

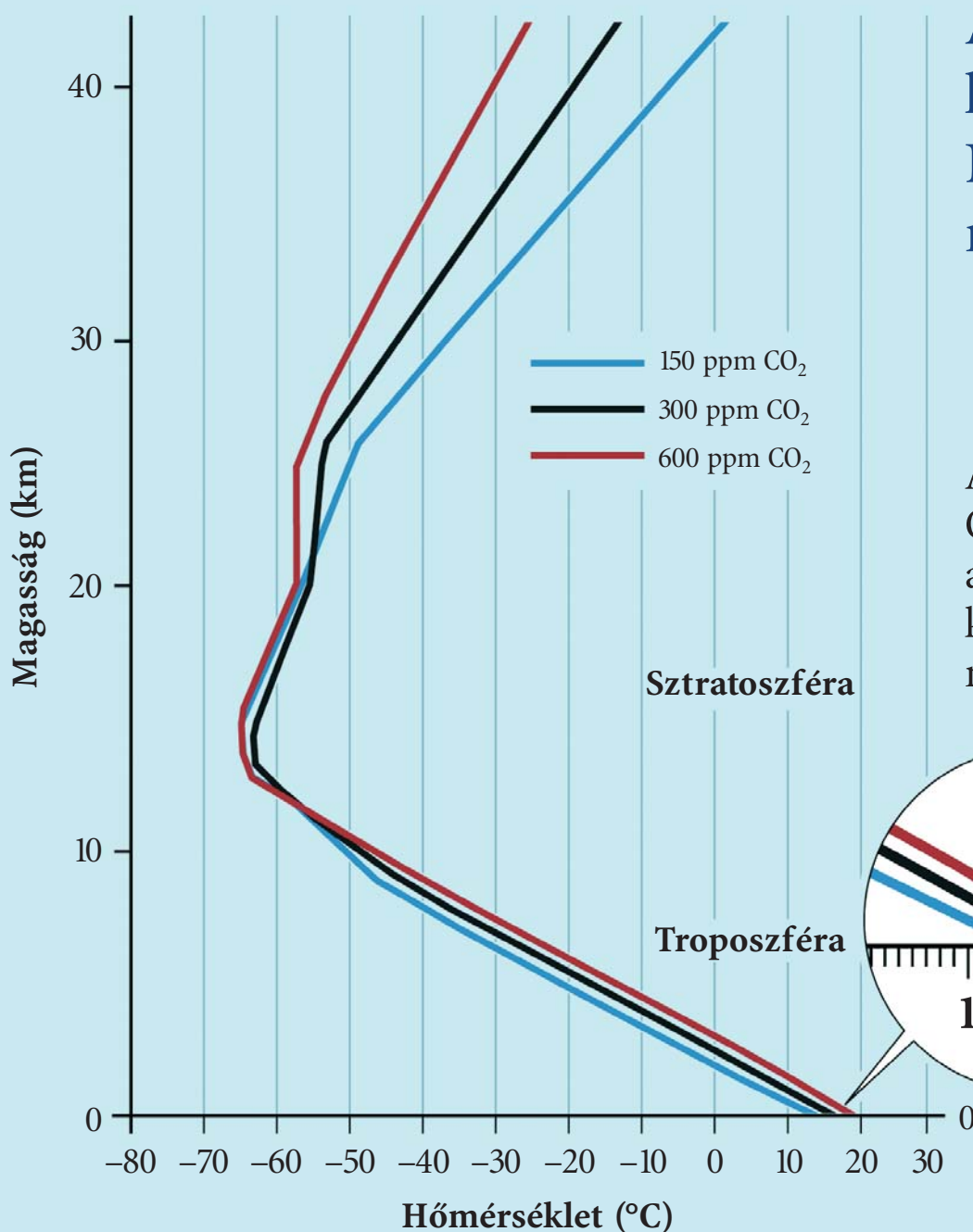
A TARTALOMBÓL:

- Aszimmetrikus organokatalízis
- Kapszaicinkutatások
- Kiról nevezték el?
- 50 éve gyártják a kevlárt
- Kémiai nyomozás a Vezúv kitörése előtt és után



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXVII. ÉVFOLYAM • 2022. FEBRUÁR • ÁRA: 850 FT



## A szén-dioxid légköri hatásának Nobel-díjas modellezése

A növekvő  
CO<sub>2</sub>-koncentráció  
a Föld-felszín  
közelében  
növeli a hőmérsékletet

Forrás: Johan Jarnestad/The Royal Swedish  
Academy of Sciences  
(Syukuro Manabe és Richard T. Wetherald  
nyomán)



A lap megjelenését  
a Nemzeti Kulturális Alap  
támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány  
a Magyar Tudományos Akadémia  
támogatásával készült

# Desztilláció, extrakció, termoreakció

behrotest<sup>®</sup> univerzális analitikai rendszer

## "NEHÉZ" MÉRÉSEK KÖNNYEDÉN

# behr

## Labor-Technik

## Düsseldorf

### Manuális és automata KOI mérők

MSZ 6060

szerint,  
**15 mg/L-től.**  
Kiemelkedő pontosság,  
egyszerű kezelés.



**AKTIV INSTRUMENT Kft.**

AUTOMATA ANALIZÁTOROK, ANALITIKAI BERENDEZÉSEK  
1145 Budapest Pétervárad u. 14.  
Tel.: (1)-789-2778, Fax: (1)-785-8489  
Mail: kozpont@aktivinstrument.hu  
web: www.aktivinstrument.hu  
Adószám: 26218544-2-42



**KOI**  
Kjeldahl  
roncsolók

**NH<sup>3</sup>**  
FENOL  
CIÁN  
VÍZGŐZ  
desztillálók

Soxhlet  
Randall  
extrahálók

**KOI**  
AOX  
analizátorok



**AUTOMATA KJELDAHL  
RONCSOLÓK ÉS  
VÍZGŐZDESZTILLÁLÓK**



**AMMÓNIA, FENOL ÉS  
CIÁN DESZTILLÁLÓK**

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





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

## Szerkesztőség:

Felölős 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  
Felölős kiadó: ANDROSITS BEÁTA  
Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.  
Nyomás: Europrinting Kft.  
Felölős 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

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:  
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,  
1015 Budapest, Hattyú u. 16.  
Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,  
e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális és archivált számaink honlapunkon  
(mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541  
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)  
HU ISSN 1588-1199 (online)  
DOI: 10.24364/MKL.2022.02

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



Novemberi számunkban a természettudományos oktatás helyzetéről számoltunk be nem túl biztató képet mutatva be olvasóinknak. Most a pedagógusok körében is elrendelt kötelező oltásokkal szemben megmutatózó jelentős ellenállás zavarja meg az amúgy sem megnyugtató helyzetet. Szeretném előre leszögezni, nem azokról szólok, akik egészségi okokból, orvosi javallatra nem kívánják beoltatni magukat, hanem azokról, akik félelemből, tudatlanságból, félrevezetettségtől elbizonytalanodva, vagy egyszerűen csak a különböző közösségi médiaforrások információbuborékjaiba belegabalyodva nem óhajtának tudomást venni a való világ tényeiről, és a fentiek révén kialakított hitvilágban élnek és azt fogadják el egyetlen létezőnek. Az ilyen bigott hívőket meggyőzni sem lehet, mert nem is hallgatnak meg más véleményt. A széles körben felvilágosítást végző szakértőket jó esetben negligálják, de gyakran minősíthetetlen hangnembem utasítják el, fenygetik, és ahol csak tehetik, méltatlan helyzetbe hozzák őket a közvélemény előtt (itt általában írok a vakcinaellenesek táboráról). Tehetik ezt az állam és a közösségi média elnéző magatartása mellett, a véleménynyilvánítás szabadsága jegyében. A szakértők valós helyzetet bemutató munkáját az állami szervek ritkán vagy kévsé segítik a járványra vonatkozó részletes és naprakész adatok nyilvánosságra hozásával. Ezt a napi sajtó is gyakran kifogásolja. A kötelező oltást hazánkban eddig csak az egészségügyben és az oktatásügyben rendelte el a kormányzat, mert ezeken a területeken az oltással nem csupán a saját egészségüket, életüket védik meg, de kollegáikat, betegeiket, illetve diákjaikat és családtagjaikat is megvédik a fertőzés lehetőségétől.

Ilyen közegben kellene a tanároknak eligazodni, sőt nekik kellene tanítani a társadalom kevésbé tanult tagjait az oltás fontosságára. Továbbá megmagyarázni a türelmetleneknek, hogy nem lehet ilyen rövid idő alatt, sőt valószínűleg sohasem, globálisan, minden vírusvariánsra hatásos vakcinát kifejleszteni, aminek hiánya miatt a tudósokat többen tehetetlenséggel vádolják, a vakcinák hatástalanságát, az oltás értelmetlenségét, „kísérleti nyulakként” való kezelésünket hirdetik. Az oltás nem vállalása a tanároknál előbb fizetés nélküli szabadságra való küldéssel, majd elbocsátással jár. Az EMMI legfrissebb felmérése szerint a tanárok kb. egy százaléka indok nélkül nem vállalja az oltást, ami az elbírálásra váró kérelmekkel együtt közel kétezer tanárt jelent. Január 1-től ennyivel csökkenhetett a pedagógusok létszáma az iskolákban.

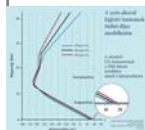
Még december közepén megdöbbenve hallgattam a pedagógusok valamelyik reformszerveződéseknek egy képviselőjét (konkrétumot direkt nem írok), aki az oltást nem vállaló tanárokat véleményük végső-kig való felvállalására buzdította. Azt vallotta, hogy ha összeomlik (különben is már összeomlóban van) az oktatásügy, akkor legalább majd lesz mit újjáépíteni. Nekik vannak elképzeléseik. Tudhatja az illető is: az oktatásügy nem fog egyik napról a másikra összeomlani, szép lassan romlik minőségileg (ennek vagyunk tanúi már évek óta). A maradék még több terhet magára vállalva viszi tovább a dolgokat, és a hanyatlás folytatódik. Mint az egészségügyben.

Szeretném optimistán befejezni ezt az eszmefuttatást. Szerencsére módom van. December 1-én volt az MTA Székházában a Rátz Tanár Úr életműdíjas tanárok díjátadója. Azokat a tanárokat jutalmazták, akik életútjukkal példát mutattak a tanári hivatás minden területén – a tanítás, a nevelés, a tananyagfejlesztés, a tehetséggondozás terén. Jó volt részt venni az eseményen. Olvassák híradásunkat februári számunkban, és ajánlom a díjátadó megtekintését az MTA YouTube-csatornáján.

*Kiss Tamás*  
Kiss Tamás  
felelős szerkesztő

## TARTALOM

<b>NOBEL-DÍJ, 2021</b>	
<b>Kupai József:</b> Az aszimmetrikus organokatalízisért kapták a 2021-es kémiai Nobel-díjat	34
<b>Jánosi Imre Miklós:</b> Fizikai Nobel-díjak, 2021	37
<b>Kiss Tamás:</b> A 2021. évi orvosi Nobel-díj	41
<b>Barthó Loránd, Pintér Erika, Pethő Gábor, Helyes Zsuzsanna:</b> A Nobel-díjas kapszaicinkutatások magyar gyökerei és kapcsolatai	42
<b>KITEKINTÉS</b>	
<b>Inzelt György:</b> Kiről nevezték el? Van 't Hoff törvényei. A Fick-törvények	44
<b>Kutasi Csaba:</b> 50 éve gyártják a kevlár szálanyagot	50
<b>Braun Tibor:</b> Művészi freskók a római Pompejiben. Kémiai nyomozás a Vezuv kitörése előtt és után	52
<b>VEGYÉSZLELETEK</b>	
<b>Lente Gábor</b> rovata	56
<b>MEGEMLÉKEZÉS</b>	
<b>Gottsegen Ágnes, Kurtán Tibor:</b> In memoriam Antus Sándor (1944–2021)	58
<b>Wöfling János:</b> Schneider Gyula (1931–2021)	59
<b>Dormán György:</b> Cseh Sándor (1967–2021)	60
<b>Szántay Csaba:</b> Ritz Ferenc (1949–2021)	61
<b>EGYESÜLETI ÉLET</b>	61
<b>A HÓNAP HÍREI</b>	62



## Címlapunkon:

A szén-dioxid  
légtér hatástanak  
Nobel-díjas  
modelljezése  
(© Johan Jarnestad/  
The Royal Swedish  
Academy of  
Sciences; Syukuro  
Manabe és Richard  
T. Wetherald  
nyomán)



Kupai József

■ BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék | kupai.jozsef@vbk.bme.hu

# Az aszimmetrikus organokatalízisért kapták a 2021-es kémiai Nobel-díjat

*A Svéd Királyi Akadémia 2021. október 8-án hirdette ki, hogy kinek ítéli idén a kémiai Nobel-díjat. Ebben a rangos elismerésben David MacMillan és Benjamin List részesült az aszimmetrikus organokatalízis kifejlesztéséért. Vajon kik ezek a tudósok és mi is az az aszimmetrikus organokatalízis?*

**A**z aszimmetrikus organokatalízis alkalmazásával leginkább a gyógyszeriparban találkozunk. Az 1950-es évek második felében történt *Contergan*-botrány óta kiemelten fontos szerepe van a különböző hatóanyagok enantiomertiszta előállításának, ugyanis egy királis molekula két enantiomerje gyakran szignifikánsan eltérő biológiai aktivitással rendelkezhet. A hatóanyagok enantioszelektív előállításának egyik lehetséges módja az aszimmetrikus szintézisek alkalmazása, amelyek során a reakcióban kialakuló királis kölcsönhatások révén az egyik enantiomer feleslegben keletkezik. Az aszimmetrikus katalízist egészen a 2000-es évek elejéig kizárólag enzim- vagy fémkatalízissel tudták megvalósítani. *List* és *MacMillan* (1. ábra) egymástól függetlenül közölték korszakal-

kotó publikációjukat, [1,2] amivel a katalízis egy harmadik lehetőségét teremtették meg: az organokatalízist.

Benjamin List 1968. január 11-én született (Frankfurt, Németország). Már az üknagyapja, *Jacob Volhard* is szerves kémikus volt, a *Hell–Volhard–Zelinskij*-reakció névadója. Egyetemi diplomát a Berlieni Szabadegyetemen szerzett (1988–1993), PhD-fokozatot pedig a frankfurti Goethe Egyetemen (1993–1997) kapott. 1997 és 2003 között az Egyesült Államokban dolgozott kezdetben Humboldt-ösztöndíjasként, majd adjunktusként a kaliforniai Scripps Kutatóintézetben, *Carlos F. Barbas III* és *Richard Lerner* kutatócsoportjában. 2003-ban hazatért Németországba, ahol először kutatócsoport-vezető lett a mühlheimi Max Planck Intézetben, melynek immár az igazgatójaként dolgozik.

David MacMillan 1968. március 16-án született (Bellshill, Skócia, Egyesült Királyság). Alapképzéses egyetemi diplomáját a Glasgow-i Egyetemen (1986–1990) szerezte meg, majd a Kaliforniai Egyetemen folytatta mesterképzéses tanulmányait, ezután doktori fokozatát is itt szerezte meg (1990–1996). Ezt követően a Harvard Egye-

temen *David Evans*nél dolgozott poszt-dokorként, majd a Caltechen folytatta kutatásait. 2006-tól egészen napjainkig a Princetoni Egyetemen folytat intenzív kutatómunkát.

*Jacob Berzelius* 1835-ben először definiálta a katalízist, [3] amelynek révén megnő a reakciók sebessége, mert a katalizátor alacsonyabb energiagáttal járó utakat nyit meg, és a reakció lejátszódása után a katalizátort változatlanul visszakapjuk. Ennek köszönhetően a katalízis során jelentős mennyiségű energiát és erőforrást takarítunk meg, miközben számottevően kevesebb hulladék keletkezik. A katalizátorokat ma már rutinszerűen alkalmazza mind az ipari, mind az akadémiai szféra, és a kémiai alapanyagok legtöbb ipari átalakítása tartalmaz valamilyen katalitikus lépést. A katalízis gazdasági jelentőségét mutatja az, hogy egyes becslések szerint a világ GDP-jének több mint 35%-ához hozzájárul. [4,5] Talán ezzel magyarázható az is, hogy eddig hétszer jutalmazták Nobel-díjjal ezt a tudományterületet, legutóbb 2010-ben a palládiumkatalizált keresztkapcsolási reakciók felfedezését.

Az organokatalizátorok rendszerint kis-



1. ábra. A két kémiai Nobel-díjas: Benjamin List (balra) és David MacMillan (jobbra)

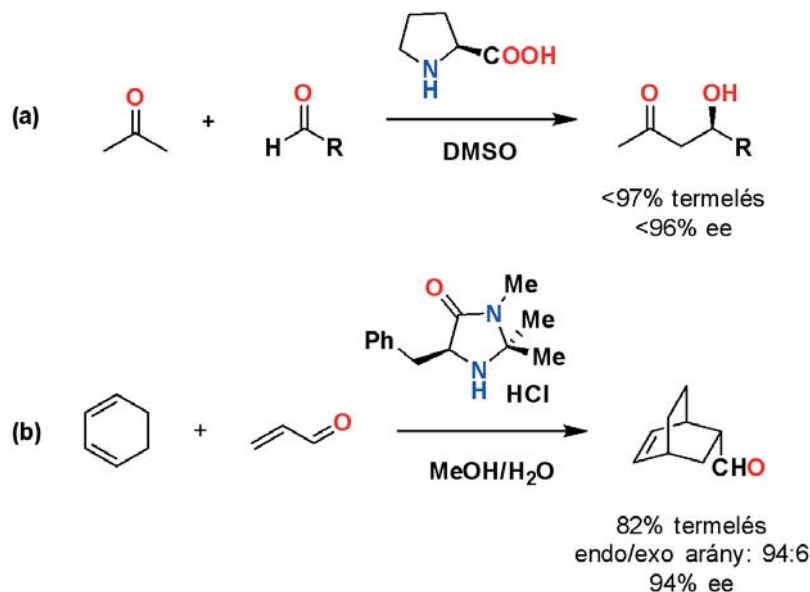


méretű, a reakciócentrumban fématomot nem tartalmazó szerves molekulák, amelyek képesek megnövelni különböző kémiai átalakulások reakciósebességét. Az első ismert organokatalitikus reakciót Liebig publikálta 1860-ban, [6] melynél acetaldehidet mint Lewis-sav katalizátort alkalmazott a dician oxálamiddá történő hidrolízisében.

Az organokatalizátorok speciális fajtáját alkotják az aszimmetrikus organokatalizátorok, melyek kifejlesztéséért nyerték el idén a kémiai Nobel-díjat. Ezek segítségével aszimmetrikus reakciókban lehet elérni sztereoselektivitást. Annak ellenére, hogy már 1912-ben ismertek olyan reakciókat, ahol egy szerves katalizátor segítségével az egyik enantiomer feleslegben keletkezik, [7] egészen a 70-es évek elejéig kellett várni, amikor *Hajós és Parrish*, [8,9] valamint *Eder, Sauer és Wiechert* [10] csoportjai egymástól függetlenül közölték úttörő eredményüket az aszimmetrikus katalízissel kapcsolatban. *Hajós Zoltán*éknak sikerült egy intramolekuláris aldolreakcióban a *Wieland–Miescher*-ketont előállítani 95% enantiomerfelesleggel, és ehhez csupán 0,3 mol% L-prolin katalizátort kellett alkalmazniuk. A jelentős felfedezés ellenére a szerzők nem dolgoztak ki általános eljárást, aminél enaminkatalízissel lehet királis aminokat előállítani, ezért a kémikus társadalom sem fedezte fel az ebben rejlő hatalmas potenciált.

A terület az ezredfordulót követően vált igazán népszerűvé, amikor *List*, [1] illetve *MacMillan* [2] és kutatócsoportjaik munkásságát publikálták. Míg előbbi rámutatott, hogy a kisméretű szerves molekulák képesek utánozni az enzimeknél megfigyelt katalitikus aktivitást és mechanizmust, addig utóbbi megalkotta az organokatalízis fogalmát, és egy általános aktiválási módot is bemutatott, ami több szerves kémiai átalakítás során is alkalmazható.

*List* a Scripps Kutatóintézetben *Barbas* posztdoktoraként katalitikus antitestekkel foglalkozott. Normál esetben az antitestek a szervezetünkben lévő idegen vírusokhoz, illetve baktériumokhoz kötődnek, de *Barbas* csoportja úgy módosította ezeket, hogy kémiai reakciókat tudjanak katalizálni. *List* kezdetben a katalitikus antitesteket az aldoláz I enzim utánzására használta fel. [11] A vizsgált enzim több száz aminosavból épült fel, és bár több enzim működéséhez fém jelenléte is szükséges, néhány esetben fém nélkül is mutatott katalitikus aktivitást. Az aktív centrumában található lizin aminosav csoportja enamint képezett a szubsztráttal, amelyet ezután az aldehid-



2. ábra. Példák aminkatalízisre: (a) prolin-katalizált intermolekuláris aldolreakció aceton és aldehidek között; (b) imidazolidinon-katalizált aszimmetrikus Diels–Alder-reakció [1]

hez adagolt, és végül lejátszódott az aldolreakció.

