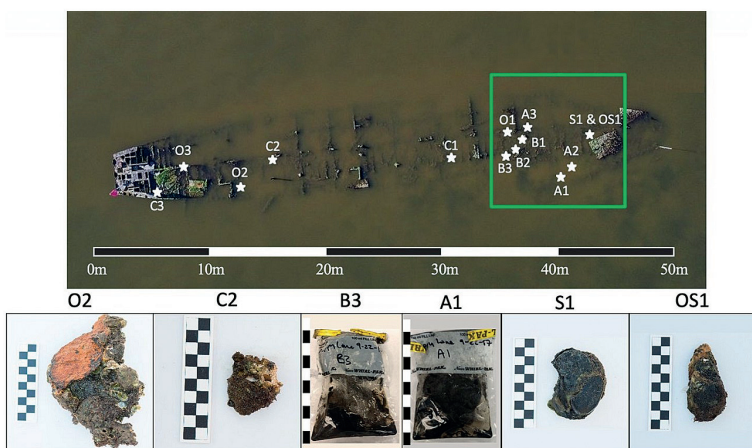
Inorg. Chem. 59, 11855. (2020)

Metálkék növényi szín nanotechnológiával

A kék nem tartozik a növényvilág gyakori színei közé. Egy tanulmányban arra mutattak rá, hogy kék festékanyag nélkül is lehet ilyen színhatást produkálni, erre a példa a téli bangita (*Viburnum tinus*) évelő cserje metálkék színű termése. Elektronmikroszkópos vizsgálatok szerint a növény bogyói közel gömb alakú lipidmolekulák megfelelő, réteges elrendeződésével szórják a fényt igen jellegzetes módon, így létrehozva a színérzetet. A szerkezeti színnek elnevezett elvet egyelőre mesterségesen nem sikerült lemásolni.



Curr. Biol. 30, 3804. (2020)



Rozsdabaktérium

A hajóroncsok ugyan kirívóan mesterséges környezetnek tűnnek, de ettől még igen összetett ökoszisztémáknak adnak otthont. Ezt a tény minden korábbinál részletesebben dokumentálta egy kutatócsoport Észak-Karolinában: ugyanazon roncs különböző helyeiről vett minták baktérium-élővilága nagyon jellemző eltéréseket mutatott ahhoz hasonlóan, ahogy ez az emberi szervezetben belül is megtörténik. A kísérletek melléktermékeként sikerült a *Mariprofundus ferrooxydans* baktérium egy új törzsét izolálni, amely a vas biokorróziójában játszik nagy szerepet és egyúttal a levegőből szén-dioxidot és nitrogént köt meg.

Front. Microbiol. 11, 1897. (2020)



## KITÜNTETÉS

## 2020 végén nyolc tanárnak adták át a pedagógusok Kossuth-díját

Huszedik alkalommal adták át a Rátz Tanár Úr Életműdíjat a természettudományos oktatás területén kiemelkedő teljesítményt nyújtó pedagógusok munkájának elismeréseként. Bár a szervezők különösen emlékezetes díjátadásra készültek, a rendkívüli helyzetre való tekintettel, erre a virtuális térben került sor, ahol a három, díjat alapító cég – Ericsson Magyarország, Graphisoft SE és Richter Gedeon Nyrt. – vezetői nemcsak az idén díjazott tanárokat méltatták, hanem az összes pedagógus előtt kifejezték hálájukat. Az idei, az oktatás szempontjából is rendhagyó helyzet rengeteg változást hozott mind a pedagógusok, mind a diákok életében. Nagymértékű rugalmasságot tanúsítva mindennap túlleptek a megszokott, hagyományos kereteken, hogy munkájukat a megváltozott körülmények között is teljesítsék. A Rátz Tanár Úr Életműdíj ezért idén egy tiszteletteljes főhajtás minden pedagógus előtt, akik egész életüket a jövő nemzedékek tanításának szentelték.