A későbbiekben megvizsgálta, hogy egyetlen aminosav is képes-e aszimmetrikus reakciót enantioszelektíven katalizálni. Ismerve az L-prolinnak a 70-es évek elején bemutatott katalitikus aktivitását intramolekuláris aldol-reakcióban, kipróbálta katalizátorként az aceton és különböző aldehidek reakciójában. Meglepő módon kiemelkedő enantioszelektivitással (<math><96\%</math> ee) kapta az aldol terméket (2.a ábra). A korábbi kutatóktól eltérően *List* nemcsak bemutatta, hogy a prolin hatékony katalizátor, hanem megtalálta benne a potenciált is. Szemben az enzimekkel, illetve fémkatalizátorokkal ez nagyon egyszerű, olcsó és környezetbarát módon alkalmazható molekula. Már a 2000 februárjában közölt publikációjában [1] úgy mutatta be a szerves molekulákkal végzett aszimmetrikus katalízist, hogy felhívta a figyelmet az ebben rejlő lehetőségekre is.

Amíg Benjamin *List* az enzimek tanulmányozása során jutott el az organokatalizátorokhoz, addig *David MacMillan* kezdetben fémkatalizátorokat alkalmazott aszimmetrikus katalízisre. A Harvard Egyetemen *Evans* kutatócsoportjában Lewis-sav típusú bisz(oxazolin)réz(II)-komplexekeket alkalmazott enantioszelektív aldol-, illetve Diels–Alder-reakciókban. 1998-ban önálló kutatócsoportot alapított a Berkeley Egyetemen, és új kutatási területbe kezdett, ami fémet nem tartalmazó szerves vegyületek katalitikus alkalmazására épült. Azért váltott témát, mert az akkoriban alkalmazott fémkatalizátoroknak korláto-

zott volt az ipari alkalmazhatósága a nedvességre és a levegő oxigénjére való érzékenyséjük miatt. Új katalizátorának szintézisének, melyet a későbbiekben róla neveztek el *MacMillan*-katalizátornak, *List*-hez hasonlóan egy aminosav-származékból, az L-fenilalanin metilészteréből indult ki, amelyet három lépésben alakított a megfelelő imidazolidinonszármazékká. Ezt a katalizátort kiváló enantioszelektivitással (94% ee) alkalmazta aszimmetrikus Diels–Alder-reakcióban (2.b ábra). *MacMillan* felismerte a fémentesen végzett, csak szerves vegyületet alkalmazó aszimmetrikus katalízis újdonságát, és korszakalkotó publikációjában [2] el is nevezte ezt a területet organokatalízisnek.

A preparatív kémikusok korán felismerték azokat az előnyöket, amelyeket az organokatalízis területe nyújthat a laboratóriumi szintű munka során. Az alacsony költség, könnyű hozzáférhetőség, nehézségek nélküli alkalmazás, ami nem igényel speciális eszközöket vagy körülményeket, és a számos új módosítási lehetőség mind hozzájárultak ahhoz, hogy mára több kutatócsoport is foglalkozik a területtel. Az organokatalitikus témában született publikációk számának alakulása a 3. ábrán látható.

Az aszimmetrikus organokatalizátorok napjainkban az aromák, illatanyagok, bioaktív molekulák és gyógyászati szerek szintézisében játszanak szerepet.

A gyógyszerkémiaiában való alkalmazásuk létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen, hiszen rák-, illetve vírusellenes, parazitaellenes, antibakteriális, neuroprotektív, valamint szív- és érrendszervédő szerek gyár-





3. ábra. Évenkénti és összes organokatalízis témájú publikáció (keresőmotor: Web of Science; kulcsszó: organocatalysis; 2021. 11. 30.)



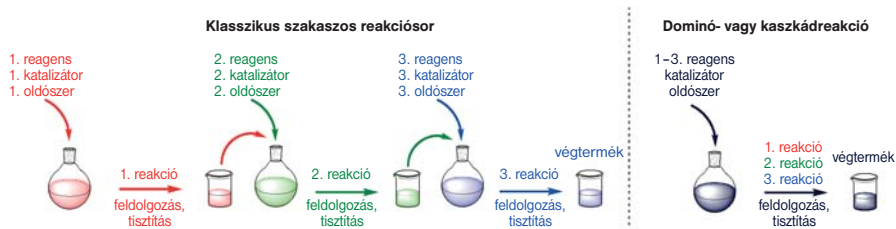
4. ábra. Aszimmetrikus organokatalízissal előállított, forgalomban lévő gyógyszerek

tásában alkalmazzák őket. Konkrét példákat említve az immunhiányos vírusfertőzés kezelésére szolgáló *efavirenz*, az A és B típusú influenza megelőzésére és kezelésére szolgáló vírusellenes szer, az *oseltamivir*, a cytomegalovírus ellen ható vírusellenes szer, a *letemovir*, a baktériumellenes szer *levofloxacin*, illetve a neurotranszmitter inhibitor (*R*)-*baklofen* előállítására alkalmaznak aszimmetrikus organokatalízist (4. ábra). [13]

Az organokatalizátorok további előnye, hogy vizes vagy oldószermentes közegben, illetve folyamatos rendszerekben is alkalmazhatók, amivel a keletkező hulladék mennyiségét lehet csökkenteni, így környezetbarátabb alternatívát kínálnak mind az ipari, mind az akadémiai szférának.

[14] Érdemes kiemelni a redoxaktív aszimmetrikus organokatalizátorokat (más néven fotoorganokatalizátorokat), [15] melyeket fényel (egy megújuló, nem veszélyes és környezetbarát reagenssel) lehet aktiválni, és mind gazdaságossági, mind környezetvédelmi szempontból nézve is vonzó megoldásnak számít. Az aszimmetrikus organokatalízis további jelentősége, hogy növelte a gyógyszergyártás hatékonyságát, illetve zöld kémiai jellegét az *egyedényes*, [16] illetve többlépéses dominó- (vagy kaszkád-) [17] reakciókkal (5. ábra). Amíg a hagyományos szakaszos megközelítésnél klasszikus szerves szintézis történik, melynél a köztitermékeket izolálni és tisztítani kell minden reakciólépés után,

5. ábra. A klasszikus szakaszos reakciósor, illetve a dominóreakció összehasonlítása



szükséges reagenst összekeverjük ugyanabban a lombikban, és egymás utáni reakciók mennek végbe anélkül, hogy további reagenseket kellene beadagolnunk. Ez a megoldás feleslegessé teszi az intermedierek izolálását, illetve tisztítását minden reakciólépés után. Az organokatalizátorok jelenlétében végzett kaszkádreakciók segítségével egyszerű építőelemekből komplex vázak építhetők fel enantio-, illetve diastereoselektív módon akár grammos mennyiségben is.

Mint láthattuk, az aszimmetrikus organokatalízis létrejöttében egy magyar kutatónak is kulcsszerepe volt, hiszen Hajós Zoltán intramolekuláris aldolreakcióban elért eredményei fontos előzményét képezte List prolinkatalizálta aldolreakciójának. Egy másik kiemelkedő magyar kutató, Soós Tibor 2005-ben egy hidrogénkötés-donor típusú cinkona-tiokarbamid organokatalizátort kiváló enantiomerfelesleggel alkalmazott nitroalkánok kalkonokra történő Michael-addíciójában. [18] Katalizátorának jelentőségét mi sem bizonyítja jobban, hogy több publikációban is „Soós-katalizátor”-ként hivatkozzák.

Összefoglalva, az organokatalizátorok széles körű alkalmazhatóságát, illetve ezek környezetbarát megvalósítását látva vitathatatlan, hogy a 2021-es kémiai Nobel-díj a lehető legjobb kezekbe került. Gratulálunk!

#### IRODALOM

- [1] B. List, R. A. Lerner, C. F. Barbas, J. Am. Chem. Soc. (2000) 122, 2395–2396.
- [2] K. A. Ahrendt, C. J. Borths, D. W. C. MacMillan, J. Am. Chem. Soc. (2000) 122, 4243–4244.
- [3] J. Trofast, The Concept of Catalysis. In Perspectives in Catalysis - In Commemoration of Jöns Jacob Berzelius; Larsson, R., Ed.; Gleerup:Lund, 1981; 9–17.
- [4] J. Hagen, Ind. Catal. Pract. Appr. (2015) 459–462.
- [5] <https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/advanced-chemistryprize2021-3.pdf>
- [6] J. von Liebig, Liebigs Ann. Chem. (1860) 113, 246–247.
- [7] G. Bredig, W. S. Fiske, Biochem. Z. (1912) 46, 7–23.
- [8] Z. G. Hajós, D. R. Parrish, German Patent DE2102623, July 29, 1971.
- [9] Z. G. Hajós, D. R. Parrish, J. Org. Chem. (1974) 39, 1615–1621.
- [10] U. Eder, G. Sauer, R. Weichert, Angew. Chem. Int. Ed. (1971) 10, 496–497.
- [11] T. Hoffmann, G. Zhong, B. List, D. Shabat, J. Anderson, S. Gramatikova, R. A. Lerner, C. F. Barbas, J. Am. Chem. Soc. (1998) 120, 2768–2779.
- [12] P. Melchiorre, M. Marigo, A. Carlone, G. Bartoli, Angew. Chem. Int. Ed. (2008) 47, 6138–6171.
- [13] B. Han, X.-H. He, Y.-Q. Liu, G. He, C. Peng, J.-L. Li, Chem. Soc. Rev. (2021) 50, 1522–1586.
- [14] S. B. Tsogoeva, N. Engl. J. Med. (2021), doi: 10.1056/NEJMcibr2116228
- [15] J. J. Murphy, D. Bastida, S. Paria, M. Fagnoni, P. Melchiorre, Nature (2016) 532, 218–222.
- [16] H. Ishikawa, T. Suzuki, Y. Hayashi, Angew. Chem. Int. Ed. (2009) 48, 1304–1307.
- [17] C. Grondal, M. Jeanty, D. Enders, Nat. Chem. (2010) 2, 167–178.
- [18] B. Vakulya, S. Varga, A. Csámpai, T. Soós, Org. Lett. (2005) 7, 1967–1969.



## Jánosi Imre Miklós

■ NKE Víz tudományi Kar, Víz- és Környezetpolitikai Tanszék

# Fizikai Nobel-díjak, 2021

A tudományos közélet évente meghatározó eseménye a Nobel-díjak nyertesinek őszi kihirdetése. A nagy titokzatossággal kezelt jelölési eljárást követő hivatalos bejelentéseket mindig is élénk figyelem kíséri: ha a „Nobel Prize Physics 2021” kulcsszavakra rákeresünk az interneten, kb. 800 000 találatot kapunk. A rövid sajtótudósítások megfogalmazói egyébként gyakran zavarban lehetnek, ha gyorsan és tömören kell a tudományos eredményről összefoglalót írni, például az idei kémiai díjazottak (Benjamin List és David MacMillan) kutatási területe bizonyos molekulák irányított tervezését lehetővé tévő organokatalízis. Magam is érdeklődve fogom elolvasni az e számban megjelenő magyarázatot, mert természetesen fogalmam sincs a témakörrel.

A fizikai díjazottak esetén is elég homályos a sommás leírás. A hivatalos közlemény szerint a 2021-es fizikai Nobel-díjat „az összetett rendszerek megértéséhez nyújtott úttörő hozzájárulásért” ítélték oda. Egyik felét Syukuro Manabe és Klaus



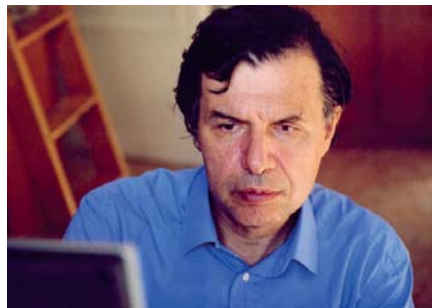
**Syukuro Manabe**

(fotó: Bengt Nyman, CC BY-SA 2.0)

**Klaus Hasselmann** (fotó: ESA)



Hasselmann „a Föld éghajlatának fizikai modellezéséért, a változékonyság számszerűsítéséért és a globális felmelegedés megbízható előrejelzéséért” kapta közösen. A díj másik felét Giorgio Parisinak „a fizikai



**Giorgio Parisi**

(fotó: Lorenza Parisi, CC BY-SA 4.0)

rendszerekben az atomtól a bolygóléptéig terjedő rendezetlenség és fluktuáció kölcsönhatásának felfedezéséért” ítélték oda [1]. Sokkal egyszerűbb megfogalmazások is nagy számban találhatóak, ezek szerint mindhárman a Föld klímája és a globális klímaváltozás megértéséhez járultak hozzá úttörő munkásságukkal – ez azért már igen távol áll a valóságtól.

A három tudós életrajza a Wikipédia-oldalaktól az intézetek saját honlapjaiig számtalan helyen olvasható, ezért ezeket megismételni nem tartom szükségesnek. Azért az érdekesebb tényeket érdemes összefoglalni az egyszerűség kedvéért. Mindhárom díjazott gazdag és eredményes életutat tudhat maga mögött, amelyben jelentős szerepet játszott a világ legjobb egyetemén és kutatóintézeteiben eltöltött rövidebb-hosszabb vendégeskedés, és a világ legismertebb vezető tudósaival való együttműködés. Ez gyakorlatilag elkerülhetetlen „belépő” egy Nobel-díj elnyeréséhez, a munkásság világszintű megismertetéséhez, elismertségéhez. 1901-es megalapítása óta fizikából 115 alkalommal díjaztak 219 nyertest. (A szabályzat szerint nem „kötelező” évente díjat kiadni, amennyiben nem talál a testület elég kiemelkedő eredményt; ez a fizikában hatszor fordult elő [2].)

Klaus Hasselmann (90) és Syukuro Manabe (90) életútja igen jól dokumentált,

köszönhetően az AIP (American Institute of Physics) „Oral History Interviews” archívumának [3, 4]. Biztosan születnek majd Parisi-interjúk is, de fiatal kora miatt (73 éves) erre még nem került sor.

Klaus Hasselmann gyerekkorát Angliában töltötte, családjával emigráltak oda még 1934-ben, amikor hároméves volt. Így az iskolaéveit is ott töltötte, és első élményét a fizikával – mi más lehetett volna – egy detektoros rádió szerezte. Felsőfokú tanulmányait már Hamburgban kezdte a háború utáni időkben, ami két dolog miatt is nehéz időszak volt a számára, saját bevallása szerint. A kis kertés, barátságos angliai városka helyett családjának a rommá bombázott Hamburgban kellett újra lábra állnia, neki pedig a liberális brit iskolaszisztemből vissza kellett szoknia a porosz német oktatásba. Diplomamunkája az izotróp turbulencia elméletével állt kapcsolatban, és mint annyi fiatal „titán”, ő is azt remélte, hogy a „nagy áttörés” felé döntő lépéseket tesz majd. (A folyadékok Navier–Stokes-mozgásegyenletét a 19. század első felében sikerült felírni, ám a komplett matematikai megoldása – különös tekintettel a turbulenciára – mind a mai napig olyannyira ismeretlen, hogy egyike a Clay Matematikai Intézet által felsorolt hét Millenniumi problémának. Ezek teljes megoldása egyenként 1 millió dolláros díjjal kecsegtet [5].)

Hasselmann később praktikusabb problémák felé fordult. Szakmai indulása egyébként nem volt konfliktusoktól mentes. PhD-fokozatát ugyan két év alatt megszerzte, de elég gyenge minősítést kapott rá, mert a kitűzött probléma megoldására más utat választott, mint amit a témavezetője javasolt. Munkásságának egyik fele óceánfelszíni hullámok generálásához, terjedéséhez, kölcsönhatásaihoz és energetikájához kapcsolódott. A hírneves Scripps Oceanográfiai Intézetben (San Diego, Kalifornia) eltöltött öt év alatt a hullámtan nemzetközi hírű szakértőjévé nőtte ki magát egy sor publikációjával. Ezután családi okokból visszaköltözött Németországba (felesége és gyermekei sem igazán érezték jól magukat az USA-ban), ahol néhány év után,



1975-ben alapító igazgatója lett a hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézetnek (egészen 1999-ig ezt a vezető pozíciót töltötte be). Ebben az időszakban már nagyon sok témával foglalkozott az oceanográfia mellett, többek között az időjárás és a klíma, a klímaváltozás, az antropogén hatás azonosítása, még később kvantumtérelmélet, elemi részecskék fizikája és az általános relativitáselmélet is felbukkant az érdeklődési körében. Vajon mi lehet a közös pont ebben a változatos listában? Nos, Hasselmann saját megfogalmazása szerint a hullámok nemlineáris kölcsönhatásaival olyan sokat foglalkozott, és olyan matematikai mélységben, hogy a módszertant és a szemléletmódot az óceán felszínétől számtalan más területre lehetett kiterjeszteni.

A Nobel-díj Bizottság méltatása szerint Hasselmann két alapvető (egyszerűsítő) publikációja jelképezi azt az áttörő eredményt, amellyel hozzájárult a klímatudományhoz. Az első a sztochasztikus klímamodellek matematikai alapvetéséről szól [6], írása-kor Hasselmann 45 éves volt. Természetesen ez a munka nem előzmények nélküli, PhD-hallgatóival együtt számos korábbi cikket jelentettek meg a témában (a sok független publikáció mellett), ez tekinthető viszont a koncepció letisztázásának. Hasselmann véleménye szerint alig valaki olvasta ezt a dolgozatot, mégis rengetegen hivatkozták. Lényege talán úgy foglalható össze, hogy a klímarendszer két változó halmazal jellemezhető, az egyik egy „gyors” (időjárás), a másik egy „lassú” (klíma-paraméterek). Csatolásuk sztochasztikus differenciálegyenlet-rendszerrel írható le (szakértőknek: Fokker–Planck-egyenlet). A megoldás viselkedésének sajátossága,

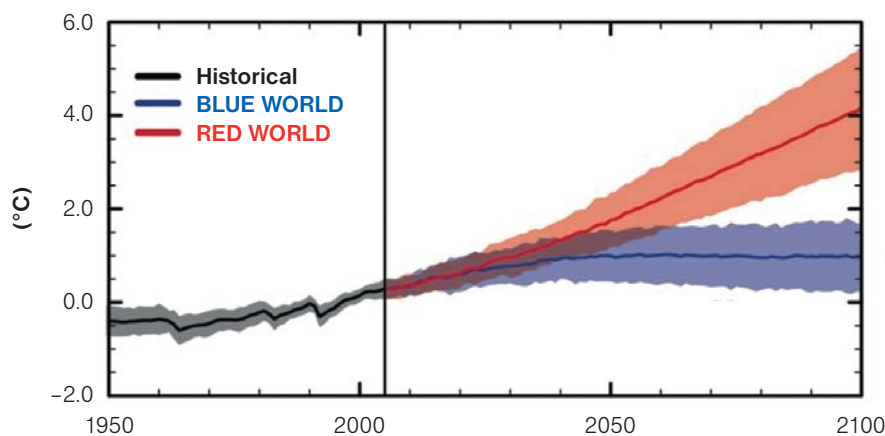
hogy a klíma-paraméterek lassú eltolódásához nem szükséges a külső kényszerek (pl. a Naptól érkező sugárzás) változása, a belső gyors fluktuációk önmagukban képesek a „klímaváltozás” létrehozására. Ennek a szemléletnek egyik korlátja az időskálák szeparációjának kérdése. Az időjárás gyorsan változik, az éghajlati paraméterek (hosszú idejű átlagok) lassan, de az adatokon nemigen látszik ez a szétválás. A klímarendszer lényeges (ha nem meghatározó) eleme a világóceán, amelyben a lassú függőleges keverés (a „Nagy óceáni szállítószalag”) önmagában egy több száz, ezeréves időskálán változó komponenst jelent. Mielőtt még a klímaváltozás antropogén hozzájárulásában kételkedők örvendezni kezdenének, érdemes elolvasni a második méltatott cikket [7], bár a megfogalmazása kökemény matematika. Az „ujjlenyomat” (fingerprint) koncepció letisztulásakor Hasselmann már a hatvanas éveiben járt, és ekkoriban már fejlett, nagy felbontású csatolt óceán–légkör numerikus modellek (melyek megalapozásához a másik díjazott, Syukuro Manabe járult hozzá döntő mértékben) széles körben álltak rendelkezésre. Az ujjlenyomat-stratégia lényege, hogy statisztikai módszerekkel kiértékelhető a modellek által előre jelzett és az észlelt mintázatok egyezése, illetve eltérése különböző klimatikus paraméterek és változók esetére. Az egyik legismertebb illusztráció a globális átlaghőmérséklet alakulása antropogén hozzájárulással, illetve anélkül (**1. ábra**). A modellek által előre jelzett mintázat eltérő paraméterek (pl. CO<sub>2</sub>-koncentráció) esetén időben (és térben) másképpen alakul, azonos belső változékonyság mellett. A mérésekkel történő összehason-

lítás alapján módunk van annak becslésére, hogy mekkora (ha van) az antropogén hozzájárulás a klíma-paraméterek eltolódásához. Az utolsó publikált IPCC-jelentés óta (2013) majdnem egy évtized telt el, különös tekintettel az abban felhasznált eredményekre, azóta a mérések a „Red World” szcenárió mentén alakulnak.

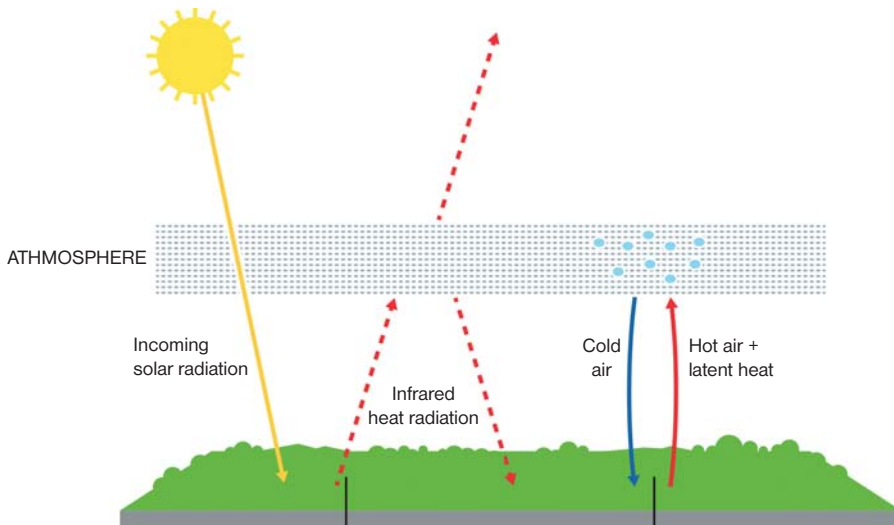
Ez utóbbi bekezdés különösen alkalmas átkötés a következő díjazott, Syukuro Manabe méltatásához. Ő is 1931-ben született Japán egyik kis szigetének apró falujában, ahol édesapja és nagyapja is orvosként szolgált a helyi közösséget. Kézenfekvő volt, hogy a legfiatalabb Manabe folytassa a családi hagyományt, ám a középiskolai évek során, illetve a Tokiói Egyetemen elkezdett tanulmányai első két évében fokozatosan elvesztette érdeklődését a biológia és az orvostudomány irányában. Ezzel párhuzamosan a fizika és a matematika vonzotta egyre nagyobb mértékben, úgyhogy váltott is, és geofizikai stúdiumokba kezdett. Végül meteorológusként végzett már a háború utáni években, de állást nem sikerült kapnia. Beszámolója szerint a háború években a hadsereg és a haditengerészet olyan nagy számban képezett meteorológusokat, hogy a békeidőben eleinte túl sokan voltak az álláshelyekhez képest [4]. Még doktori fokozatának megszerzése (1959) után sem sikerült elhelyezkednie. Gyakorlatilag az első adódó lehetőséget kihasználva elutazott az Egyesült Államokba, ahol az amerikai meteorológiai szolgálat kutatórészlegében dolgozott megszakitás nélkül egészen 1997-ig. Ezután négy évig Japánban igazgatta a klímaváltozást kutató intézeti hálózatot, de 2002-ben visszatért az Egyesült Államokba, a Princetoni Egyetemre.

Díjazott kutatási eredményeit még a hatvanas évek elejétől elkezdett munkája során érte el, sokat idézett cikkeinek túlnyomó részét negyvenéves kora előtt publikálta [pl. 8, 9]. Egyik fiatal kollégája a Princetoni egyetemi évekre visszaemlékezve (ekkor Manabe már hetven fölött járt) arról számolt be, hogy különösebben nem volt kollegiális-baráti légkör az intézetben, de azért különböző társaságokban együtt jártak ebédelni. Ezek során gyakran esett szó aktuális tudományos kérdésekről, és ha Manabe hozzászólt a témához, az indító mondata általában olyasmi volt, hogy „ja, ezt én megcsináltam 20–30–40 évvel ezelőtt”. (Ez meglehetősen irritáló viselkedés lehet, amit magam is megtapasztaltam legalább két neves külföldi tudós részéről. Egyikük annyira agresszív személyiség volt, hogy szakmai konferenciákon habozás nél-

1. ábra. A globális átlaghőmérsékleti anomália előre jelzett alakulása nagy felbontású csatolt óceán–légkör numerikus modellek segítségével, két modell-feltevés esetén. A piros görbe („Red World”) a jelenlegi ütemben növekvő, míg a kék („Blue World”) a kétezres évek után stagnáló CO<sub>2</sub>-szintekre vonatkozik. A 2005 előtti időszak a történelmi („Historical”) idősorokra vonatkozik, ami a modellek kalibrációs tesztje is egyben (forrás: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>)







**2. ábra.** Manabe és Wetherald klímamodelljének vázlatja. A fő komponensek: a Naptól érkező sugárzás (a látható tartományban a légkör jobbára átlátszó), a felszínről kibocsájtott hőmérsékleti sugárzás (infravörös tartományban a légkör jó elnyelő), a légkörből lefelé és az űrbe történő infravörös sugárzás, valamint a látens hő transzportja a víz párolgása és magasabb légköri kicsapódása során  
(forrás: Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences)

kül félbeszakított bármilyen előadást hangozó közbeszólásokkal, ha úgy vélte, hogy a téma már „lerágott csont”, hiszen ezt ő ekkor-meg-akkor már rég publikálta.) Nem csoda, hogy Manabe ifjú kollégája hasonló módon nehezen viselte ezeket a megjegyzéseket, úgyhogy egy alkalommal vette a fáradságot, és utánament az állításoknak. Legnagyobb meglepetésére kiderült, hogy Manabe a szóba került problémákat 20–30–40 évvel korábban tényleg megoldotta...

A hatvanas években kidolgozott numerikus légköri modellek valóban jelentős lépést jelentettek a mai komplex, nagy felbontású programok kifejlesztéséhez. A kiinduló modell vázlatát illusztrálja a **2. ábra**, az elrendezés igen leegyszerűsítve mutatja be az ún. radiatív-konvektív egyensúly kialakításához szükséges komponenseket. Manabe és Wetherald [9] a teljes légkört egydimenziós oszlopként kezelte, a relatív páratartalom és az üvegházhatású gázok koncentrációjának adott magassági profiljaival. (Közbevetve megjegyezzük, hogy Manabe fő szerzőtársa, Richard T. Wetherald 2011-ben, 75 éves korában elhunyt, és Nobel-díjat csak élő személy kaphat). Az atmoszférikus oszlop állapotjelzői első lépésben egy kezdeti állapotból sugárzási átvitel (radiatív transzfer) útján érnek el stacionárius eloszlást, amelyet az üvegházhatású gázok (legfontosabb a vízgőz) abszorpciók spektrumai alapján számítanak ki. Ha kizárólag a sugárzási átvitelt vesszük figyelembe, akkor a hőmérsékleti gradiens (lapse rate) a troposzférában  $-15\text{ °C/km}$  érték körül alakul, ami

sokkal meredekebb a megfigyeltnél. Második lépésben a konvektív korrekció következik, amely figyelembe veszi a meleg nedves feláramlást követő fázisátalakulást a magasabb rétegekben, ami látens hő felszabadulásával jár együtt (**2. ábra** jobb szélén). Ekkor a „nedves” függőleges hőmérsékleti gradiens a tapasztalati értékhez közelebbi,  $-6\text{ °C/km}$  értékre áll be. A számítások gyakorlati részletei bonyolultabbak, ugyanis a vertikális fel- és leáramlást ez a modellcsalád nem reprezentálja áramlástaniilag. Helyettesítésére a „convective adjustment” nevű korrekciós eljárás szolgál, ami egy kialakuló adiabatikusan instabil hőmérsékleti profil visszaigazítását jelenti.

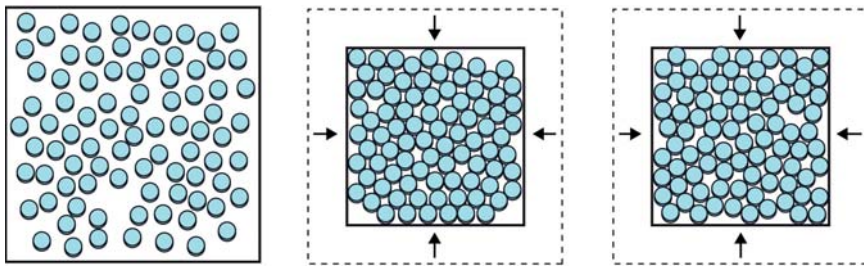
Manabe és Wetherald két lényeges módosítása a korábbi modellekhez (pl. [8]) képest, hogy az abszolút páratartalom helyett a relatív páratartalmat vették figyelembe, valamint a radiatív transzfer spektrális számítása során a vízpára mellett a többi üvegházgázt is beépítették. Mindezek eredményeképpen először határozták meg a „klímaérzékenység” nagyságrendjét, ami a  $\text{CO}_2$ -koncentráció duplázódása esetén  $2,3\text{ °C}$  globális felszíni átlaghőmérséklet-eltolódást eredményezett (lásd a címlapot). A modern globálisan csatolt óceán-atmoszféra numerikus modellek (Manabe és munkatársai munkáiból kiindulva, fél évszázadnyi fejlesztést követően) ugyanezt a klímaérzékenységet a  $2,5\text{--}4\text{ °C}$  tartományban becsülik. Egyébként a numerikus modellek klímaprojekciói a 2100-as évre lényegében nem változtak évtizedek óta,

sem a várható globális átlaghőmérséklet-, sem a globális tengerszint-emelkedés tekintetében. Ez azt jelenti, hogy bár a modellek komplexitása folyamatosan nő, a rácsfelbontásuk finomodik, egyre nagyobb szuperszámítógépes kapacitásokat használnak fel, a lényeges (és jól értett) fizikát már a hatvanas években ismerték.

A névsorban harmadik, Giorgio Parisi munkásságának és díjazott eredményeinek az ismertetése a legkeményebb dió. A Nobel-díj Bizottság megfogalmazása szerint 1980 körül Parisi „rejtett mintázatokat fedezett fel rendezetlen komplex anyagokban”. Ezek megértését és leírását nemcsak a látszólag teljesen rendezetlen anyagokra, hanem más területekre is sikeresen terjesztették ki kezdve a matematikától – a biológián, neurológián keresztül – egészen a gépi tanulásig.

Giorgio Parisi 1948-ban született Rómában. Hosszas keresgélés után sem deríthető ki túl sok fiatalkoráról, következő dokumentált életrajzi adata szerint 1970-ben a római La Sapienza Egyetemen szerzett diplomát a nagyenergiájú részecskefizika területén (azt persze el kell ismernem, hogy nyelvtudás hiányában az olasz forrásokat nemigen tudtam átnézni). Nála sem maradtak el a vendégkutatói „kirándulások” (1973–74: Columbia Egyetem, 1976–77: Institut des Hautes Études Scientifiques, 1977–78: École Normale Supérieure), de az általában Nobel-díjjal kitüntetett tudósokhoz képest sokkal rövidebb ideig dolgozott külföldön, különösen az Egyesült Államokban. 1981 és 1992 között a Tor Vergata Egyetem, 1992-től mind a mai napig a La Sapienza Egyetem professzora (mindkettő Rómában). Tucatnyinál több neves kitüntetés mellett említésre méltó a fizikai Wolf-díj 2021-es elnyerése, ugyanis a Wolf-díjat gyakran (joggal) a Nobel-díj „előszobájának” titulálják.

Elmondása szerint szereti Olaszországot, Rómát, és mindig kitűnő mentorokkal és kollégákkal dolgozhatott együtt. Családjáról szükséztlenül szokott nyilatkozni, egy érdekes apróság a *Tiranapost* albán portálon megjelent, díjátadást követő interjúból azért kiderül: ötszáznál több tudományos cikke és hét szakkönyve mellett gyermekmeséket is írt, amiket kezdetben két gyermekének, mostanában négyéves unokaöccsének szokott felolvasni. Újabb érdekes adalék, hogy szerénysége és visszafogottsága mellett nem áll tőle teljesen távol a „politikai aktivizmus”. Még 2008-ban történt, hogy 66 oktatótársával együtt tiltakozó levelet írt az ellen, hogy a La Sapienza Egyetem vezetése meghívta XVI.



3. ábra. Minden alkalommal, amikor sok egyforma korongot véletlen kezdő elrendezésből összenyomnak, egy új szabálytalan minta (üvegállapot) alakul ki annak ellenére, hogy pontosan ugyanúgy nyomják össze őket. Mi szabályozza az eredményt?

Giorgio Parisi felfedezett egy rejtett struktúrát az ilyen összetett rendezetlen rendszerekben, és megtalálta a módját ezek matematikai leírásának

(forrás: Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences)

Benedek pápát a tanévnyitó előadás megtartására. Három nap kampányolás után az egyetem lemondta a pápai meghívást. „Vallásos személyiség – legyen az akár rabbi vagy imám – nem megfelelő választás egy nem vallásos intézmény évnnyitójának megtartására” – nyilatkozta 2012-ben a *PhysicsWorld* magazinnak. Emellett többször élesen bírálta Silvio Berlusconi tudománypolitikáját, amely valójában durva pénzügyi elvonásokat jelentett, pedig akkoriban a gazdaság jól prosperált. Véleménye szerint ennek közvetlen következménye, hogy nagyon sok fiatal tudósplánta kényszerült külföldre.

Térjünk vissza a rendezetlen rendszerekre. Nagyjából Parisi diplomája megszerzésének idejében, a hetvenes évek elején bukkant fel a „spinüveg” fogalma a szakirodalomban. A spinüvegek olyan rendezetlen anyagi rendszerek, amelyekben mágneses atomok (pl. Fe) véletlenszerűen keverednek nem mágneses atomokkal (pl. Cu). Egy ilyen rendszerben nagyon sok „frusztrált” kölcsönhatás lép fel, amit könnyű megérteni. Rendezzünk el három elemi mágneset egy egyenlő oldalú háromszög sarkaiban. A rendszer energiaminimuma olyan állapot lenne, amikor minden mágnes azonos irányban áll. Ám ha két sarokpontban a mágneseket „befagyaszttjuk” elentétes irányban, a harmadik mágnes irányultsága frusztrált, azaz állhat az egyikkel vagy a másikkal párhuzamosan, azonos energiájú állapotokat, de más konfigurációt létrehozva. Ráadásul, ha az elemi mágnesek egy ötvözetrácsban véletlenszerűen helyezkednek el, akkor a frusztrált kölcsönhatások erőssége is rendezetlen eloszlású, tovább komplikálva a képet. A mágneses fázisátalakulás során (a kritikus hőmérséklet fölé történő felmelegítést követő hűtéskor) más és más konfiguráció alakulhat ki. Ennél is bonyolultabb a helyzet, ha a rácsban ferromágneses és antifer-

romágneses csatolású atomok helyezkednek el. Egyszerűbben szemlélteti a rendezetlenség következményét a 3. ábra. Egyforma korongok véletlenszerű kezdő állapotból kiinduló összenyomásának az eredménye más és más végső konfiguráció (replikáció) lesz ismételt kísérletek esetén. Laboratóriumban ezt pl. fémolvadékok nagyon gyors hűtésével lehet demonstrálni, a végállapot az ún. fémüveg, egy rendkívül hosszú élettartamú metastabil állapot. Hogyan lehet az ilyen rendszereket egyáltalán egyszerűsített módon leírni? Parisi két jelentős felismerése áttörést jelentett a kérdésben [10, 11].

Az első szerint a spinüvegek „rendezett” végállapotainak száma végtelen (kritikus pont alatti hőmérsékleten). Ennek jellemzésére Parisi bevezetett egy rendparamétert, ami a replikák átfedésének (hasonlóságának) a mérőszáma. A spinüveg-állapotban nincs egyértelmű, minimumenergiájú állapot, ami egy átlagtér-megoldásból adódna (szemben egy ferromágneses rendszerrel, ahol az összes spin vagy „felé”, vagy „lefele” irányított). Innentől a matematika rendkívül elbonyolódik, ilyen fogalmak bukkannak fel, mint az „ultrametrikkusság”, „replika-szimmetriasértés”, „sztochasztikus kvantumtérelmélet”, „turbulens intermittencia”, „véletlen mátrixok”... A lényeg annyi, hogy a leírás módszertanát fizikai és egyéb modellrendszerek rendkívül széles osztályaira sikerült kiterjeszteni, nem csoda, hogy Parisi munkái kilencvenezernél több hivatkozást értek el.

Végezetül talán érdemes megemlíteni pár magyar vonatkozást a díjazottak munkásságával kapcsolatban. Először is a mélyebb részletek iránt érdeklődő olvasók sokkal autentikusabb szakmai leírásokat olvashatnak két friss cikkben, amelyek a *Fizikai Szemle* novemberi számában jelentek meg Kondor Imre [12], illetve Weidinger Tamás és szerzőtársai tollából [13]. Kon-

dor Imre (az ELTE TTK Elméleti Fizikai Tanszék nyugállományú professzora és a Corvinus Egyetem professor emeritusa) személyesen is nagyon jól ismeri Giorgio Parisit és munkásságát hosszú évek óta, hasonló témákban neki is jelentős eredményei vannak, bár együtt éppen nem publikáltak. Viszont Kondor professzor egyik tanítványa, Temesvári Tamás, az MTA–ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoport munkatársa szerencsésebb volt, még 2012-ben közölték (ketten Parisivel) egy jelentős cikket [14]. A klímakutató kollégák közül Klaus Hasselmann-nak nincs közös cikke magyar kollégákkal, de már csak a földrajzi közelség miatt is intézetével, a hamburgi Meteorológiai Max Planck Intézetrel számos magyar kutató került aktív kapcsolatba (és futólag találkozott Hasselmannnal). Tél Tamás (az ELTE TTK Elméleti Fizikai Tanszék professzora) és fiatal munkatársai több alkalommal látogatást tettek Hamburgban, és ha nem is magával a főigazgatóval közösen, de a témakörben fontos publikációk születtek [15, 16]. Elnézést kell kérnem azoktól a magyar kollégáktól, akik esetleg Syukuro Manabe személyes ismerősei, de korlátozott ismereteim miatt nem említettem őket.

#### IRODALOM

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/summary/>
- [2] <https://www.nobelprize.org/prizes/facts/nobel-prize-facts/>
- [3] <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/33645>
- [4] <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/32158-1>
- [5] <https://www.claymath.org/millennium-problems/navier-stokes-equation>
- [6] Hasselmann, Klaus, *Tellus* (1976) 28(6), 473–485. doi:10.3402/tellusa.v28i6.11316
- [7] Hasselmann, Klaus, *Journal of Climate* (1993) 6(10), 1957–1971. doi:10.1175/1520-0442(1993)006<03C1957:OFFTDO%3E2.0.CO;2
- [8] Manabe, Syukuro; Smagorinsky, Joseph; Strickler, Robert E, *Monthly Weather Review* (1965) 93(12), 769–798. doi:10.1175/1520-0493(1965)093<0769:scoagc>2.3.co;2
- [9] Manabe, Syukuro; Wetherald, R Richard T, *Journal of the Atmospheric Sciences* (1967) 24, 241–259. doi:10.1175/1520-0469(1967)024<0241:TEOTAW>2.0.CO;2
- [10] Parisi, Giorgio, *Physical Review Letters*, (1979) 43, 1754–1757. doi:10.1103/PhysRevLett.43.1754
- [11] Parisi, Giorgio, "Toward a mean field theory for spin glasses." *Physics Letters A* (1979) 73, 203–205. doi:10.1016/0375-9601(79)90708-4
- [12] Kondor Imre, *Fizikai Szemle* (2021) november, 365–368. <http://fizikaiszemle.hu/szemle/98>
- [13] Weidinger Tamás, Pongrácz Rita, Tasnádi Péter, *Fizikai Szemle* (2021) november, 369–375. <http://fizikaiszemle.hu/szemle/98>
- [14] Parisi, Giorgio; Temesvári, Tamás, *Nuclear Physics B* (2012) 858, 293–316. doi:10.1016/J.NuclPhysB.2012.01.014
- [15] Drótos, Gábor; Bódai, Tamás; Tél, Tamás, *Journal of Climate* (2015) 28, 3275–3288. doi:10.1175/JCLI-D-14-00459.1
- [16] Herein, Máttyás; Márffy, János; Drótos, Gábor; Tél, Tamás, *Journal of Climate* (2016) 29, 259–272. doi:10.1175/JCLI-D-15-0353.1





# A 2021. évi orvosi Nobel-díj

**A** 2021. évi élettani vagy orvosi Nobel-díjat David Julius és Ardem Patapoutian érdemelte ki a termikus és mechanikus jelátalakítók felfedezéséért.

A tapintás és a meleg érzékelése elengedhetetlen a túlélésünkhöz, ez alapozza meg a körülöttünk lévő világgal való kapcsolatunkat. Bár a hétköznapi életben természetesnek vesszük ezeket az érzékeinket, David Julius és Ardem Patapoutian felfedezését megelőzően nem tudtuk, mi és hogyan indítja be azokat az idegi impulzusokat, amelyek a hő és a nyomás érzékeléséért felelnek.

David Julius a paprikában lévő és égető érzést okozó kapszaicint hívta segítségül ahhoz, hogy megkeresse a bőr idegvégződéseiben azokat az érzékelőket, amelyek a hőre reagálnak.