Az elmúlt két évtizedben összesen 152 olyan, az 5–12. évfolyamos diákoknak matematikát, fizikát, biológiát vagy kémiát tanító tanár kapta meg az életműdíjat, akik maradandót alkottak tantárgyaik népszerűsítésében és a tehetséggondozás területén. A fejenként 1,5 millió forinttal járó elismerésre – amelyet minden évben tantárgyanként két-két pedagógus kap meg – bárki jelölhet tanárokat, a nyertesek személyéről pedig a három alapító által létrehozott Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért kuratóriuma dönt. „A díj létrehozásakor célkitűzésünk volt, hogy ne csak a tanári közösség és egy szűkebb diákközösség, de az ország is megismerje, hogy vannak kiváló tanáraink, akik gyermekeinket nevelik. Olyanok, akik úgy figyelnek a gyermekeinkre, mint Rátz tanár úr is figyelt a diákjaira. Az elmúlt 20 évben a Rátz Tanár Úr Életműdíjnak presztízisértéke lett a tanárok között. Mind a díjazottjaink, mind az ő kollégáik büszkéek arra, ha egy Rátz Tanár Úr életműdíjas tanár van a közösségben.” – mondta el Kroó Norbert professzor, akadémikus, az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért kuratóriumának elnöke az online díjátadón.

## 2020 kémiatanár-díjazottai



*Dobóné dr. Tarai Éva* kémia-biológia szakos tanár diplomája megszerzése után, közel 27 év általános iskolai oktatást követően került 2011-ben a Berzsenyi Dániel Gimnáziumba. Közoktatásban végzett kiemelkedő munkája mellett aktív kutatómunkát is folytat. PhD-fokozatát 2009-ben szerezte meg a kémiai fogalmakhoz kapcsolódó tévképzetek kutatása témában. 2016 óta kutatótanár.

Kivételes képességű, felkészültségű és szorgalmú tanár, aki maximálisan tudja a kémiaoktatás kutatásának eredményeit beépíteni, felhasználni, gyümölcsöztetni napi tanári munkájában is. Újszerű kísérleti technikák kidolgozása, a Mazur-féle társtanítás módszerének hazai bevezetése csak ízelítő sokrétű innovációs munkájából.

Tehetséggondozó munkája példaértékű. Az általa felkészített diákok számos jó helyezést és különdíjat értek el szakmai verse-

nyeken. Természettudományos szaktábort szervez kollégáival a kémia tagozatos diákok számára, diákjai kezdeményezésével megalakította és hagyományt teremtett a Kémiai Önképzőkörrel, ami azóta is népszerű terepe a tanórán kívüli tehetséggondozásnak. Együttműködnek a Dornoch Academy diákjaival és tanárukkal (Skócia), közös projekteken dolgoznak.

Száznál több publikáció, szakmai közösségi megnyilvánulás, idegen nyelvű folyóiratcikk megalkotója. Könyvek szerzője és társszerzője, tanulói munkafüzetek és hozzájuk tartozó tanári segédletek összeállítója. Eredményei nemzetközi szinten is figyelemre méltóak.

A kémiatanári, neveléstudományi, pedagógiai konferenciákon előadásokat tart. Tapasztalatairól a kerületi és iskolai munkaközösség számára előadásokat és workshopokat szervez. A Science on Stage két hazai válogatóján (debreceni, szegedi) díjat nyert. Az ELTE kémiatanár szakos hallgatói számára rendszeresen tart beemutatóórákat, terepgyakorlatokat.



*Sebő Péter* biológia-kémia szakos tanári diplomájának megszerzését követően természetvédelmi szakmérnök végzettséget is szerzett. Pályája során az általános iskola 3. osztályától a főiskolás, egyetemista korosztályig tanított diákokat. A budapesti Kempelen Farkas Gimnáziumban eltöltött 10 évet követően került 2010-ben az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégiumába.

Nagy szakmai, gyakorlati tapasztalattal rendelkező pedagógus. Nemcsak tanítja a gyerekeket, hanem személyes példával elől járva neveli is őket.

Szakmai tevékenysége túlmutat az intézmény falain, kiterjedt kapcsolatrendszerének köszönhetően tanítványainak rengeteg lehetőséget teremt egyetemi, kutatóintézeti munkára, megfigyelésre. Publikációiban tudománytörténettel, tudományfilozófiával, pedagógiával, irodalommal és természetvédelemmel kapcsolatos írásokat egyaránt találunk, jelent meg közoktatási tankönyve és főiskolai jegyzete is.