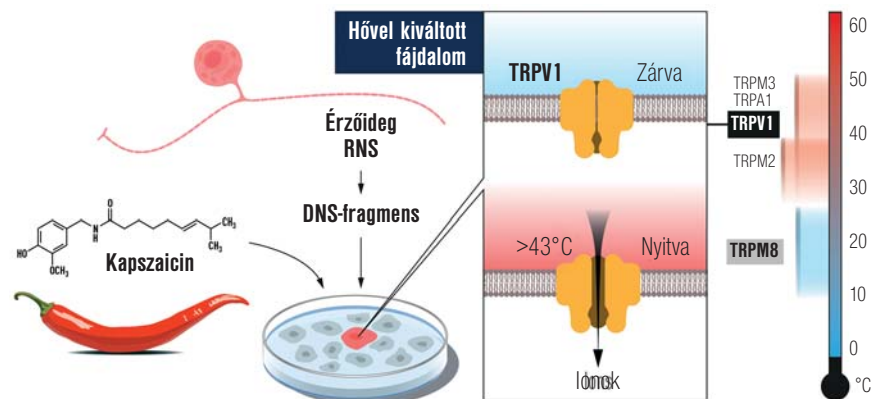
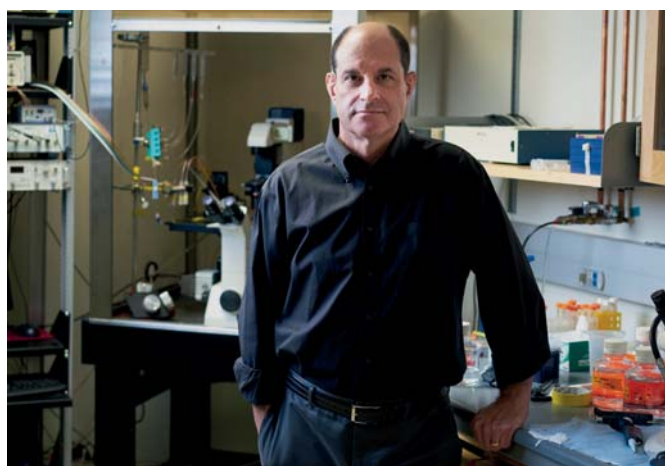
Ardem Patapoutian nyomásérzékeny sejteket használt ahhoz, hogy feltárja a bőrünkben és a belső szerveinkben lévő, addig ismeretlen típusú mechanikai szenzorokat.

Ezekből a felfedezésekből azután vilámgyorsan újabb kutatások indulhattak ki, amelyek révén egyre jobban megértettük, miként érzékeljük a meleget, a hideget és a mechanikai ingereket. A két díjazott azt az összekötő kapcsot találta meg, amely az érzékszerveink és a külvilág közt fennáll.

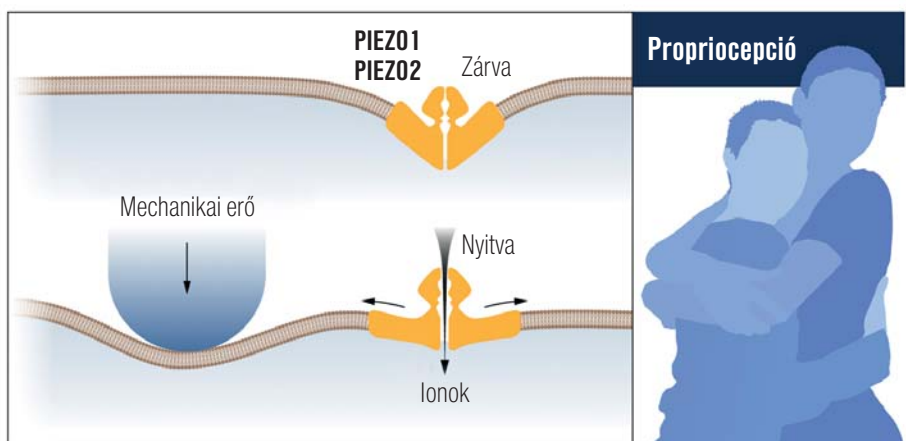
**David Julius** 1955-ben született New Yorkban, a Kaliforniai Egyetemen, Berkeleyben szerzett Phd-fokozatot, posztdoktori képzésre a New York-i Columbia Egyetemre járt. 1989 óta San Franciscóban professzor. 2010 óta a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) tiszteleti tagja

## David Julius

(Photo gallery. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021)



**David Julius kapszaicin segítségével azonosította a TRPV1 ioncsatornát, amelyet a hővel kiváltott fájdalom aktivál** (Press release: The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2021. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021)



**Ardem Patapoutian nyomásérzékeny sejtekkel azonosított mechanikai erővel aktivált ioncsatornákat (Piezo1 és Piezo2)** (Press release: The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2021. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021)

**Ardem Patapoutian** 1967-ben Bejrútban, Libanonban született. Fiatalon Los Angelesbe költözött, a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech) szerzett Phd-fokozatot, San Franciscóban végezte posztdoktori tanulmányait. 2000 óta a Scripps Kutatóintézet munkatársa.

## Ardem Patapoutian

(Photo gallery. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021)





A 2021-es orvosi Nobel-díjnak a kapszaicinnal kapcsolatos kutatások révén két hazai egyetem a szegedi ([u-szeged.hu/news-and-events/2021/the-2021-nobel-prize-in](http://u-szeged.hu/news-and-events/2021/the-2021-nobel-prize-in)) és a pécsi révén is van

hazai vonatkozása. Ezekről részletesebben olvashatnak a PTE Farmakológiai és Farmakoterápiai Intézetben működő „Szolcsányi-iskola” professzorainak tollából.

Kiss Tamás

## A Nobel-díjas kapszaicinkutatások magyar gyökerei és kapcsolatai

**A** 2021-es élettani vagy orvostudományi Nobel-díjat, Amerikában dolgozó molekuláris biológus kapta a fájdalomban is jelentős szerepet játszó hőmérséklet és tapintás érzékeléséért felelős receptorok felfedezéséért. David Julius a paprika csípős, égető érzést keltő alkotóeleme, a kapszaicin felhasználásával olyan szenzorot azonosított a bőr idegvégződéseiben, amely fájdalom hőingerrel is aktiválható. Ardem Patapoutian nyomára, mechanikai ingerekre és hidegre érzékeny receptorok új osztályát írta le a bőrben és a belső szervekben.

Ebben az összefoglalóban szeretnénk kiemelni azokat a magyar felfedezéseket, alapvető eredményeket és mérföldköveket, amelyek megalapozták ezeket a kutatásokat, elsősorban a kapszaicin receptorára, a „tranzien receptor potenciál vanilloid 1” (TRPV1) ioncsatornára vonatkozóan. E kutatások alapvetően magyar gyökerekből indultak és jelenleg is kiterjedt magyar vonatkozásai vannak, amelyek Szolcsányi János, az MTA rendes tagjának Szegedről induló, majd Pécsen végzett iskolateremtő munkásságának köszönhető.

A 19. század végén Hőgyes Endre foglalkozott a csípőspaprika-kivonat szenzoros izgató és gyomor-bérendszerre történő ha-

tását laboratóriumi állatokon, azaz hogy akár helyi (pl. szemcsepp), akár általános (szisztémás) erőteljes alkalmazás után érzéketlenség következik be fájdalmas kémiai ingerekkel szemben, míg más stimulások hatásosak maradnak. Az emberi bőr is deszenzibilizálhatónak bizonyult, a kapszaicin tehát az első szenzoros blokkolónak tekinthetjük. A kapszaicin-előkezelés mindemellett bizonyos (pl. UV-besugárzással kiváltott) gyulladáshoz vezető reakciókat is gátolt. Jancsó Miklós a továbbiakban többek közt azzal a kérdéssel foglalkozott, hogy milyen biológiailag aktív anyagok okozzák az érzőidegeket izgató vegyületek által létrehozott értágító és gyulladáskeltő hatást. Jancsó Miklós professzor 1966-ban elhunyt.

Munkatársai, J. Gábor Aranka és Szolcsányi János folytatták a kapszaicin érzőidegekre kifejtett hatásainak kutatását. Bejelentették Jancsó Miklós tájékoztató kísérleteit, és maguk is sok jelentős eredménnyel bővítették a gondolatkört. Eredményeik és az a koncepció, hogy a kapszaicinérzékeny érző idegvégződésekből gyulladáshoz vezető ingerületátvivő anyag (később: anyagok) szabadulhat(nak) fel, két alapvető dolgozatban jelentek meg 1967-ben és 1968-ban a *British Journal of Pharmacology* folyóiratban, a néhai Jancsó professzor első szerzőségével. Leírták többek között a krónikus érző denerváció gátló hatását a fent említett gyulladáshoz vezető jelenségekre, továbbá bizonyították, hogy az érző idegvégzések mediátorkibocsátása nem érzékeny helyi érzéstelenítőkre (később: Na-csatorna-blokkolókra). További munkáikban bizonyították, hogy a hipotalamuszban található hőmérséklet-érzékelő

struktúrák szintén érzékenyek kapszaicinre és deszenzibilizálhatók is.

### A „kapszaicinreceptor”

„Klasszikus” módszerekkel, azaz szerkezeti kapszaicinanalógok érző idegeket izgató és deszenzibilizáló hatásainak vizsgálatával Szolcsányi János akadémikus és J. Gábor Aranka bizonyítékot szolgáltatott arra, hogy ezek a hatások specifikus receptorokon keresztül jönnek létre. Ezt a megállapítást arra alapozták, hogy kis szerkezeti változás nagymértékben módosíthatja a hatásokat, a molekula nélkülözhetetlen részei meghatározhatók. Az eredmények és a hipotézis két dolgozatban jelent meg 1975-ben és 1976-ban (angolul, a kétnyelvű *Arzneimittel-Forschung/Drug Research* folyóiratban). Az egyik közleményben a feltelezett kapszaicinreceptor sémás ábrája is megtalálható, tovább erősítve, hogy a receptor létezésének koncepciója Szolcsányi professzortól ered.

A kapszaicinreceptor molekuláris azonosítására, azaz klónozására 1997-ig kellett várni. Az addig eltelt bő 20 év második felében különböző munkacsoportok kimutatták, hogy az elsődleges érző idegsejtek azon csoportja, amelyik kapszaicinnal aktiválható (és nagy dózisos hatására blokkolható), hasonló ionáramokkal válaszol a kapszaicinre, mint a fájdalmas intenzitású hőingerekre, illetve a kétféle ingerre reagáló idegsejtek nagyon jelentős átfedést mutatnak. Mindez felvetette annak lehetőségét, hogy a kapszaicinreceptor forró ingerekkel is aktiválható. Ezt a feltevést a kapszaicinreceptor 1997-ben David Julius munkacsoportja által kivitele-



Jancsó Miklós

tásaival. A „fősodor”-beli kapszaicinkutatás azonban ifj. Jancsó Miklós szegedi farmakológus professzor és felesége, J. Gábor Aranka kísérleteivel kezdődött. Egy 1959-es német nyelvű közleményben leírták a kapszaicin úgynevezett deszenzibilizáló ha-

### Idézet Szolcsányi János és Gábor Aranka 1975-ös cikkéből

„A quantitative method for measuring the efficiency of pungent agents of capsaicin-type by the pain reaction elicited on the eye of rats is described. About 50 derivatives – most of them amides or esters of homovanillic acid – were tested by this method and the share of different chemical groups of the molecule in the pungent action was analyzed...

On the basis of the findings a hypothetical pharmacological receptor for capsaicin on pain sensory nerve endings is presented.”

(Szolcsányi and Jancsó Gábor, *Arzneim-Forsch/Drug Res* 1975, 25(12): 1877–1881.)





Szolcsányi János

zett klónozása közvetlenül megerősítette. Az eredetileg kapszaicinreceptorok nevezett fehérjét hamarosan átnevezték TRPV1 receptorrá más, alsóbbrendű élőlényekben előforduló variánsának mintájára. A TRPV1 receptor fontos tulajdonsága, hogy a kapszaicin és szerkezeti rokonain (pl. a kutyatejfélemben lévő reziniferatoxin), valamint a forró ingereken kívül számos más, eltérő szerkezetű endogén mediátor, pl. proton, leukotriének, az endokannabinoid anandamid is képesek aktiválni.

A reziniferatoxin hatásaira és TRPV1 receptort aktiváló mechanizmusaira vonatkozóan az évtizedeken keresztül Amerikában dolgozó Szállási Árpád szolgáltatott alapvető eredményeket, aki jelenleg a Semmelweis Egyetem munkatársa. Kísérleti állatokban a TRPV1 blokkolása érdekes módon nem károsítja a szervezet forró ingerekkel szembeni érzékenységét, de gyulladáshoz és idegkárosodáshoz alapuló kórállapotok modelljeiben jelentős fájdalomcsillapító hatással bír. Mindezek alapján intenzív gyógyszerfejlesztés kezdődött TRPV1-blokkoló mint új típusú fájdalomcsillapítók kidolgozására. Sajnálatos és előre nem látható módon az eddig kifejlesztett vegyületek emberben károsítják a forró ingerek detektálását és megemelik a testhőmérsékletet, ami klinikai alkalmazásukat ez idáig megakadályozta.

A kutatások egy másik iránya kb. 1975-től az volt, hogy Szolcsányi és Barthó Loránd Pécsen kimutatta a kapszaicinérzékeny idegvégződésekből felszabaduló mediátorok belső szervekben kialakított választait, amit 1978-tól számos közleményben publikáltak. A mediátoranyagok azonosítása még váratott magára. Patkányban kísérletes gyomorfelekkel kapcsolatos vizsgálataik arra utaltak, hogy a gyomor érzőideg-végződéseit részben vesznek az agresszív tényezők elleni védekezésben. Ezt a

kutatási irányt is több külföldi munkacsoport tovább vitte.

Szegeden Jancsó Miklós és J. Gábor Aranka fia, Jancsó Gábor, a morfológia és élettan határterületén dolgozva nagy jelentőségű eredményeket publikált a kapszaicin hatásaival kapcsolatban, pl. újszülött állatok deszenzibilizációjának mechanizmusaira, a perineurális kapszaicinkezelésre, valamint az érző neuronokban található neuropeptidekre vonatkozóan.

A pécsi „Szolcsányi-iskola”, amelyet jelenleg a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Farmakológiai Intézetében és Szentágotthai Kutatóközpontjában Pintér Erika, Pethő Gábor és Helyes Zsuzsanna visz tovább az egyre több fiatal munkatárssal bővülő kutatócsoporttal, a TRPV1 és az ahhoz nagyon hasonló TRP Ankyrin 1 (TRPA1) aktivációs mechanizmusaira, szerepére, gyógyszerfejlesztési perspektíváira irányul. Jelentős lépéseket tesznek a kapszaicinérzékeny érzőidegek-ből felszabaduló gátló peptidok, elsősorban a szomatosztatin hatásainak, fájdalomcsillapító és gyulladáscsökkentő lehetőségeinek feltérképezésére.

Szolcsányi János akadémikus egyik utolsó, 2017-ben megjelent tanulmányában így foglalta össze a kapszaicinérzékeny, hármas funkciójú érző idegsejtek különleges szabályozó működését: „A perifériás idegrendszeri szabályozásban elkülönül a szenzoros receptorokkal rendelkező afferens (érzékelő) és a szöveti válaszokat kiváltó efferens (végrehajtó) neuronok csoportja. A kapszaicin szelektív hatásának bizonyítása egy új, a klasszikus idegszabályozástól eltérő szenzoros-effektor funkciójú idegrendszer felfedezéséhez vezetett. A kapszaicin nocicepciót és égető érzetet kiváltó hatását követően nagy dózisok után szelektív deszenzitivizációt vált ki kémiai fájdalomkeltő anyagokkal szemben. Elsősor-

ban önkísérletek alapján bizonyítottuk, hogy a deszenzitivizáció nem gátolja a kémiai anyagok ízérzést vagy hidegérzést kiváltó hatását, de a bőrben a bradikininrel kiváltott fájdalom is jelentősen csökken. Állatkísérletekben kimutattuk egyrost- és többrost-preparátumokon, hogy a kapszaicin szelektíven csak a polimodális nociceptorokat (többféle módon aktiválható érző receptorokat) izgatja, és deszenzitivizálja mechanikai, forró és kémiai ingerekkel szemben. Szerkezet-hatás összefüggések és más bizonyítékok alapján 1975-ben elsőként állítottuk, hogy a szer hatását »kapszaicinreceptor« membránproteinnek fejt ki. A kapszaicinreceptor TRPV1 klónozása 1997-ben feltárta annak egyedülálló integratív kationcsatorna jellegét. Bizonyítottuk, hogy a TRPV1 optimális kapuzó működéséhez a plazmamembrán lipid raft szfingomielin és más komponenseinek jelenléte szükséges. ... Bizonyítottuk, hogy a szenzoros neuropeptidek felszabadulásához nem szükséges axonreflex, így ugyanaz az idegvégződés lát el szenzoros és effektor funkciót. Gerincvelői hátsó gyökök izgatása a beidegzési területen kívül testszerte gyulladásgátló hatású. Ezeket az ún. »szenzokrin« gyulladásgátló és fájdalomcsillapító hatásokat a kapszaicin-érzékeny receptorokból felszabaduló és a keringésbe jutó szomatosztatin váltja ki. Gyógyszerfejlesztés szempontjából ígértes, hogy ezeket a gátló hatásokat a szomatosztatin sst<sub>4</sub> receptorának aktiválásával fejt ki, amely nem játszik szerepet e peptid hormontermelést gátló hatásainak közvetítésében. Ennek a teljesen új neurohumorális szabályozásnak gyulladásgátló és fájdalomcsillapító szerepét bizonyítottuk krónikus idegi eredetű (neuropátiás) fájdalom, ízületi gyulladás és bőrgyulladás modelljeiben is. A neuropátiás fájdalom kezelésére ma kapszaicin hatóanyagú bőrtapasz gyógyszerkészítmény van forgalomban, és a TRPV1 klónozásával új távlatok nyíltak a hőszabályozás és az agykutatás terén.”

A PTE ÁOK, Farmakológiai és Farmakoterápiás Intézetben működő „Szolcsányi-iskola” professzorai:

**Barthó Loránd**

professzor emeritus, az MTA doktora

**Pintér Erika**

intézetvezető egyetemi tanár,

az MTA doktora

**Pethő Gábor**

egyetemi tanár, az MTA doktora

**Helyes Zsuzsanna**

egyetemi tanár, az MTA levelező tagja,

a Szentágotthai János Kutatóközpont elnöke



KIRŐL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

# Van 't Hoff törvényei

Van 't Hoff – az első kémiai Nobel-díjas – két nevezetes egyenletét fogjuk tárgyalni. Először van 't Hoffnak azt az egyenletét, amely kémiai reakciók egyensúlyi állandójának ( $K$ ) hőmérséklet-függését írja le állandó nyomáson [1] (1. ábra):

$$d \ln K/dT = -\Delta_r H^\ominus/RT^2,$$

ahol  $\Delta_r H^\ominus$  a reakció standard szabadentalpia-változása,  $R$  a gáz-állandó és  $T$  a hőmérséklet.

$x = \frac{3,179}{D} - 1$  (3,179 densité de  $N_2O_4$ ).

En intégrant, en vue du calcul de  $q$ , l'équation:

$$\frac{d \cdot \log_e K}{d \cdot T} = \frac{q}{2 T^2}$$

on obtient:

$$\log_e \frac{K_2}{K_1} = \frac{q}{2} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$V_2$  et  $K_1$  représentent les constantes de l'équilibre aux températures absolues  $T_2$  et  $T_1$ .

Introduisant maintenant la relation:

$$K = \frac{C_2^n}{C_1^m}$$

on obtient:

$$K_2 : K_1 = \frac{x_2^n}{x_1^n (1-x_2^2)^m} : \frac{x_1^n}{x_1^n (1-x_1^2)^m}$$

ÉQUILIBRE HOMOGÈNE.

$$K = \frac{k_2}{k_1} = \frac{C_2^{n_2}}{C_1^{m_1}} \quad \text{et} \quad \frac{d \cdot \log_e K}{d \cdot T} = \frac{q}{2 T^2}$$

ÉQUILIBRE HÉTÉROGÈNE.

Les relations sont identiques aux précédentes:

$$K = \frac{C_2^{n_2}}{C_1^{m_1}} \quad \text{et} \quad \frac{d \cdot \log_e K}{d \cdot T} = \frac{q}{2 T^2}$$

seulement  $n_1$  et  $n_2$  ne se rapportent qu'aux corps qui ne sont pas condensés en partie.

1. ábra. Részletek van 't Hoff „Études de Dynamique chimique” című 1884-es könyvéből. Az egyensúlyi állandó hőmérséklet-függésének levezetése (a  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  reakcióra), illetve a kinetikai levezetés homogén és heterogén egyensúlyokra

Az 1. ábrán látható, hogy a könyvben  $R=2$ , míg ma az  $R=8,314510 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  értékkel számolunk. Ennek az az oka, hogy akkor még kalóriában számoltak joule helyett, tehát  $R=1,9865 \text{ cal fok}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  értékkel.

$$\ln (K_2/K_1) = (\Delta_r H^\ominus/R) (1/T_1 - 1/T_2),$$

tehát ha az egyik hőmérsékleten ismerjük az egyensúlyi állandót, ki lehet számítani az értékét egy másik hőmérsékletre. Ha ismerjük az egyensúlyi állandót mindkét hőmérsékleten, akkor az  $\ln K - 1/T$  egyenes iránytangenséből a reakció standard entalpia-változását kaphatjuk.

Ez az egyenlet szigorúan csak akkor érvényes, ha a reakció standard entrópiaváltozása ( $\Delta_r S^\ominus$ ) elhanyagolható,  $\Delta_r H^\ominus$  és  $\Delta_r S^\ominus$  hőmérsékletfüggése pedig csekély, minthogy a reakció egyensúlyi állandója a standard Gibbs-energiával ( $\Delta_r G^\ominus$ ) van összefüggésben:

$$\Delta_r G^\ominus = -RT \ln K.$$

$$\text{Mivel } \Delta_r G^\ominus = \Delta_r H^\ominus - T\Delta_r S^\ominus$$

$$\ln K = -\Delta_r H^\ominus/RT + \Delta_r S^\ominus/R,$$

a tengelymetszetből a reakció standard entrópiaváltozását kiszámíthatjuk.