Sikeres versenyfelkészítő tevékenységéről diákjának rangos hazai és nemzetközi szintű tanulmányi versenyeken elért kiváló eredményei tanúskodnak. Véleményére, segítségére, szolidaritására és humorára mindig lehet számítani.

Az iskolai kémiai szakmai élet szervezésében aktív szerepet játszik. Támogatja diákjai szakmai projekt munkáit, rendszeresen szervezi diákcsoportok iskolán kívüli szakmai programokon való részvételét. Nagy odaadással tart kémiai kísérleti bemutatókat, kiemelt hangsúlyt fektet fiatal kollégák mentorálására, vezetőtanárként kémia szakos hallgatók tanítási gyakorlatának vezetője.

2005 óta elnökként vagy kérdező tanárként az emelt szintű kémiaérettségi-bizottságok tagja. 2012-től jelentős munkát végez a Hevesy György Kárpát-medencei Kémiaverseny megyei és országos feladatsorának összeállításában, a verseny megyei és országos fordulójának javításában, felüljavításában. A NAT 2015 alapján készült emelt szintű és a B kémia-kerettanterv kidolgozását végző ELTE-MTA munkacsoportjának tagja volt 2015–2016-ban.

Gratulálunk díjazott pedagógusainknak! Munkájukban jó egészség és további sikereket kívánunk!





## HÍREK AZ IPARBÓL

### Vegyipari mozaik

**Megalapították a magyar oltóanyaggyárat.** A céget 5 millió forintos jegyzett tőkével még december 15-én alapította a Debreceni Egyetem. A kormány egyetértett azzal, hogy a Debreceni Egyetem a Nemzeti Népegészségügyi Központtal együttműködve végezze el a koronavírus elleni nemzeti oltóanyag kifejlesztését. Ezzel kapcsolatosan el is különítették 1,63 milliárd forintot a költségvetés egyetemek és főiskolák finanszírozására szolgáló keretéből, illetve 369,9 millió forintot közvetlenül az a Népegészségügyi Központ kapott meg. (VG)



#### A Richter és a Mithra tovább erősíti partneri kapcsolatát.

A két cég licenz- és szállítási megállapodást kötött egy 15 mg esztrolt (E4) és 3 mg drospirenont tartalmazó kombinált fogamzásgátló értékesítéséről Latin-Amerika kulcsfontosságú piacaira. Az új orális fogamzásgátló készítményjelölt természetes eredetű, natív ösztrogénje szelektíven hat az egyes szövetekben és ehhez járulnak hozzá a drospirenone további előnyös tulajdonságai. A Richter és a Mithra már korábban partneri kapcsolatra lépett ennek az új orális fogamzásgátló készítménynek az európai és oroszországi értékesítésére.

A megállapodás értelmében a Richter fogja értékesíteni a Mithra készítményét. A szerződés aláírásakor a Richter mérföldkő-kifizetést teljesít. A Richter és a Mithra minimum éves mennyiségekről is megállapodott, és a Mithra a nettó forgalomhoz kapcsolódó sávós royalti-bevételekre is jogosulttá válik. Jelenleg Európa és Latin-Amerika a világ második (2019-es IQVIA-adat: 1,6 milliárd EUR) és harmadik (2019-es IQVIA-adat: 1 milliárd EUR) legnagyobb gyógyszerpiaci régióit jelentik az Egyesült Államok piaca után.



RICHTER GEDEON

**A Richter eszközvásárlási szerződést kötött a Johnson & Johnson** kizárólagos tulajdonú leányvállalatával, a Janssen vállalattal, annak Evra márkanévű fogamzásgátló tapasza megszerzésére, az Egyesült Államokon kívüli piacokra vonatkozóan. A megvásárolt eszközért fizetendő vételár 263,5 MUSD. „Ez a megállapodás tovább erősíti a Richternek a nőgyógyászat területén betöltött globális szerepét, egyúttal meghatározó stratégiai előrelépést jelent társaságunk számára. A már meglévő hatóanyagleadási módok, mint az orális fogamzásgátlás, a sürgősségi fogamzásgátlás és a méhen belüli eszközök mellé ezúttal felsorakozik a tapasz is, aminek eredményeképpen a Richter a legszélesebb körű családtervezési eszközrendszer tudja kínálni a nők számára” – nyilatkozta Bogsch Erik, a Richter elnöke. „Azon az úton, hogy a Richter a nőgyógyászat területén meghatározó fontossággal bír, globális gyógyszerceggé váljon, mérföldkőnek bizonyulhat a megállapodás, amely egyúttal erősíti a Richter pozícióit is. Ez a megállapodás jelentős szinergiákkal jár Társaságunk számára” – tette hozzá Orbán Gábor, a Richter vezérigazgatója.



**Új poliolkutató és -fejlesztési központot adott át Százhalombattán a Mol.** A világszinten is legmodernebbek közé számító kísérleti reaktorrendszert a thyssenkrupp Industrial Solutions szállította és üzemelte be, a többi eszközt 90 százalékban



magyar beszállítóktól szereztek be. Emellett a Mol és a thyssenkrupp közös kutatási és fejlesztési megállapodást is kötött. A központot Mosonyi Györgyről, a Mol néhai vezérigazgatójáról nevezték el.

A Mol 1,2 Mrd eurós beruházással épít poliolkomplexumot Tiszaújvárosban. A Mol azért hozott létre poliolkutató és -fejlesztési központot Százhalombattán, a Dunai Finomítóban, mert az üzem sikeres működéséhez elengedhetetlen a piaci potenciállal rendelkező, a vevőkör igényeit kielégítő termékek fejlesztése is. A 10 millió eurós beruházással megépített központban 12 mérnök és 7 technikus végzi a kutatási és fejlesztési munkálatokat.

A kutatási és fejlesztési központban tesztelik a poliolk fizikai kémiai jellemzőit, és itt zajlanak a belőlük készülő poliuretán habok laborvizsgálatai és alkalmazástechnikai kísérletei is. 2022 júliusáig legalább 10 polioltípust fejlesztenek ki. A mérések eredményeinek összehasonlítására és validálására több magyar egyetem, illetve független kutatóintézmény laboratóriumával is együttműködést tervez a vállalat. Ezek segítik az alkalmazott mérési módszerek továbbfejlesztését, valamint növelik az egyetemek tudásbázisát is. A központ így a Mol-csoporton túl a magyarországi és a nemzetközi tudományos élet számára is kimagasló értékkel bír majd.



#### Favipiravir az Egistől – az Egis gyors és sikeres fejlesztése.

Az új koronavírus-pandémia közel egy éve készíti védekezésre a világot és Magyarországot. A járványügyi helyzetre gyorsan reagálva az Egis 2020 áprilisában saját erőforrásaira támaszkodva elindította favipiravir hatóanyagú antivirális gyógyszerének fejlesztését.

A filmtabletták összetételét és gyártóeljárását az Egis kutatói rendkívül gyorsan, mindössze 8 hónap alatt fejlesztették ki. A járványhelyzetre tekintettel az Állami Egészségügyi Ellátó Központtal (ÁEEK) való szerződés alapján februárra már megkezdődhet a gyógyítás az Egis tablettáival a kijelölt magyarországi kórházakban. (<https://hu.egis.health/>)



**Villámsegítség.** A Béres Alapítvány, a Hungaropharma, a Richter és az Egis gyógyszergyárak adományukkal rendkívüli gyorsasággal biztosították egy hordozható ultrahangos készülék beszerzését a Budai Irgalmasrendi Kórház számára.

„Rendkívül nagy segítséget jelentett számunkra, hogy ezt a kardiológiai ultrahangos készüléket megkaphattuk – mondta



## A HÓNAP HÍREI

prof. Tomcsányi János főorvos, az Irgalmasrendi Kórház Kardiológiai Osztályának vezetője. – Nagyon nehéz helyzetbe került az osztályunk, mivel a koronavírus-járvány rohamos terjedése miatt a mi részlegünkön is szükségessé vált a vírusfertőzött betegek fogadása. A vírusfertőzöttek ellátása miatt külön erőben párhuzamosan kell kezelnünk a covidos infarktusos és a nem covidos akut szívbetegeket. A két részleg ellátásához mindössze egyetlen ultrahangos készülékkel rendelkezünk, sterilítási okok miatt az ellátás szinte lehetetlenné vált. Az amúgy is feszített munkát ez rendkívül megnehezítette. Elmondhatatlanul hálásak vagyunk azért, hogy első kérésünkre, villámgyors négyes összefogással, a Béres Alapítvány, a Hungaropharma, a Richter és az Egis gyógyszergyárak biztosították számunkra a műszer megvásárlásához szükséges összeget. A kéréstől számított negyedik napon már az osztályunkon volt a készülék. Használjuk! Köszönjük!”