Van 't Hoff nagy erénye volt, hogy a termodinamikát aránylag egyszerűen el tudta magyarázni a kémikusoknak, akiknek matematikai felkészültsége általában nem volt túl erős, és egyszerű egyenleteket adott meg, amelyek alapján a mérések kiértékelése kézenfekvővé vált.

Nobel-díjának indoklása így hangzott: „Azon kiemelkedő tevékenysége elismeréséül, amit a kémiai dinamika és az oldatbeli ozmózisnyomás törvényeivel kapcsolatban kifejtett”.

Másodiknak érdemes megnéznünk az ozmózisnyomás koncentrációfüggésére vonatkozó, azonnal nagyon népszerűvé vált egyenletét, ahol azonban a túlzott egyszerűsítés hosszú időre kiható, komoly problémákra vezetett.

Ma a tankönyvekben van 't Hoff törvénye néven rendszerint a következő egyenletet találjuk:

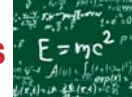
$$\Pi = RT c = RT n_2/V,$$

ahol  $V$  az oldat térfogata és  $n_2$  az oldott anyag móljainak száma. Általában  $\Pi$ -t használnak  $P$  helyett az ozmózisnyomás jelölésére, és ez a hivatalos IUPAC-jelölés is. Van 't Hoff természetesen még  $P$ -t használt, és az alábbi szövegből látszik, hogy komolyan is gondolta, hogy ez olyan, mint a gáznyomás.

Az egyenletet 1887-ben megjelent cikkében vezette le, amelynek címe a következő volt: „Az ozmózisnyomás szerepe az oldatok és gázok közti analógiában” [2]. Alapvetően hibás modellből indult ki. Ezt írja: „Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy nem mesterségesen kikényszerített analógiával van dolgunk, hanem olyanal, amely mélyen az eset természetében gyökerezik. Az a mechanizmus, amellyel – jelen fogalmaink szerint – a gázok elasztikus nyomása keletkezik, lényegében megegyezik azzal, amelyik az oldatokban létrehozza az ozmózisnyomást. Az első esetben abból származik, hogy a gázmolekulák az edény falának ütköznek; a másodikban abból, hogy a feloldott anyag molekulái a szemipermeábilis membránnak ütköznek, mivel az oldószer molekulái, amelyek a számukra átjárható membrán mindkét oldalán jelen vannak, nem játszanak szerepet ebben a megközelítésben.” [3].

Az analógia alapján a gáztörvényt és az Avogadro-törvényt (azonos térfogatban azonos számú részecske van azonos hőmér-





sékleten és nyomáson) kombinálta. Nem vette figyelembe azt a már ismert tény, hogy az ozmózis jelenségét a vízmolekulák transzportja okozza, amit meggátolhatunk a membránra kifejlesztett ellennyomással (például hidrosztatikai nyomással). Az oldott részecskék nem fejtenek ki nyomást a membránra, mint ahogy egy vizes oldatnak egy pohárban nincs ozmózisnyomása.

Erre a tévedésére már Lothar Meyer (1830–1895) – ő a periódusos rendszerrel kapcsolatos munkája miatt ismert – is felhívta a figyelmét [4, 5, 6]. Mayer így írt: „Az ozmózisnyomás nem az oldott anyag nyomása, hanem az oldószeré [...] vagy általánosítva annak az anyagnak a nyomása, amelyet a fal átenged, és nem azé, amelyik számára a fal átjárhatatlan. Ezt a dolgot így is tekintették mindaddig, míg van 't Hoff úr az ezzel ellentétes nézetét ki nem nyilvánította.” [4]. Mindazonáltal a kutatók zömének annyira tetszett ez a szép kompakt egyenlet, magának van 't Hoffnak is, hogy Meyer jogos kritikáját elutasították. Ennek a téveszmének terjesztéséhez nagy segítséget nyújtottak van 't Hoff barátai, Wilhelm Ostwald (1853–1932) és Svante Arrhenius (1859–1927), de hozzájuk csatlakozott Walther Nernst (1864–1941), majd Albert Einstein (1879–1955) is.

Nernst az elektródpotenciálok koncentrációfüggését leíró képzetét is ozmózismodell alapján vezette le, ahol a féligáteresztő hátyát az elektródfém felülete játszotta, a fémbe az oldószer-molekulák nem, csak a fémionok tudtak belépni. Még fiktív nyomást is feltételezett az oldat felől (Lösungstension), ami az egyensúly leírásához kellett neki [Zeitschrift für physikalische Chemie (1889) 4, 129.]. Még évtizedekkel később is ragaszkodott hibás modelljéhez: „So there arose in 1889 the osmotic theory of galvanic current generation, which has not been seriously challenged since it was put forward more than thirty years ago and has undergone no appreciable elaboration since its acceptance, surely a clear sign that it has so far satisfied scientific needs.” (Walther Nernst, Nobel Lecture, December 12, 1921, <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1920/nernst/lecture/>)

Pedig 1921-ben már sok repedés jelent meg Nernst művén. Például nem tudta megmagyarázni a redoxireakciókat, ami érthető volt 1889-ben, de hát az elektron létét Joseph John Thomson (1856–1940) 1897-ben már igazolta. Nernst tekintélye bizony még évtizedekig gátolta az elektrokémia fejlődését. Einstein pedig a Brown-mozgás levezetéséhez használta az ozmotikus modellt [Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie (1908) 14, 235.]. Nernstre is hivatkozott, hogy neki is milyen jól bevált ez az elmélet. Sajnos ez a félrevezető analógia még ma is sok tankönyvben, cikkben, szócikkben előfordul, amit érdemes szóvá tenni [lásd például „Osmotic pressure and electrochemical potential”, J. Chem. Education, 72 (1995) 713., Comments: G. Inzelt, J. Chem. Education 73 (1996) A294.]

A modell hibás volt, az egyenlet azonban igaz, legalábbis híg oldatokra. A víz azért hatol át a membránon, mert a kémiai potenciálja eltér a féligáteresztő membrán két oldalán. A részletes levezetést mellőzzük, megtalálható az irodalomban [5, 7]. Híg oldatokra azért érvényes, mert ekkor a víz móltörtjének logaritmus ( $\ln x_1$ ) helyett  $\Pi$  arányos, beírhatjuk az oldott anyag móltörtjét ( $x_2$ ). Tehát  $\Pi V_1 = -RT \ln x_1$ , de ha fennáll az a körülmény, hogy  $x_1 \gg x_2$ , vagyis  $x_2 \ll 1$ , akkor közelítőleg igaz, hogy  $\ln(1-x_2) = -x_2$ . De ez nem jelenti azt, hogy az oldott anyag részecskéi gyakorolnának nyomást a membránra (vagy az edény falára).

Meg kell emlékeznünk a van 't Hoff-tényezőről, amit  $i$ -vel jelölünk, és amivel korrigálni lehet a kolligatív (a részecskék számától függő) tulajdonságoknál (az ozmózisnyomásnál, a fagyás-

pont-csökkenésnél, a forráspont-emelkedésnél) a megfelelő összefüggéseket,

$$\Pi = RT i c,$$

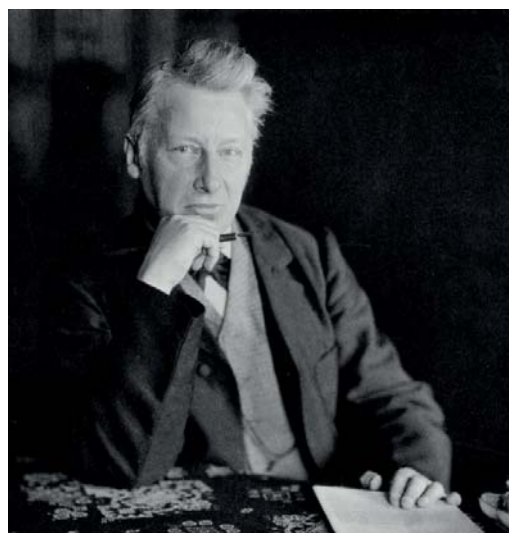
és a disszociáció vagy az asszociáció mértéke (ez ritkább híg oldatoknál) kiszámítható, hiszen ilyenkor a bemért és ismert koncentrációnál ( $c$ ) nagyobb, illetve kisebb értékeket mérünk. Az  $i$  tényező függ a disszociáció fokától ( $\alpha$ ) és attól, hogy maximálisan hány ionra tud szétesni a molekula ( $v$ ):

$$i = 1 + \alpha (v - 1).$$

Tehát például egy  $c = 0,01 \text{ mol dm}^3$  koncentrációjú NaCl-oldatban  $\alpha = 1$  (teljes disszociáció) és  $v = 2$ , ezért  $i = 2$ .

## Jacobus Henricus van 't Hoff

Jacobus Henricus van 't Hoff (Rotterdam, 1852. augusztus 30. – Steglitz (ma Berlin része), 1911. március 1.) apja (1817–1902), aki ugyanezt a nevet viselte, orvos volt. Édesanyja, Alida Jacoba Kolff (1820–1909) hét gyermeket hozott világra, hősünk (2. ábra) a harmadik volt a sorban [8–11].

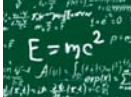


2. ábra. Jacobus Henricus van 't Hoff 1904-ben

Az elemi és a középiskola elvégzése után 1869-ben iratkozott be a Delfti Műszaki Főiskolára, majd ezt elvégezve a Leideni Egyetemen tanult egy évig, főleg matematikát. 1772-ben Bonnba vezetett az útja, ahol szerves kémikusoknál, nevezetesen August Kekulénél (1829–1896), majd közel háromnegyed évig Charles

## 3. ábra. Van 't Hoff által használt keménypapír molekulamodellek a sztereokémia illusztrálására (Rijksmuseum Boerhaave)

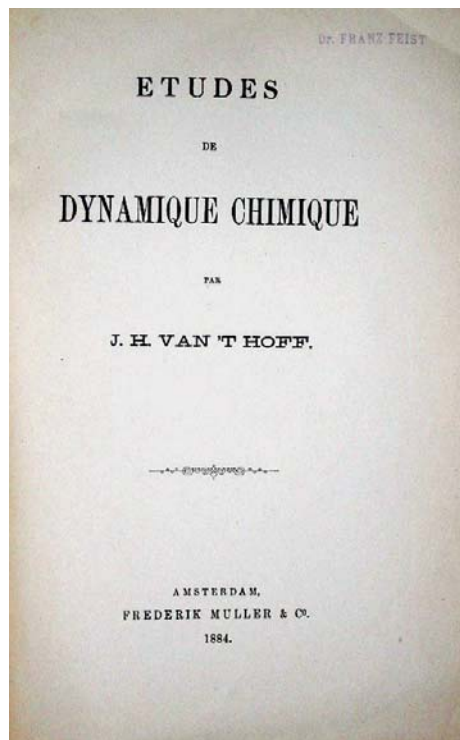




Adolphe Würtz (1817–1884) párizsi laboratóriumában dolgozott. 1874-ben tért vissza Hollandiába. Bár van 't Hoffot a fizikai kémia egyik megalapítójaként tiszteljük, és e cikkünk témája is ezzel van kapcsolatban, világhírét az aszimmetrikus szénatom koncepciójának bevezetésével szerezte 1874-ben. Ezzel meg tudta magyarázni a sztereoiszomériát és az optikai aktivitás jelenségét (3. ábra).

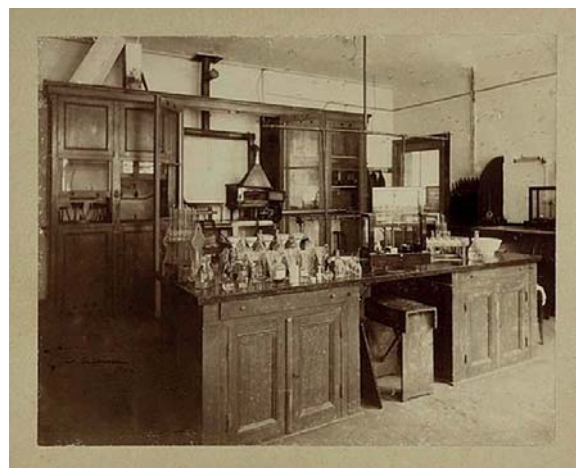
Ezt az eredményt jelentős mértékben tanulmányútjain elsajátított és végiggondolt ismereteinek köszönhette. Kekulé hívta fel a figyelmét a szén vegyértékeinek tetraédes elrendezésére, amit az orosz Alexander Butlerov (1828–1886) javasolt 1862-ben. Würtnél jött rá arra, hogy az optikai aktivitást, vagyis azt, hogy egyes szerves molekulák el tudják forgatni a polarizált fényt, meg lehet magyarázni négy különböző szubsztituens két eltérő elhelyezkedésével a szénatom körül. Meg kell említeni, hogy egy másik doktorandusz Würzt laboratóriumában, Joseph Achille Le Bel (1847–1930) tőle függetlenül ugyanígy magyarázta az optikai aktivitást. Van 't Hoff 1874 decemberében szerzett doktorátust Eduard Muldernél (1832–1924) az Utrechti Egyetemen. Bár elismerték kiváló képességeit, és üresedés is volt az egyetemen, nem nevezték ki professornak. Az egyik ellenérv volt, hogy többet fog bulizni, mint dolgozni. Sőt még egy gimnázium is elutasította, mert szerintük szórakozott, rendetlen az öltözéke, és teljes mértékben a felfedezése foglalja le. Egy ideig fizetés nélküli óraadó volt az Utrechti Egyetemen, majd elhelyezkedett az utrechti Állatorvosi Főiskolán. 1878-ban megnősült. Felesége, Johanna Francina Mees két fiúval és két lánnyal ajándékozta meg. A házasságra azért is kerülhetett sor, mert ebben az évben rendeződött a sorsa, kinevezték kémia professornak az Amszterdami Egyetemre. Itt tanított és dolgozott 18 évig, amikor is elfogadta a berlini professori meghívást. Ennek fő oka pedig az volt, hogy ott nem kellett oktatni, míg Amszterdamban nagyon sok idejét vették el a kötelező előadások.

1884-ben jelent meg az „Études de Dynamique chimique” (Kémiai dinamikai tanulmányok) (4. ábra), és ezzel megkezdődött van 't Hoff diadalútja a kémiai termodinamika és kinetika területén, ami abban tetőzött, hogy ő lett az első kémiai Nobel-díjas



4. ábra. Az Études de Dynamique Chimique címlapja

1901-ben. Ehhez a könyvhöz és számos publikációjához, például a Cato Maximilian Guldberg (1836–1902) és Peter Waage (1833–1900) által bevezetett tömeghatás törvényének elméleti levezetéséhez is számos kísérletet kellett végeznie. Viszont alig publikált olyan cikket, amelyben egyedül a kísérletek eredményeit tette volna közzé. Ezért alakult ki az a vélemény, hogy van 't Hoff elméleti ember volt, és nem kísérletező. Ezt cáfolja egyik volt tanítványának visszaemlékezése [11], aki szerint mestere sok időt töltött a laboratóriumában, és nagyon ügyes kísérletező volt (5. ábra). Csak éppen kísérleti adatait önmagukért nem publikálta, ha azokból nem tudott valamilyen általános következtetést levonni.



5. ábra. Van 't Hoff laboratóriuma Amszterdamban, Groenburgwal 44., ahol a kísérleteket végezte a könyvéhez (Rijksmuseum Boerhaave)

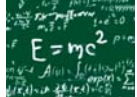
Ostwald éppen könyvének a kémiai affinitásról szóló részén dolgozott, amikor a kezébe került van 't Hoff könyve. Erről Ostwald így ír [12]: „Ez a publikáció még több fejfájást okozott, mint Arrhenius cikke. Egy teljesen ismeretlen kutató írta, akinek a neve a címlap szerint J. H. van 't Hoff. [...] Nyilvánvalóvá vált, hogy a szerző nagyobb haladást ért el a termodinamika kémiai alkalmazásában, mint Horstmann – vagy én.”

Ostwald már 1886-ban elkezdte szervezni az új tudományterületnek szánt folyóirat, a Zeitschrift für physikalische Chemie Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre kiadását. A legjobbakat hívta meg, és azok el is fogadták a felkérését. Az akkor már széles körben ismert van 't Hoff meghívása társszerkesztőnek kiváló ötlet volt (6. ábra). Van 't Hoff a későbbiekben nem folyt be-

6. ábra. Van 't Hoff és Ostwald







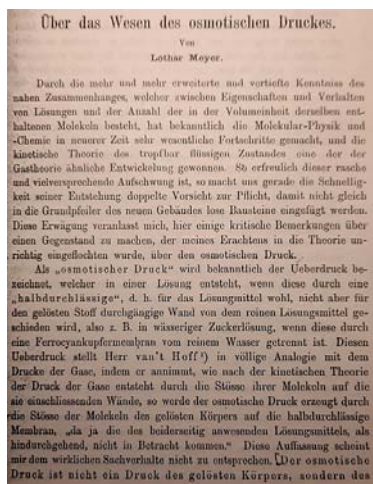
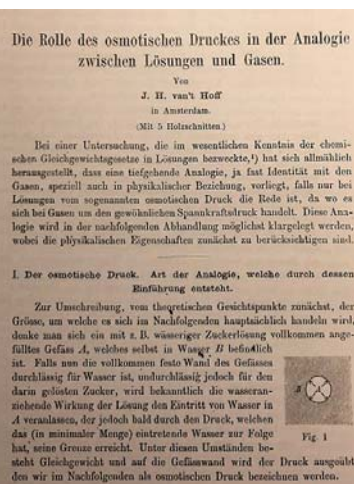
**7. ábra. A Zeitschrift für physikalische Chemie Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre első számának címlapja és részlet a 7–9. számok tartalomjegyzékéből**

le a szerkesztői munkába, azt Ostwald csinálta. Van 't Hoffnak ez eleve feltétele volt, viszont ahhoz ragaszkodott, hogy a címlapon szerepeljen (7. ábra). Ostwald csak 1890-ben találkozott először van 't Hoff-fal Amszterdamban, addig leveleztek.

A folyóirat 9. számában jelent meg van 't Hoff cikke az ozmózisnyomás szerepéről a gázok és a folyadékok közötti analógia témájában (7. ábra).

Kétség sincs, hogy van 't Hoff méltó volt arra, hogy elnyerje az első kémiai Nobel-díjat. Ő és a többi első Nobel-díjas megszabta

**8. ábra. Van 't Hoff cikke az ozmózisnyomás szerepéről [2] és Meyer kritikája [4] a Zeitschrift für physikalische Chemie-ben**



**9. ábra. Nobel-díj, 1901. Svéd bélyegen a díjazottak, a Nobel-érme, van 't Hoff oklevele**

a díj rangját (9. ábra). Egy szemtanú így írta le az első díjátadó ceremóniát [13]: „Először megjelent a tiszteletet parancsoló, német Wilhelm Conrad von Röntgen nagy, sötét, professzori szakállal, azután a mosolygós, szőke, frissen borotvált holland Jacobus Hendricus van 't Hoff, őt követte az elegáns német orvosi Nobel-díjas Emil Adolf von Behring. Utoljára jött a francia miniszter, aki megbetegedett honfitársa, a költő Sully Prudhomme helyett veszi át irodalmi Nobel-díjat. Végül a Svéd Királyi Zeneakadémia nagytermébe a királyi család vonult be Gusztáv koronaherceg (a későbbi V. Gusztáv király) vezetésével. Oszkár királynak sürgősen Christianiába (ma Osló) kellett utaznia, mert a norvégok éppen fel akarták mondani az uniót.” Behring a diftéria elleni szérumterápia kidolgozásáért kapta az orvosi Nobel-díjat. Lehet, hogy hamarosan megint vakcinakutató kapja az orvosi Nobel-díjat.

#### IRODALOM

- [1] J. H. van 't Hoff, *Études de Dynamique chimique*. Amsterdam, Frederik Muller, 1884.
- [2] J. H. van 't Hoff, „Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen”. *Zeitschrift für physikalische Chemie* (1887) 1, 481–508.
- [3] <http://chemonet.hu/hun/olvaso/histchem/vanthoff.html>, Gács J. fordítása.
- [4] L. Meyer, *Zeitschrift für physikalische Chemie* (1887) 5, 23–27.
- [5] Inzelt G., *Kalandozások a kémia múltjában és jelenében*. Vince Kiadó, Budapest, 2003. 141–145.
- [6] Horányi G., *Kémiai Közlemények* (1990) 71, 73–130.
- [7] Erdély-Grúz T., Schay G., *Elméleti fizikai kémia II*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1964. 57–58.
- [8] <https://www.uu.nl/en/organisation/jacobus-henricus-van-t-hoff>
- [9] *Nobel Lectures, Chemistry 1901–1921*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966.
- [10] <https://hims.uva.nl/about-hims/who-was-van-t-hoff/jacobus-henricus-van-t-hoff.html>
- [11] H. C. Jones, *Jacobus Henricus van 't Hoff*. *Proceedings of the American Philosophical Society*, Oct.-Dec., 1911, 50 (202) 3–12.
- [12] W. Ostwald, *The Autobiography* (szerk.: R. S. Jack, F. Scholz). Springer, 2017. 123.
- [13] *Folke Henschen visszamelékezése*. <https://www.nobelprize.org/ceremonies/from-the-first-nobel-prize-award-ceremony-1901/>

**Inzelt György**

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

# A Fick-törvények

**A** diffúzió törvényeivel mindenki megismerkedik, aki természet- vagy mérnöki tudományt tanul. A diffúzió akkor lép fel, ha az adott részecske koncentrációja két különböző helyen eltér, és a részecskék egyirányú mozgásában nyilvánul meg. A törvények a megalkotójuk, Adolf Eugen Fick nevét viselik.