A koronavírus-járvány elleni küzdelem mindannyiunk feladata. Az önzetlen, gyors és hatékony összefogás példa lehet mások számára is. (beres.hu)



**Megújul a Teva-készítmények csomagolása.** A Teva közel 120 éves tapasztalatával fejleszti és gyártja gyógyszereit. 3500 terméket tartalmazó portfóliójában szinte minden terápiás területre kínál készítményt, melynek köszönhetően globális vezető a generikumok területén.



A világon naponta mintegy 200 millió beteg gyógyulását segítik Teva-készítmények, ezért úgy döntöttek, hogy a termékek csomagolását is a betegek igényeinek megfelelően fejlesztik, és a terápiák hatékonyságnövelésének szolgálatába állítják.

Az új csomagolás kialakítását egyéves kutatómunka előzte meg, melyben több mint 4000 beteg, orvos, gyógyszerész vett részt világszerte. Az eredmény egy egyedülállóan új, a betegek igényeire szabott csomagolás, amely jól megkülönböztethető, könnyen értelmezhető, és az információk kiemelt megjelenítésével segíti a beteget a helyes használatban.

Az új csomagolás kapcsán végzett nemzetközi fogyasztói felmérések alapján a Teva termékei könnyebben beazonosíthatóvá váltak, a feltüntetett információk pedig már első ránézésre megragadták a fogyasztók figyelmét. Mindezeket túl a Teva új csomagolása a betegek szerint barátságosabb és bizalomkeltőbb lett.



**A legjobb természettudományi képzés az országban 2021-ben.** A HVG 2021-es felsőoktatási rangsora szerint az ELTE Természettudományi Kara vezeti a természettudományi képzéseket nyújtó intézmények oktatói kiválósága alapján összeállított országos listát, illetve hallgatói kiválóság terén is az ELTE Természettudományi Kara lett a legjobb.



Az oktatói kiválóság szerint készült rangsorban a második a BME TTK. A hallgatói kiválóság alapján szintén második a BME TTK, a harmadik a Debreceni Egyetem természettudományos képzése.

A HVG felsőoktatási rangsorának készítői számos szempontot figyelembe vettek az intézmények rangsorolásakor: az első helyes jelentkezők számát, a felvettek pontátlagát, a nyelvvizsgáló felvettek arányát, a tanulmányi versenyen helyezettek számát, a tudományos fokozattal rendelkező oktatók számát és

Rang	Intézmény, kar (hallgatók kiválósága alapján)	Rang	Intézmény, kar (oktatók kiválósága alapján)
1.	ELTE TTK	1.	ELTE TTK
2.	BME TTK	2.	BME TTK
3.	–	3.	DE TTK
4.	–	4.	SZTE TTIK
5.	–	5.	ÁTE

arányát, az egy – tudományos fokozattal rendelkező – oktatóra jutó hallgatók számát, valamint az MTA-címmel rendelkező oktatók arányát.

**Ritz Ferenc összeállítása**

## MKE-HÍREK

**Kedves Olvasóink!**

Feltűnhetett Önöknek, hogy a Magyar Kémikusok Lapját nem kapták meg nyomtatott formában. Mint arról korábban hírt adtunk, a megnövekedett költségek miatt 2021 januárjától csak azok a tagjaink kapják meg nyomtatott formában is lapunkat, akik az előállítási és a postai költségekhez való hozzájárulásként évi 7000 Ft-ot fizetnek (részletek a túldoldalon). Ezt bármikor megtehetik, és akkor a már megjelent példányokat visszamenőleg megkapják. Ennek hiányában a lap csak on-line formában áll rendelkezésükre az Egyesület, illetve az MKL honlapján (<https://www.mke.org.hu/>, ill. <https://mkl.mke.org.hu/>). Egyben tájékoztatjuk Önöket, hogy honlapjaink megújítás alatt állnak; hamarosan és folyamatosan korszerűbb és növekvő szolgáltatásokkal fogunk rendelkezésükre állni. Ez a folyamat már januárban elindult.

**Az MKE Intézőbizottsága és az MKL Szerkesztőbizottsága**

## Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2021. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2021. 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 2020-ban kettős előfizetéssel hozzájárult a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2021-ben is csatlakozzon a kettős előfizetés akcióhoz.



## Rendezvénynaplár – 2021

április 20–27.	Mendeleev Olympiad, 2020 – <b>ELHALASZTVA</b>	Budapest
május 6–8.	MKE Biztonságtechnikai Szeminárium, 2020 – <b>ELHALASZTVA</b>	
május 21–23.	Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (YRICCCE III) – <b>ELHALASZTVA</b>	Kolozsvár/ Cluj-Napoca
	XXVII. Kémianári Nyári Továbbképzés – <b>ELHALASZTVA 2021-re</b>	Eger
szepember 21–24.	18 <sup>th</sup> Central European Symposium on Theoretical Chemistry – <b>ELHALASZTVA</b>	Balaton- szárszó
október	Őszi Radiokémiai Napok, 2020 – <b>ELHALASZTVA 2021-re</b>	
november 4.	Kozmetikai Szimpózium, 2020 – <b>ELHALASZTVA 2021-re</b>	Budapest
november 16–18.	5 <sup>th</sup> Rubber Symposium of the Countries on the Danube – <b>ELHALASZTVA 2021-re</b>	Szeged
november	Hungarocoat, 2020 – <b>ELHALASZTVA</b>	Budapest

## MKE egyéni tagdíj (2021)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a **2021. 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 kémianár (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)
- az MKE Titkárságán igényelt csekken (mkl@mke.org.hu)
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/8.)

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

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

✱

Tájékoztatjuk, hogy 2021-től 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 on-line 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).

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy a **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 777 010 forintot** utal át a NAV Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértetek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkákkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaaverseny, valamint a 2020-ban tizenkettedszer megrendezett Kémiaatör egy 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 2020. 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 adótarozása 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 2021-ben az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaaverseny, valamint 2021-ben tizenharmadszor szervezendő Kémiaatör egy 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.

# HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

## LXXVI. No. 2. February

## CONTENTS

<b>Nobel prizes 2020</b>	
Chemistry	34
<b>BÉLA GYURCSIK</b>	
Physics	37
<b>KÁROLY SZATMÁRY</b>	
Physiology or Medicine	38
<b>KRISZTINA HAGYMÁSI</b>	
Nanotechnology in the textile industry	40
<b>CSABA KUTASI</b>	
From liquid phase organic synthesis to solid/solid organic mechanochemistry	44
<b>TIBOR BRAUN</b>	
<b>Celebrating the 75<sup>th</sup> volume of the Journal</b>	
An original article by <b>Attila Pavláth and László Rácz</b>	47
and a comment by <b>LÁSZLÓ RÁ CZ</b>	
<b>István Cornides (1920–1999), the father of Hungarian mass spectrometry</b>	49
<b>SÁNDOR KÉKI and LÁSZLÓ LELIK</b>	
<b>Leonardo's colours</b>	53
<b>VERA SILBERER</b>	
<b>Book reviews</b>	
<i>Insight. Introduction to a series</i>	56
<b>GÁBOR LENTE</b>	
<i>Tales of more than thousand and one molecules (by Gábor Lente)</i>	56
<b>TAMÁS KISS</b>	
<i>Professor Győző Bruckner – a student's reminiscence</i>	58
<b>GYÖRGY ÓSAPAY</b>	
<b>Obituary</b>	
Lajos Novák	59
<b>PÉTER HUSZTHY</b>	
Chembits	60
<b>GÁBOR LENTE</b>	
News of the Month	62

# Lépje át a határokat

## eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

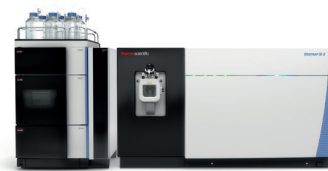
Teljesen új lehetőségek nyíltak meg a komplex analitikai kihívások megoldásában, a kis- és nagymolekulák világában egyaránt. A Thermo Scientific™ Orbitrap™ Tribrid™ nagyfelbontású, nagy tömegpontosságú tömegspektrométerek ötvözik a kiemelkedő szelektivitást, érzékenységet, sebességet és kombinálhatóságot, 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 képviselet:

**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