Az első törvény a lineáris (egydimenziós) diffúzióra vonatkozik. Azt írja le, hogy a fluxus (a diffúzió sebessége, vagyis az egységnyi időtartam alatt egységnyi felületen áthaladó részecskék száma) miként függ két hely közötti koncentrációkülönbségtől (a koncentrációgradienstől):

$$-J_i(x, t) = D_i \left[ \frac{\partial c_i(x, t)}{\partial x} \right],$$

ahol  $J_i$  (mol cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) az  $i$  részecske fluxusa,  $c_i(x, t)$  a koncentrációja (mol cm<sup>-3</sup>) az  $x$  helyen a  $t$  időpillanatban és  $D_i$  (cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) a diffúziós együttható, ami jellemző az adott részecskére és a közegre, amiben a diffúzió történik. (Együtthatónak azért nevezzük, mert függhet a koncentrációtól is, tehát nem állandó. Mindazonáltal általában állandóként kezeljük.) A  $\partial x$  értelemszerűen távolságot jelent az  $x$  irányban. A  $-$  jel arra utal, hogy a részecskék mindig a nagyobb koncentrációjú helytől a kisebb koncentrációjú hely felé vándorolnak.

Bonyolultabb az eset, amikor a koncentrációgradiens is változik az időben. Erre vonatkozik Fick 2. törvénye:

$$\left[ \frac{\partial c_i(x, t)}{\partial x} \right] = D_i \left[ \frac{\partial^2 c_i(x, t)}{\partial x^2} \right],$$

Ezt már kevésbé szeretik a vegyészek, mert ilyenkor megfelelő kezdeti és határfeltételek mellett egy parciális differenciálegyenletet kell megoldani.

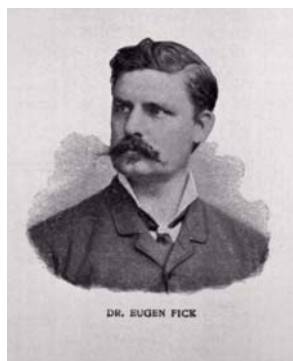
Ha lehetséges, igyekszünk olyan kísérleti feltételeket teremteni, hogy Fick 1. egyenlete legyen érvényes. Például elektrolízis során mindig megindul a diffúziós anyagáramlás, hiszen az elektródfém közelében termelődik vagy fogy valamilyen anyag, tehát a felületi koncentráció nagyobb vagy kisebb lesz, mint a tömbfázisban. Ha viszont keverést (konvekciót) alkalmazunk, akkor a keverés sebességétől függően a koncentrációgradiens állandóan tudjuk tartani. (Keveréssel egyszerre sok részecske helyeződik át, míg a diffúzió molekuláris mechanizmussal zajlik, tehát az egyes részecskék folyadékban csak lépésenként haladnak.)

Az elektrokémiai kinetikában a fenti esetben a következő egyszerűsített egyenletet alkalmazhatjuk:

$$J_i = D_i \frac{c_i^* - c_i(x=0)}{\delta_i}$$

ahol  $c_i^*$  és  $c_i(x=0)$  a koncentráció a tömbfázisban ( $x \rightarrow \infty$ ), illetve az elektród felületén ( $x=0$ ), és  $\delta_i$  a diffúziós réteg vastagsága.

Adolf Eugen Fick 1829. szeptember 3-án született Kasselben (**1. ábra**). Ez akkor Hessen választófejedelemséghez tartozott. Sok helyen egyszerűen Németországot írnak, de ez így nem teljesen



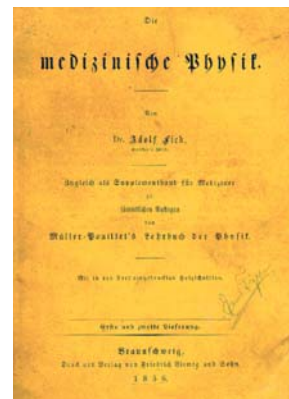
**1. ábra. Adolf Eugen Fick fényképe**

Egyetem anatómiaprofesszora tanácsára orvosnak tanult Marburgban és Berlinben. Igaz, hogy közben matematikai tárgyakat is felvett. „Tractatus de errore quodam optico asymmetria bulbi effecto” című dolgozata alapján Marburgban kapta meg a diplomáját 1851-ben. (Az orvosi karokon latin volt az oktatás nyelve.)

Bátyja mellett boncolásokat végzett, majd 1852-ben magántanár lett a Zürichi Egyetem Anatómiai Intézetében, ahol Carl Ludwig (1816–1895), a kor kiemelkedő fiziológusa volt a professzor, aki szintén Marburgban tanult és kezdte a pályáját. Mikor hat év múlva Ludwig Bécsbe ment professzornak, Fick lett az utóda. Fick Zürichben ismerte fel a membránon keresztüli diffúzió jelentőségét, és ez vezetett a törvények megalkotásához [A. Fick, Ann. Phys. (1855) 170, 59.; Die medizinische Physik, 1856 (**2. ábra**)].

**IV. Ueber Diffusion; von Dr. Adolf Fick, Professor in Zürich.**

**Die Hydrodiffusion durch Membranen dürfte billig nicht bloß als einer der Elementarfactoren des organischen Lebens sondern auch als ein an sich höchst interessanter physikalischer Vorgang weit mehr Aufmerksamkeit der Physiker in Anspruch nehmen als ihr bisher zu Theil geworden ist. Wir besitzen nämlich eigentlich erst vier Untersuchungen, von Brücke <sup>1)</sup>, Jolly <sup>2)</sup>, Ludwig <sup>3)</sup> und Cloetta <sup>4)</sup> über diesen Gegenstand, die seine Erkenntniß um einen Schritt weiter, gefördert haben. Vielleicht ist der Grund dieser spärlichen Bearbeitung zum Theil in der großen Schwierigkeit zu suchen, auf diesem Felde genaue quantitative Versuche anzustellen. Und in der That ist diese so groß, daß es mir trotz andauernder Bemühungen noch nicht hat gelingen wollen, den Streit der Theorien zu**



**2. ábra. Fick híres diffúziós cikke. A cikkben „boncnok Zürichben” van megjelölve foglalkozásként**

A diffúzióról angol publikációja is megjelent: Dr. Adolph Fick, V. On liquid diffusion. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (1855) 10(63), 30–39. (**3. ábra**).



## V. On Liquid Diffusion.

By Dr. ADOLPH FICK, Demonstrator of Anatomy, Zürich\*.

A FEW years ago Graham published an extensive investigation on the diffusion of salts in water, in which he more especially compared the diffusibility of different salts. It appears to me a matter of regret, however, that in such an exceedingly valuable and extensive investigation, the development of a fundamental law, for the operation of diffusion in a single element of space, was neglected, and I have therefore endeavoured to supply this omission.

It was quite natural to suppose, that this law for the diffusion of a salt in its solvent must be identical with that, according to which the diffusion of heat in a conducting body takes place; upon this law Fourier founded his celebrated theory of heat, and it is the same which Ohm applied with such extraordinary success, to the diffusion of electricity in a conductor. According to this law, the transfer of salt and water occurring in a unit of time, between two elements of space filled with differently concentrated solutions of the same salt, must be, *ceteris paribus*, directly proportional to the difference of concentration, and inversely proportional to the distance of the elements from one another.

In mathematical language this may be thus expressed:—In a volume of salt solution, let the concentration in each horizontal elementary stratum be constant and  $=y$ , a function of the height  $x$  of this stratum above any other stratum which may be assumed as the primary horizontal plane; the limitation being made, that the function  $y$  must diminish as  $x$  increases, that is, each higher stratum must be less concentrated, and therefore lighter, than all the subjacent ones, because it is only under this condition, that the diffusion will not be interfered with by gravity; then from the stratum between the horizontal planes at  $x$  and  $x+dx$  (in which the concentration is  $y$ ) there will pass, during an element of time  $dt$ , into the immediate superjacent stratum, bounded by the horizontal planes  $x+dx$  and  $x+2dx$  (in which the concentration  $y+\frac{dy}{dx}dx$  prevails), a quantity of salt  $=-Q \cdot k \cdot \frac{dy}{dx} dt$ , in which  $Q$  signifies the surface of the stratum, and  $k$  a constant dependent upon the nature of the substances. It is evident that a volume of water equal to that of the salt passes simultaneously out of the upper stratum into the lower.

Exactly according to the model of Fourier's mathematical

\* From Poggendorff's *Annalen*, vol. xciv. p. 59; abstracted and communicated by the Author.

3. ábra. Fick cikke angolul. Itt a beosztása: anatómia-demonstrátor

1868-ban Fick a fiziológia professzorává nevezték ki a Würzburgi Egyetemen. Itt 1870-ben kidolgozta a szív teljesítményét mérő perctérfogató módszerét (Fick: „Ueber die Messung des Blutquantums in den Herzventrikeln”. Verhandlungen der Physiologisch-medizinische Gesellschaft zu Würzburg, 1870 (4. ábra).

XVI

Sitzungsberichte für das Gesellschaftsjahr 1870.

## XIV. Sitzung am 9. Juli 1870.

Inhalt: Fick: Ueber die Messung des Blutquantums in den Herzventrikeln. — Binecker: Ueber Böhlen und Masern.

- 1) Das Protokoll der letzten Sitzung wurde verlesen und genehmigt.
- 2) Neu eingelaufene Bücher werden in Vorlage gebracht.
- 3) Hr. Dr. phil. Röntgen wird als Mitglied angemeldet.
- 4) Hr. Fick hält einen Vortrag über die Messung des Blutquantums, das in jeder Systole durch die Herzventrikel ausgeworfen wird, eine Grösse, deren Kenntnis ohne Zweifel von grösster Wichtigkeit ist. Gleichwohl sind darüber die abweichendsten Ansichten aufgestellt. Während Th. Young die in Rede stehende Grösse auf

4. ábra. Fick a perctérfogató méréséről

A cikk előtti, az ülés napirendjét ismertető részben Röntgen nevét is feltűnni látjuk, aki 1869 és 1872, valamint 1889 és 1900 között a Würzburgi Egyetemen dolgozott. (1900-ben távozott Münchenbe, és bár a sugárzást még Würzburgban fedezte fel, már müncheniként vette át az első fizikai Nobel-díjat egy év múlva.)

Fick további fiziológiai eredményeinek ismertetésétől eltekintünk. Annyit még megjegyzünk, hogy nem különleges, ha valaki orvosi végzettséggel a kémia vagy a fizikai területén ért el alapvető eredményeket. Tudósok hosszú sorát idézhetnénk, a Ficknél kevéssel idősebb Hermann Ludwig Helmholtztól a 20. században alkotó Polányi Mihályig. Ellentétben Fickkel a többségük feladta az orvosi praxist a kémia vagy a fizika kedvéért. ●●●

## Rátz Tanár Úr Életműdíj, 2021

Az MTA székházában december 1-én 21. alkalommal adták át a Rátz Tanár Úr Életműdíjat azoknak az általános és középiskolában tanító pedagógusoknak, akik a matematika-, fizika-, kémia- és biológiaoktatás területén kimagasló teljesítményt nyújtanak a tantárgyak népszerűsítésében és a tehetséggondozásban.

A díjazottak és az őket köszöntő meghívottak számára is örömteli volt, hogy idén újra ünnepélyes körülmények között, a járványügyi rendelkezések szigorú betartása mellett rendezték meg az eseményt.

„A mi feladatunk, hogy megmutassuk és elismerjük azokat a természettudományos tárgyakat oktató pedagógusokat, akik hitvatástudatukkal generációk jövőjére vannak pozitív hatással. Szeretnénk együttal példát mutatni a gazdasági szereplőknek is, hogy

lehetőségeikhez mértén támogassák az oktatást, hiszen az igazi befektetés a magyar gazdaság számára a tudásban rejlik, a tudás átadásának kulcsa pedig a pedagógusainkban” – mondta Kroó Norbert professzor, akadémikus, az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért kuratóriumának elnöke.

2001-ben a következő két kémiatanárnak ítélte oda a díjat a kuratórium:

Fodor Erika, ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium,  
Sarka Lajos, Nyíregyházi Egyetem Eötvös József Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium.

A díjazottaknak gratulálunk és munkájukhoz további sikereket kívánunk!

KT

### A díjazottak



### Fodor Erika



### Sarka Lajos



Kutasi Csaba

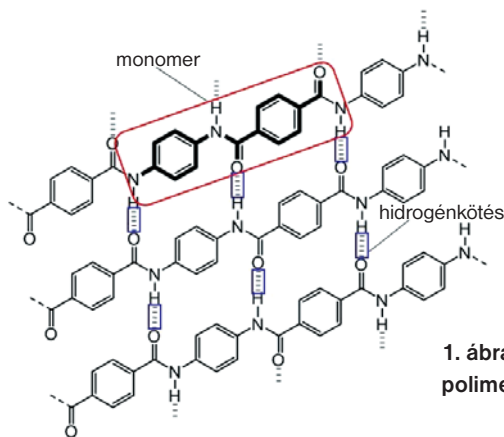
# 50 éve gyártják a kevlár szálanyagot

Az elmúlt évszázad 80-as éveinek elejétől egyre jelentősebbé váltak az egyedi teherbírású, hőstabil, lángálló szerves szintetikus szálanyagok. Ezeket harmadik generációs szintetikus szálaknak, nagy teljesítményű szálaknak (*high performance fibers*), speciális szálaknak egyaránt nevezték. Fő képviselőik az aromás poliamidok.

**A**z aromás poliamidok kifejlesztésében tevékenyen kivette részét Herman Francis Mark osztrák–amerikai kémikus. Megállapította, hogy a molekulaláncok merevsége nő, ha a nyílt polimetilén részeket alifás vagy aromás gyűrűkkel helyettesítik.

Az 1966-ban Stephanie Louise Kwolek által felfedezett poli-para-fenilén-tereftál-amid (PPTA), a Fiber B (Kevlar®) volt az első para-aramid, amely merev struktúrája miatt nagyon magas olvadásponttal rendelkezett. Ezért olvadékból nem lehetett szálát húzni, így a DuPont által felfedezett állapot – bizonyos körülmények között az ilyen polimerek oldatban folyadékkristályt képeznek – tette lehetővé a szálképzést.

A para-aramid szálak különleges tulajdonságai azzal is magyarázhatók, hogy a láncmolekulák kötéstengelyük körüli elfordulása térbelileg akadályozott, miután a nagy molekulák nem hajtogattak, hanem pálcika alakúak. A PPTA polimer akkor képez folyadékkristályt, ha kénsavban oldják. A folyadékkristályos polimeroldat a kritikus koncentrációnál maximális viszkozitást ér el (1. ábra).



1. ábra. A kevlárszál polimerláncai

## A feltaláló

Stephanie Louise Kwolek (2. ábra) Pennsylvániában, lengyel bevándorló szülők gyermekeként látta meg a napvilágot 1923-ban. Apja, John Kwolek – aki természettudós volt – a kislány tízéves korában meghalt. A természeti világ felfedezéséhez, a tudomány iránti érdeklődéséhez ő adott inspirációt. Édesanyjának, Nellie Kwoleknak – aki varrónőként dolgozott – tulajdonítható, hogy Stephanie a divatszakra is vonzódott. Ennek ellenére a fiatal lány úgy döntött, hogy orvos lesz. Az orvosi egyetemi tanulmányokhoz szükséges anyagiak előteremtése érdekében először kémiai területen kívánt dolgozni. Ezért 1946-ban Stephanie a



2. ábra. Stephanie Louise Kwolek, a kevlár feltalálója

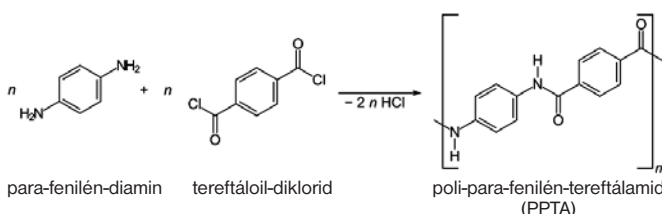
Carnegie Mellon Egyetem Margaret Morrison Carnegie Főiskoláján kémia szakon alapképzési fokozatot szerzett.

Az ideiglenesnek gondolt munkahelyen, a DuPont cégnél több mint 40 évig tevékenykedett, számos tudományos sikert megélve. Többek között nevéhez fűződik a kivételes szilárdságú és merevségű szintetikus aromás poliamid szálak első képviselőjének, a poli-para-fenilén-tereftál-amidnak a felfedezése. Kwolek 28 szabadalmat nyújt be a DuPontnál töltött 40 év alatt. A cég La Voisier-éremmel ismerte el kiemelkedő műszaki eredményeit. 1995-ben ő lett a negyedik nő, aki bekerült a Feltalálók Nemzeti Dicsőségcsarnokába (National Inventors Hall of Fame). Kwolek még számos kitüntetésben részesült polimerkémiai munkássága elismeréseként [többek között Nemzeti Technológiai Érem; az ipar fejlődését és a társadalom javát szolgáló, egyéni kreativitás és innováció kiemelkedő teljesítményének elismerése, az IRI (Industrial Research Institute) Eredmény-díja; Perkin-érem]. A kevlár feltalálója 2014-ben hunyt el.

## Az aromás poliamidok kutatása, fejlesztése

Az aromás poliamidból képzett harmadik generációs szál felfedezése Kwolek legismertebb munkája. Az 1950-es és 60-as években az aromás poliamidokkal kapcsolatos laboratóriumi munkáját Paul W. Morgan kutató irányítása alatt végezte, aki felismerte, hogy az aramidokból egyedi szerkezetük révén merev szálak képezhetők. Az is egyértelművé vált, hogy csak oldat formájában lehet folyékonyra tenni ezeket a polimereket, mert nagyon magas hőmérsékleten olvadnak, miután lángállóak. Kwolek meghatározta az alkalmas oldószereket és a polimerképzés körülményeit, amelyek alkalmasak a poli-meta-fenilén-izoftál-amid előállítására, amely a DuPont által 1961-ben létrehozott meta-aramid lángálló szál (Nomex) alapanyaga. Ezután tevékenységét kiterjesztette a poli-para-benzamidra és a poli-para-fenilén-tereftál-amidra (3. ábra), amelyek – megállapítása szerint – az oldatban rendkívül szabályos pálcikaszerű molekuláris elrendezést mutatnak. A folyadékkristályos polimerből előállított szálak addig nem tapasztalt merevséget és húzószilárdságot mutattak. A Kwolek által feltalált innovatív polimer Kevlar® márkánévvel került forgalomba.

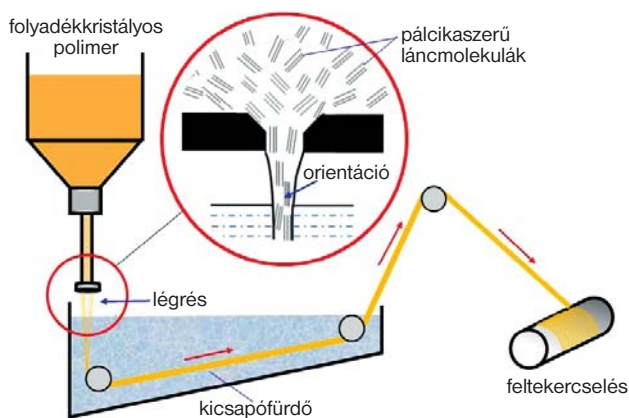
## 3. ábra. A kevlár polimer előállításának kémiai reakciója





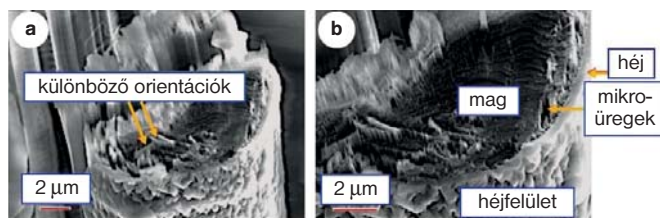
A szénhidrogénhiányra számítva 1964-ben Kwolek csoportja könnyű, mégis nagy szilárdságú szálak fejlesztésébe kezdett, az abroncsokban használt acél kiváltására. Azok a polimerek, amelyekkel akkor dolgozott, folyadékkristályokat képeztek oldatban, 200 °C-on megolvadtak, gyengébb és kevésbé merev szálakat eredményeztek. Új fejlesztései során és az egyedülálló olvadáskondenzációs polimerizációs eljárás alkalmazásával a hőmérsékleteket 0 és 40 °C közé csökkentette. Ekkor az oldat szokatlanul alacsony viszkozitású, zavaros, keverhető, opálos folyadék volt. A hagyományos polimeroldatok általában tiszták vagy áttetszők. A Kwolek által készített folyékony anyag diszperziójelleget mutatott, ugyanakkor finom porúsú szűrőn keresztül teljesen szűrhető volt. Ez folyadékkristály volt, de akkor még ezt nem tudta. Az ilyen anyagot általában további hasznosítási kísérlet nélkül eltávolították, kiöntötték. Ő azonban Charles Smullent, a szálképzéssel foglalkozó technikust megkérte, hogy tesztelje az anyagát. Az ebből előállított új szál nemcsak erősebb volt a nejlonnál (ismert alifás poliamid), hanem ötször szilárdabbnak bizonyult az acélnál is. A DuPont szakmai felügyelője és laboratórium igazgatója is jelentős kutatói felfedezésnek tartotta Kwolek munkáját, amely a polimerkémia új területét nyitotta meg. 1971-ben bevezették az ún. modern kevlárt, a szálakat hőkezeléssel még erősebbé lehetett tenni. A pálcika formájú polimermolekulák erős orientációja biztosította a kevlár rendkívüli szilárdságát.

A szálképzőfej nyílásainál a kipréselt folyadékkristályos polimer láncmolekuláit nyíróigénybevétel éri, ami száltengely irányú orientációt idéz elő. A nedves szálképzés során a parányi csatornákkal kialakított szálképző lapot a kicsapófürdő szintje felett úgy helyezik el, hogy légréven haladjon át a készülő szál-folyam. Ezzel érhető el a szálképző folyadék magasabb hőmérséklete, ami a folyadékkristályosság optimális szintjét biztosítja, garantálva a tökéletes orientációval járó nagy szilárdságot. A maximum 700 m/min sebességgel haladó szálköteget tízszeres nyújtásnak vetik alá, majd fűtött csőkemencében hőkezelik (4. ábra).



4. ábra. A kevlárszál előállításának elve

A kevlár számos fajtája elérhető, például Kevlar K-29° ipari alkalmazásokhoz, például kábelekhez, gumibroncsokhoz és fékbetétekhez ill. azbeszt kiváltásra (5. ábra); Kevlar K49° nagy modulusú kábel- és kötéltermékekben; Kevlar K100° a kevlár színes változata; K119° nagyobb nyúlás, rugalmasság és fáradtságállóság; Kevlar K129° nagyobb szívósság ballisztikus alkalmazásokhoz; Kevlar K149° maximális szívósság a ballisztikus, páncélos és űrhajózási alkalmazásokhoz;



5. ábra. A Kevlar 29° szál pásztázó elektronmikroszkópos keresztmetszeti képe

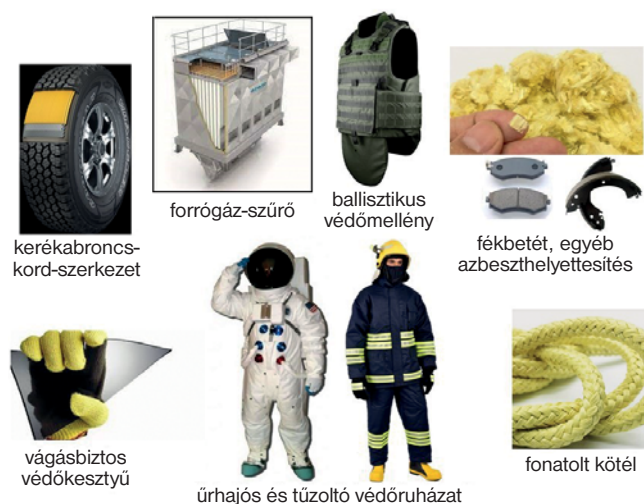
Kevlar AP° 15%-kal nagyobb szakítószilárdság, mint a K-29° esetében;

Kevlar KM2° fokozott ballisztikus ellenállás páncélos alkalmazásokhoz;

Kevlar XP° szálkombináció a könnyebb gyanta- és KM2°-felhasználáshoz.

A para-aramidok főbb fizikai jellemzői: sűrűség 1,44 g/cm<sup>3</sup>, bomlási hőmérséklet 500 °C, üvegesedési hőmérséklet 300 °C, nedvességfelvétel 3,5–7,0%, lángállóság: LOI-index 29 [limiting oxygen index (LOI): az a minimális oxigénkoncentráció százalékban, amely támogatja a polimer égését].

A kevlárszál felhasználása széles körű, a főbb alkalmazási területek a 6. ábrán láthatók. A napfény UV-összetevője károsítja a kevlárt, ezért ritkán használják a szabadban napfény elleni védelem nélkül.



6. ábra. A kevlár főbb felhasználási területei

Kwolek folytatta az alifás és klórcsoportokat tartalmazó termotróp (a folyadékkristály különböző hőmérsékleten különböző fázisokat mutat) kevlárszármazékok kutatását. 1985-ben munkatársaival szabadalmaztatott egy eljárást a poli-parafenilén-benzodioxazol (PBO) és a poli-butilén-terftalát (PBT) polimerek előállítására. A kevlár felfedezője további – mások által kifejlesztett – termékek előállításához is hozzájárult, pl. poliéter-poliuretán kopolimer (Spandex, Lycra), poli-meta-fenilén-izoftalamid (Nomex) és a poli-imid (Kapton) mű- és szálanyagok.

#### IRODALOM

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stephanie\\_Kwolek](https://en.wikipedia.org/wiki/Stephanie_Kwolek)
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Kevlar>
- [3] <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/stephanie-l-kwolek>
- [4] <https://www.dupont.com/brands/kevlar.html>
- [5] Fenyvesi Éva: Újszerű textilipari és műszaki szálanyagok, Magyar Textiltechnika, 1994. évi különszám





## Braun Tibor

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

Művészi freskók a római Pompejiben

## Kémiai nyomozás a Vezúv kitörése előtt és után

## Előszó

A Vezúv vulkán tövében, Nápolyhoz közel, a dél-olaszországi Campania tartományban fekvő Pompeji a világ egyik legjelentősebb régészeti helyszíne. Ez az ősi római város közismert a Kr. u. 79-ben történt jelentékeny vulkánkitörés miatt, ami hosszú időre teljesen elpusztította, hamuba temette. A várost csak 1738-ban kezdték el kiásni. 1997-ben Pompeji rákerült az UNESCO világörökségi listájára [1] a hozzá közel fekvő Herculaneum és Torre Annunziata településekkel együtt. Úgy vélik, hogy „Pompeji, Herculaneum városok és az azokhoz csatlakozó épületek, villák, amelyeket a 79-es Vezúv-kitörés eltemetett, az akkori társadalom és a mindennapi élet teljes képét adhatják a kiásás után. Ennek nincs párja sehol a világon.” Manapság Pompeji a világ egyik leglátogatottabb régészeti helye. Például 2018-ban 3,5 millió turistát vonzott. [2] Ez a római Colosseum mögött Olaszország második régészeti látványossága. A Pompeji Régészeti Park adatai szerint 2015-ig az ősi város eredetileg 60 hektárnyi területéből 49-et már kiástak, illetve feltártak. [3]

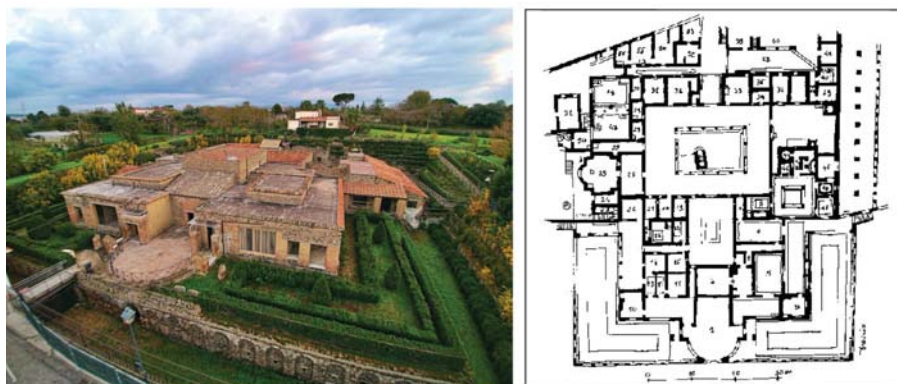
## Bevezetés

A vulkáni hamu és láva alatt Pompeji mindmáig titkokat rejteget. Remélhetőleg a jövő évtizedekben a régészeti emlékek (római épületek, lakóházak és villák, fal-festmények, szobrok, edények stb.) a felszínre kerülnek, és nemcsak a látogatókat, turistákat örvendeztetik majd meg, hanem különböző tudományterületek, például a kémia, geológia, régészeti, antropológia stb. kutatásainak tárgyai lesznek. Ebben az értelemben döntő fontosságú lesz olyan kémiai módszerek kidolgozása, amelyekkel eredményesen tanulmányozhatják azokat az eredeti anyagokat, amelyeket an-

nak idején a kiásott régészeti tárgyak létrehozására használtak fel és diagnosztizálni tudják azok változásait, károsodásait. Mindezek az információk különleges fon-

tosságúak lehetnek a megfelelő restaurálási és tartósítási stratégiákhoz, amelyek biztosítanak a régi római városból fennmaradott leletek, például a falfestmények

1. ábra. A Pompejiben kiásott *Villa dei Misteri* külseje, tervrajza és a szobáinak falára festett festmények







megmentését. A falfestmények képezik a legjelentékenyebb régészeti dísz tárgyakat, amelyek az ásásokból feltárva eddig napvilágot láttak.

Csodálatos falfestményeket tártak fel olyan épületekben, mint például a *Villa dei Misteri* (1. ábra). A szobáiban lévő, 2015-ben restaurált freskók az összes ősi festmény közül az ismertebbek és a legjobb állapotúak közé tartoznak.

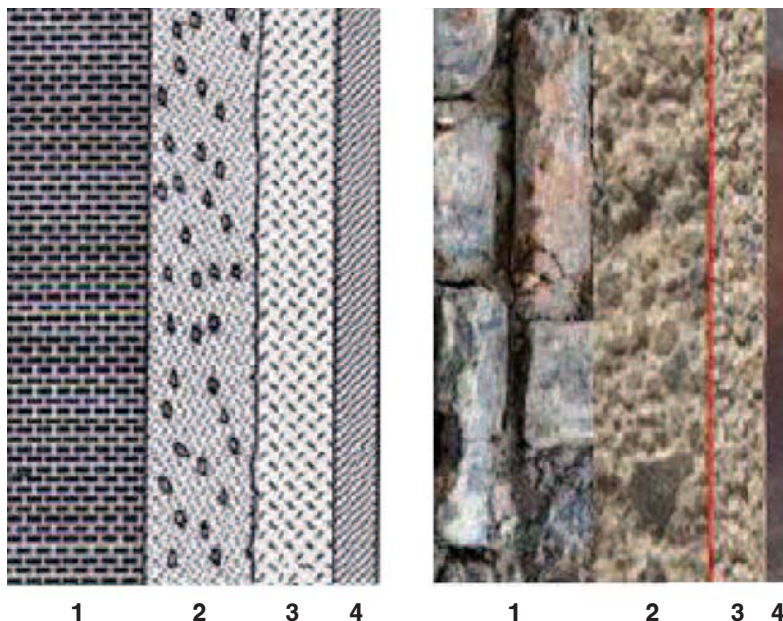
## Freskózás

A Pompejiben abban az időben alkotó művészek festményeiket különböző gipszvakolatokra vitték fel a falakra a pigmentek ráfestése előtt. *Vitruvius* [4] szerint összesen 6 gipszvakolatréteg felvitelét alkalmazták freskófestés előtt. Ez volt Pompejiben a leghasználatosabb festési technika.

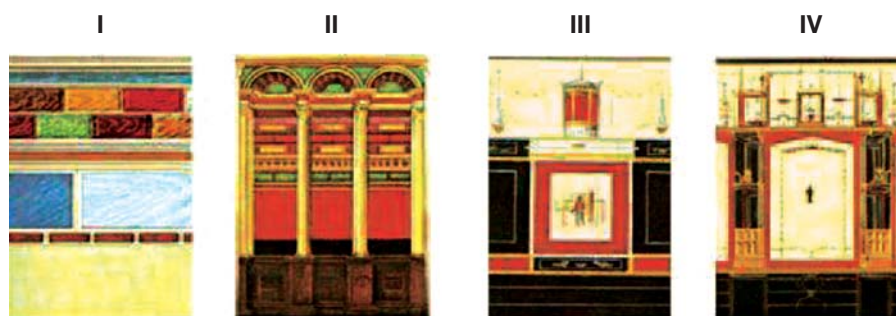
Az *arriccio* nevű első vakolatréteget (2. ábra, 2-es réteg) a téglaköfal felületére kenték (2. ábra, 1-es réteg), befedve a felület szabálytalanságait és lyukait. [4] Így 3 középfinom szemcsés *arriccio*réteg készülhetett. Ezek után a folyamatban felhasznált vörös *sinoper pigment* alapján *sinopia* néven ismert kompozíció következett (2. ábra, jobb oldal). Amikor az teljesen megszáradt, az *intonaco* (2. ábra, 3-as réteg) került fel (ezen a rétegen alkották meg a festményt), oltott mészből és tiszta, finomszemcsés folyami homokból vagy márványporból, ami után következett a festmény művészi festése. Erre kentek még egy vékonyabb *intonachino* nevű réteget, ami a malternél valamivel több meszet tartalmazott. A maltert több, növekvő vastagságú rétegben vitték fel. A gipszvakolatok csak rövid időre (6–8 óráig) tartották meg a nedvességüket, őrizve optimális jellemzőiket. Ezt az időt „arany óráknak” nevezték. A vakolat utolsó rétegét, az *intonacót* (és ha jelen volt, az *intonachinót*) relatíve kis felületekre hordták fel a festmény összetételétől függően. Ezért a gipszvakolat csak a fal ama területére került, aminek a festése még aznap történt. A mész (telített kalcium-hidroxid) és a légkör szén-dioxid-tartalma közötti reakcióból képződött kalcium-karbonát biztosította az alkalmazott pigment szemcsék megkötését a felületen (2. ábra, 4-es réteg).

## Osztályozás és stílusok

A pompeji falfestmények osztályozása a különböző időszakok jellegzetes festési dekorációs stílusai szerint történt. *August Mau* német régész négy különböző festési



2. ábra. Pompeji freskórétegek: 1. téglaköfal, 2. *arriccio*, 3. *intonaco*, 4. festési réteg



3. ábra. Példák pompeji festési stílusokra (Első–Negyedik stílus) [7]

stílust különböztetett meg: Első, Második, Harmadik és Negyedik stílust. [5] Ezek nem csak Pompeji városára jellemzőek, és mivel a római időszakhoz tartoztak, *római festési stílusok* néven ismertek. A Vezúv által betemetett Pompejinél és a szomszédos városoknál tekintetbe veszik a megfelelő periódusra jellemző ismérveket. Az Első stílus a köztársasági időszakban volt népszerű (ami Kr. e. 27-ben fejeződött be), és a görög művészeti fejlődésből nőtt ki, miközben a Harmadik és Negyedik stílus a császári időszakban lett divatos (Kr. e. 20 – Kr. u. 79) Pompejiben és Herculaneumban. Részletesebben szólva az Első, vagy strukturálisnak is nevezett stílust Kr. e. 200-tól körülbelül Kr. e. 49-ig használták. Fő jellemzője a márvány utánzása, valamint más utánzott elemek, mint alabástromlapok és sárga fa keresztrudak a vízszintes szinteken, valamint fehér pillérek és párkányok alkalmazása. A festmények alapszínei élénkek voltak, mert ez a gazdagságot jelentette (3. ábra).

A Második, építészetinek is nevezett

stílus a Kr. e. I. századot uralta és az Első stílusból fejlesztették, magába foglalva annak egyes elemeit, mint például a hamis márványtömböket a falak alapja mentén. Ezáltal a nézőkkel azt igyekeztek elhitetni, hogy ők valamilyen ablakon tekintenek be. A Harmadik vagy díszítőnek is nevezett stílus körülbelül a Kr. e. I. évszázad elején jött létre, és körülbelül Kr. e. 20–10-től egészen Kr. u. 50-ig tartott. Ez a stílus a falak felületét széles, egyszínű (monokromatikus) apró, tekervényes részletekkel megszakított fekete vagy mélyvörös színlapokkal látta el. A Harmadik stílus még szintén építészeti volt, de ahelyett, hogy igyekeztek volna a nézőknek építészeti elemeket bemutatni, azokat inkább stilizált oszlopokként és oromzatokként láttatták (3. ábra). Végül a „bonyolultnak” is nevezett Negyedik stílus, ami a Kr. u. 50-es években jött létre, kusza és fantasztikus megjelenésével a pompeji díszítés utolsó korszakát képezte. Ezt legjobban az előző három stílus kombinációjaként lehet jellemezni. Ellenben ez a stílus sokkal na-



4. ábra. Kiásott pigmentek eredeti edényekben

gyobb központi lapokat is használt, mint a Harmadik stílus, és annál tágabb témákkal, például mitológiai, tájjellegű és mindennapi életből ellesett témákkal foglalkozott.

### Pigmentek és változataik

Több tanulmány készült a pompeji művészek által alkotott gyönyörű falfestményeknél használt pigmentpalettákról. [6] Kizárólag eredeti pigmentporokat nyertek ki az ásások során Pompeji régészeti helyeiről. Ezeket a pigmenteket eredeti edényeikben (zömükben kerámiatálakban) ásták ki és a Nápolyi Nemzeti Régészeti Múzeumban, valamint a Pompeji Alkalmazott Kutatási Laboratóriumban helyezték el (4. ábra). Ezekben az intézményekben gyakorlatilag egy-egy zöld, vörös és fehér pigment látható két sárga és különböző kék pigmentekkel együtt. Ezeket a kiásás helyszínén elemezték hordozható műszerekkel. A részletesebb laboratóriumi vizsgálatokban a vörös és sárga (okker) pigmenteket asztali műszerekkel is elemezték. Végül négy különböző rózsaszín pigmentet is a helyszínen vizsgáltak. A fentebb említett pigmentek mellett a Pompeji Alkalmazott Kutatólaboratóriumban még másik két rózsaszín és négy kék pigmentet vizsgáltak. A pompeji rózsaszín kevert pigmentekben lévő szerves színezékek (alizarin 97%, purpurin 90%) azonosítására összehasonlítási mintákat is alkalmaztak.

### Pigmentszínek

A leghozzáférhetőbb és legolcsóbb pigmenteket a sokszínű helyi, vasban dús agyagok képezték, amelyek színe a sárga, a vörös és a barna között váltakozott. Az ezekből az anyagokból származó okker pigmentek a régebbi történelemben is már ismertek voltak, lévén a hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) és goethit ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) a sárga okker fő komponensei. [8–10] Másrészt annak érdekében, hogy olyan színskálát tudjanak előállítani, amit ezek a színek nem tettek lehetővé, más színű ásványokat is porrá őröltek és belekeverték a meglévő pigmentekbe. Példák ezekre az ásványi pigmentekre: a zöld malachit ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ), a vörös cinóber ( $\alpha\text{-HgS}$ ), a kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ) vagy a dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). A két utóbbit fehér festékként alkalmazták. Ezeket a pig-

menteket Pompejiben is kimutatták. [8] A pigment-előállítás másik útja a kémiai reakció volt, mint például az egyiptomi kék ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) esetében. Ez utóbbit már Vitruvius is leírta a Kr. e. I. században; rézvegyületek, homok, valamint szóda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) vagy növényi hamu keverékéből állt. [11] Végül a színezékek előállításának utolsó módja valamivel bonyolultabb eljárást igényelt, például szerves és szervetlen vegyületek keverését, ami az úgynevezett festéklakkokhoz vezetett. A festéklakk szerves színezék, amely a szerves festék valamilyen oldhatatlan szervetlen szubsztrátumra való lecsapásával készül. A római időkben a szerves festék általában növényekből vagy puhatestűekből származott, és az extrahált színezéket általában agyagokkal is keverték. Példa a Pompejiben használt festéklakkra a rózsaszínű (pink madder lake), amelynek színezékét a *Rubia* növény gyökereiből vagy a föníciai bíbor, amelynek anyagát a tengeri *Murex brandaris* tengeri csigából vonták ki. Ez utóbbi esetben az előállított festéklakkot *purpurissimum*-nak nevezték. [12]

### Analitikai eljárások

Az analitikai kémiai eljárások miniatürizálása lehetővé tette kisméretű, hordozható műszerek, például spektrométerek előállítását, illetve használatát. Ezek a műszerek nélkülözhetetlenné váltak a pompeji feltárások helyszínén is. Értjük itt például a helyben (terepen) alkalmazott UV-spektroszkópiát. Meg kell említeni, hogy a hordozható műszerek mellett a laboratóriumi analitikai műszerek is nagy szerepet kaptak. Példaként a Raman-spektrometriát, a röntgenspektrometriát, a lézerspektrometriát és a Raman-indukált fluoreszcenciát említjük. [22] Hozzá kell tennünk, hogy az említett hordozható műszerek, valamint a nem invazív analitikai eljárások mellett úgynevezett destruktív analitikai módsze-

5. ábra. Feltárt freskók károsodása 1904 és 2015 között







reket, például gáz- és folyadékromatográfiát is alkalmaztak Pompejiből származó minták esetében. Helyhiány miatt ezeket itt nem részletezzük, de adatok találhatóak a feltüntetett hivatkozásban.

## A festmények károsodása

Annak érdekében, hogy az említett vegyületek pigmentként való használatát kiderítsék, fizikai, kémiai analitikai eljárásokat használtak. Ezek az analízisek nemcsak a vegyületek eredeti elemi és molekuláris összetételének meghatározását tették lehetővé, de azt is, hogy a pigmentek elszennvedtek-e valamilyen bomlási vagy átalakulási jelenséget az idők folyamán (5. ábra). Ilyen értelemben mindmáig számos károsodást vizsgáltak és azonosítottak Pompejiben. Több dolgozatban [13–14] például a vörös okker pigmentek feketedését is vizsgálták. Kiderítették, hogy a levegő  $\text{SO}_2$ -tartalma volt a felelős a vörös okker ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) fekete magnetittá ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), válásáért gipsz ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) képződése közben.

Egy másik feketedési folyamatot, a cinóber ( $\alpha\text{-HgS}$ ) vörös pigmentjének feketedését is azonosították Pompejiben. [15] Ezt a színváltozást a szerzők az  $\alpha\text{-HgS}$  fény által előidézett fekete  $\text{Hg}^0$ -vá változásának tulajdonították, viszont fémhiganyt csak szintetikus cinóber esetében határoztak meg. [16] Más szerzők azt állítják, hogy metacínóber képződött annak ellenére, hogy ezt a vegyületet ott soha nem észlelték, ellenben bomlási termékeket, például kordeoidot ( $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2$ ), kalomelt ( $\text{HgCl}$ ), terlin-

gualitot ( $\text{Hg}_2\text{ClO}$ ) és gipszet ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) szintén meghatároztak a megfeketedett felületeken. [16] Bizonyos szerzők állítják, hogy az UV-sugárzás által előidézett cinóber fotobomlását klórnak is lehet tulajdonítani. [17] Meg kell említeni, hogy eddig nem definiálták azt a minimális klórkoncentrációt, ami a fenti folyamatot létrehozza, valamint nem mutatták ki ennek a halozanidnak az eredetét a pompeji falfestékekben. Az említett feketedésektől függetlenül a leginkább említésre érdemes színváltozás a pompeji falfestményekben a sárga okker vörösödése. Ez a változás nagy érdeklődést váltott ki, miután nemzetközi hírekben [18] és szakfolyóiratban publikálták. [19] Annak ellenére, hogy mindmáig nincs gyakorlati bizonyíték a Pompejiben és Herculaneumban megfigyelt, említett vörösödési mechanizmus meglétére, feltételezik, hogy akkor történt, amikor a Vezúv által magas hőmérsékleten kibocsátott piroklastikus hullámok elérték a falfestmények sárga okker felületeit és dehidrációs reakciót hoztak létre a sárga okker vörösre (hematit) változtatásával. A szakirodalom szerint a goethit dehidrációs hőmérséklete körülbelül  $250\text{ }^\circ\text{C}$  [20–21], pontosabban ez a hőmérséklet a Kr. u. 79-es kitörés során alakult ki.

## Utószó

Az írás bevezetésében említettük, hogy a hamuval takart Pompeji az eddigi nagyon érdekes ásatások mellett még számos fel-tárandó titkot rejteget. A régészeti feltárá-sok ma is folynak, és ezeken több más or-

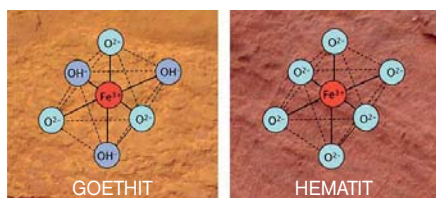
szágbeli kutatócsoport is dolgozik. Nagy-vonalakban ez a munka egyrészt az ása-tásra, másrészt a leletek vizsgálatára, res-taurálására és karbantartására osztható. Ezek fokozódása láttán biztosak vagyunk, hogy a turisták, látogatók száma is növe-kedni fog.

## IRODALOM

- [1] <http://whc.unesco.org/en/list/829/>
- [2] <http://pompeisites.org/en/archeological-park-of-pompeii/visitor-data/>
- [3] <http://pompeisites.org/wp-content/uploads/A-Guide-to-the-Pompeii-Excavations-2.pdf>
- [4] Vitruvius, Ten books on architecture, Cambridge University Press, 1999.
- [5] A.Mau, Pompeii, its life and art, Vol.1. Library of Alexandria, 2007.
- [6] S. La Boda, International dictionary of historic places Southern Europe, Taylor & Francis, London, 1994.
- [7] [http://www.pompeiin.com/en/Painting\\_styles.html](http://www.pompeiin.com/en/Painting_styles.html)
- [8] I. Aliatis, D. Bersani, E. Campani, et al., Pigments used in Roman wall paintings in the Vesuvian area, J. Raman Spectrosc. (2010) 41, 1537.
- [9] G. Cottica, Proceedings of the EMAC 07 Conference, 9th European meeting on ancient ceramics, Budapest, Hungary, 2007.
- [10] G. Giacchi, Mater. Manosc. Process. (2009) 24, 1015.
- [11] G. A. Mazzocchin, J. Cult. Herit. (2004) 5, 129.
- [12] M. Clarke, Proceedings of Art' 05–08th International Conference on „Non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of the cultural and environmental heritage”, Lecce, Italy, 2005.
- [13] M. Maguregui, Anal. Chem. (2011) 83, 3319.
- [14] M. Maguregui, Anal. Metac. (2014) 6, 372.
- [15] M. Cotte, Anal. Chem. (2006) 78, 7484.
- [16] K. Keune, Anal. Chem. (2005) 77, 4742.
- [17] M. Rade, J. Anal. Att. Spectr. (2015) 30, 599.
- [18] <https://www.theguardian.com/science/2011/sep/22/pompeii-red-yellow>
- [19] I. Angelini, J. Cult. Herit. 2019, 1016.
- [20] D. L. A. de Faria, Vib. Spectrosc. (2007) 45, 117.
- [21] P. S. R. Prasad, J. Asian Earth Sci. (2006) 27, 503.
- [22] P. Larkin, Infrared and Raman Spectroscopy. Principles and Spectral Interpretation, Elsevier, 2017.

## Sokféle okker

A sárga változat a goethit ( $\text{FeOOH}$ ), a vörös a hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Közös bennük, hogy kristályaik oktaédereinek középpontjában ferriion ( $\text{Fe}^{3+}$ ) van, de a kettő ionos környezete különböző. Ez okozza a két vegyület eltérő színét.



A vázlat érzékelteti, hogy a goethitben és a hematitban különbözik a  $\text{Fe}^{3+}$ -ion környezete [1]



Egy lascaux-i barlangrajz másolata (ma már csak a barlang rekonstruált változatai látogathatók; fotó: Jack Versloot, CC BY-SA 2.0)

Hevítés hatására a goethit vizet veszít, és hematittá alakul át. A hevítés hőmérséklete erősen befolyásolja a színt.

Az okker különböző árnyalatai a barlangrajzokon is megjelenhetnek.

## IRODALOM

- [1] Bernard Valeur, La chimie crée sa couleur... sur la palette du peintre, in La chimie et l'Art, EDP Sciences, 2010.



**TÚL A KÉMIÁN**

## Tehénvéce

A Földön mintegy 270 millió tehenet tartanak tejgazdaságokban, ennek összességében már igen jelentős ökológiai lábnyoma van. Nemrégiben számoltak be a „MooLoo” projektről, amelyben szarvasmarhákat próbáltak megtanítani arra, hogy vizeletüket mindig egy erre előkészített helyen ürítsék. Az eredmények igen ígéretesek: a borjúk mintegy kétharmada viszonylag rövid idő alatt elsajátította a készséget. Ez számottevő csökkenést eredményezhet a szarvasmarhatartás ammónia-kibocsátásában, és az állattelepeken kialakuló fertőzéseket is ritkábbá teszi.

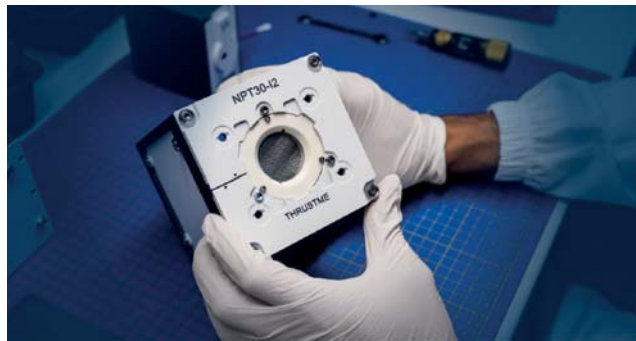
*Curr. Biol.* 31, 1033. (2021)



## Jódos ionhajtómű

Ionhajtóművekkel ugyan nem lehet a Föld felszínéről kilőni semmit, de ha egyszer már az űrben van egy szonda, akkor igen hatékonyak lehetnek a további meghajtáshoz vagy pályamódosításhoz, mert jól összeillenek a csekély, de folyamatos teljesítmény biztosító napelemekkel vagy a radiotermikus generátorokkal. Az eddig használatos ionhajtóművekben általában xenonionok játszottak központi szerepet; ennek a kiváltására próbálták ki sikeresen jóval olcsóbb jódtartalmú ionokat a 2020 novemberében indított Beihangkongshi-1 CubeSat-on. Az új fejlesztés lehetővé teszi majd, hogy ezentúl a legkisebb műholdakon is legyen valamiféle lehetőség a kisebb pályakorrekciókra.

*Nature* 599, 411. (2021)



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

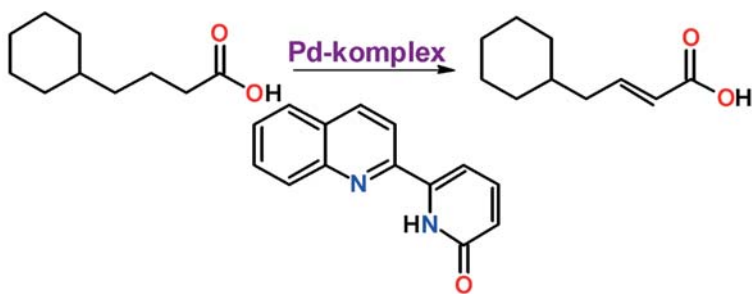


J. R. Partington: The Oxidation of Ammonia  
*Nature* Vol. 109, pp. 137–138  
(1922. február 2.)

James Riddick Partington (1886–1965) brit kémikus és tudománytörténész volt. Leghíresebb művei közé tartozik egy ötkötetes Fizikai kémia és egy négykötetes Kémiatörténet tankönyv, ezekért több díjat is kapott. A Society for History of Alchemy and Early Chemistry első elnöke volt 1937-től; 1949 és 1951 között a British Society for the History of Science elnöki feladatait is ellátta.

## APRÓSÁG

Bradley Allen Roland, az USA Arkansas államában lévő Henderson State University korábbi kémiaprofesszora 4 hónapos börtönbüntetést és 150 000 dolláros bírságot kapott azért, mert munkahelyi laboratóriumában metamfetamint állított elő.



## Zsírsav alapú finomvegyipar

Az alifás karbonsavak meglehetősen gyakori vegyületek az élővilágban, de szintetikus hasznuk többnyire meglehetősen korlátozott. Amerikai kutatók ezen változtattak most valamelyest: egy palládiumtartalmú katalizátor segítségével közvetlen dehidrogénezést tudtak végrehajtani a láncban, így sok más finomvegyyszer alapanyagának alkalmas  $\alpha,\beta$ -telítetlen karbonsavakat állítottak elő. Egyetlen munkában mintegy 80 különböző telített karbonsavon hajtották végre ugyanazt az átalakítást, így a módszer általános alkalmazhatósága kétségtelen.

*Science* 374, 1281. (2021)

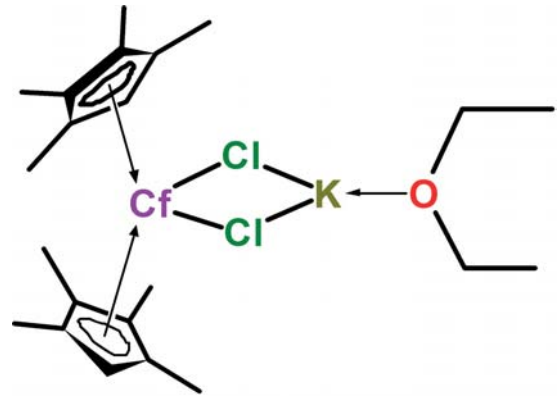




**A HÓNAP MOLEKULÁJA**

Az ábrán látható komplex ( $C_{22}H_{36}CfCl_2KO$ ) az első kaliforniumvegyület, amelynek a szerkezetét röntgendiffrakciós módszerrel is meghatározták. A kalifornium a legnagyobb rendszámú elem, amelyből milligrammos mennyiségek is rendelkezésre állhatnak. Az ábrán látható molekula előállításához 2 mg  $^{249}Cf$ -t tartalmazó kiindulási anyagot használtak fel. A két ciklopentadienil-gyűrű szöge  $131^\circ$ -nak bizonyult. Elméleti számítások szerint a kalifornium-szén kötés nagyrészt ionos jellegű benne.

*Nature* 599, 421. (2021)

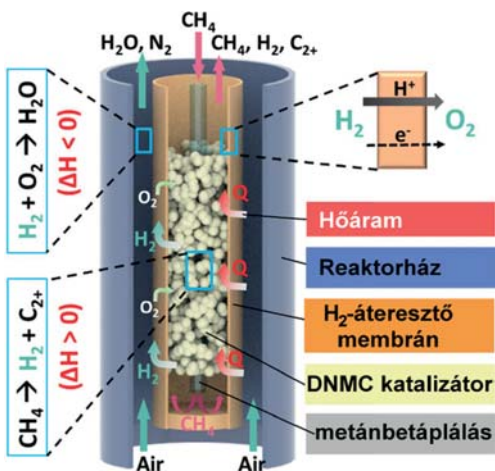


**Szénhidrogén-előállítás metánból**

A metán a Földön legnagyobb mennyiségben megtalálható szénhidrogének egyike, ezért hatékony felhasználása igen jelentős ipari kérdés. Egy újonnan épített reaktorban a ma hasonló célra használt technológiáknál kedvezőbben, szén-dioxid keletkezése nélkül sikerült belőle nehezebb szénhidrogéneket előállítani. Az ebben használt katalizátort DNMC-nek (direct nonoxidative methane conversion) nevezték el, benne szilícium-dioxid, vas és kis mennyiségű európium található. A betáplált gázba egy kevés oxigént is adnak, hogy a keletkező hidrogénnel vizet képezve hozzájáruljon a folyamat termodinamikai hajtóerejéhez. A reaktor prototípusában előállított termékek közül az etilén, a benzol és a naftalin a leghasznosabb.

A jelenleg használatos adathordozók információsűrűsége igen nagy, de élettartamuk ritkán haladja meg a 20 évet. Egy új elven működő tárolási módszer – fluoreszcens festékanyagok kicsiny foltjaira támaszkodva – meghaladhatja ezt a korlátot. Ezeket egy egyszerű tintasugaras nyomtatóval lehet felvinni epoxifelületre. Összesen hét festéket tartalmaz a keverék, mindegyik jelenléte vagy távolléte egy bitnek felel meg, így egyetlen kis folt hét bitnyi információt tárol, ami bőven elég szövegek egy karakterének ASCII-kódolásához. A kiolvasáshoz egy fluoreszcencia-mikroszkóp szükséges. A módszerrel  $0,8 \text{ Gbit/cm}^2$  információsűrűséget lehetett elérni, ami megközelíti a mágneses szalagok 1,3-es értékét.

*Adv. Energy Mater.* 11, 2102782. (2021)



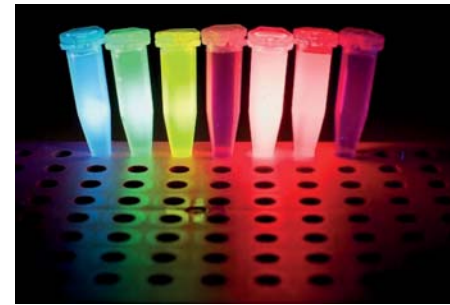
**Tükröm, tükröm...**

A 16. században, I. Erzsébet angol királynő asztrológusaként és tanácsadójaként szolgáló John Dee egy nevezetes, csiszolt obszidiánból készült tükört használt. A tárgynak mágikus hatalmat tulajdonítottak, s mind a mai napi megvan a British Museum gyűjteményében. A közelmúltban a tükör összetételét röntgenfluoreszcenciával vizsgálták meg, és ennek segítségével sikerült bizonyítani, hogy az eszköz a Mexikó központi részén fekvő Pachuca városának közeléből származik. A történetírás már eddig is tudott róla, hogy az itt fellelhető obszidiánt az aztékok nagy becsben tartották, de arra kevesen számítottak, hogy a belőle készült tárgyak Amerika felfedezése után viszonylag rövid idővel ennyire megszűntek eljuthattak.

*Antiquity* 95,1547. (2021)

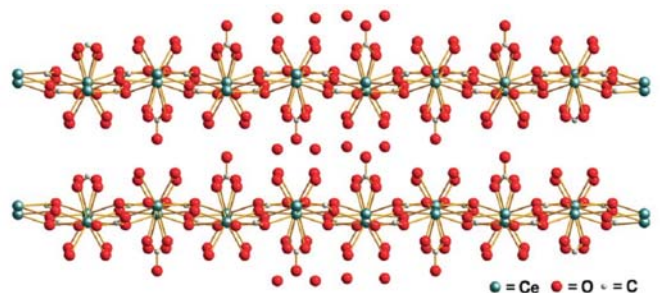


**Tartós adattárolás festék-molekulákkal**



A jelenleg használatos adathordozók információsűrűsége igen nagy, de élettartamuk ritkán haladja meg a 20 évet. Egy új elven működő tárolási módszer – fluoreszcens festékanyagok kicsiny foltjaira támaszkodva – meghaladhatja ezt a korlátot. Ezeket egy egyszerű tintasugaras nyomtatóval lehet felvinni epoxifelületre. Összesen hét festéket tartalmaz a keverék, mindegyik jelenléte vagy távolléte egy bitnek felel meg, így egyetlen kis folt hét bitnyi információt tárol, ami bőven elég szövegek egy karakterének ASCII-kódolásához. A kiolvasáshoz egy fluoreszcencia-mikroszkóp szükséges. A módszerrel  $0,8 \text{ Gbit/cm}^2$  információsűrűséget lehetett elérni, ami megközelíti a mágneses szalagok 1,3-es értékét.

*ACS Cent. Sci.* 7, 1728. (2021)



**Fényvédő cérium-karbonát**

A cérium ugyan a ritkaföldfémek közé tartozik, de valójában egyáltalán nem ritka. Ezért is lehet jelentős felfedezés, hogy a  $Ce_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$  összetételű karbonát számos esetben jelentősen lelassítja szerves színezékek fény hatására történő vizes oldatbeli bomlását. A vegyület ezt a tulajdonságát akkor is megőrizte, amikor szilárd polimetil-metakriláthoz keverték 2% mennyiségben: a makromolekula átlátszó maradt, de tulajdonságai jóval kevésbé változtak meg ultraibolya besugárzás hatására. A mechanizmusvizsgálatok szerint a jelenség háttérben igen összetett reakciók állhatnak; más cériumsók egyáltalán nem mutatták az érdekes fényvédő hatást.

*ACS Appl. Nano Mater.* 4, 11590. (2021)

## In memoriam Antus Sándor (1944–2021)

Életének 78. évében, 2021. december 1-én hosszú, súlyos betegség után elhunyt Antus Sándor akadémikus, a Debreceni Egyetem nyugalmazott tanszékvezető egyetemi tanára és professor emeritusa, a szerves kémia nemzetközileg elismert kutatója, az egyetem kiváló oktatója.

*Nem múlnak ők el, kik szívünkben élnek,  
Hiába szállnak árnyak, álmok, évek.  
Ők itt maradnak bennünk csöndesen még,  
Hiszen hazánk nekünk a végtelenség.*

Juhász Gyula



Antus Sándor 1944. február 28-án született Szegeden. Kémikus életének és munkásságának első negyedszázada a Budapesti Műszaki Egyetemhez (BME) kötötte, ahol 1968-ban szerzett okleveles vegyész-mérnöki diplomát, és 1971-ben védte meg egyetemi doktori értekezését. Ezek a munkák az *O*-heterociklusok szerkezetfelderítése és szintézise témakörben születtek a Farkas Loránd akadémikus, majd Nógrádi Mihály c. egyetemi tanár által

vezetett kutatócsoportban. A kutatás praktikusán végig azonos laborasztalnál zajlott, de a kor szokása szerint különböző címkék alatt; Chinoin-státuszban kezdett doktorandusként, majd a KKKI tudományos munkatársaként dolgozott 5 évet. Kandidátusi disszertációja már kitekintés a jövőbe; tudományos érdeklődése a potenciálisan bioaktív izoflavonoidok szintézise kapcsán a tallium(III)vegyületek szerves kémiai alkalmazása felé fordult. 1977-ben a *Tallium(III)-nitrát alkalmazása természetes eredetű O-heterociklusok szintézisében* című értekezése alapján a kémiai tudományok kandidátusa címet szerezte meg. Egyéni elgondolásai, nagy munkabírása, remek szervezőképessége és kitűnő kooperációs készsége hamar ismertté tette eleinte szűkebb, majd egyre tágabb tudományos közösségekben is.

Ezt követően 1992-ig a Szántay Csaba, majd Lempert Károly akadémikusok vezette MTA Alkaloidkémiai Kutatócsoportban dolgozott tudományos főmunkatársként, és tudományos érdeklődése korábbi kutatási területének jelentős kiszélesítése mellett az elektronikus cirkuláris dikroizmus (ECD) tanulmányozásával bővült. E sztereokémiai szerkezetvizsgáló módszerrel Günther Snatzke professzor laboratóriumában (Ruhr Egyetem, Bochum) Humboldt-ösztöndíjasként ismerkedett meg a hetvenes-nyolcvanas években. Güntherrel szinte egyedülálló baráti, csodálói viszonyba került, és a néhai Kajtár Márton professzorral alkotó triumvirátussá bővültek. Sajnos már mind „odaát” vannak. A bochumi inspirációk valósulhattak meg Debrecenben a későbbiekben részletezett módon, mintegy valóra váltva Sándor számos szakmai álmainak egyikét. A szénhidrátkémia területén poszt-doktorként E. Zbiral professzor mellett szerzett újabb tapasztalatokat (Bécsi Egyetem), míg sztereokémiai tudását A. Dreiding professzor irányításával tökéletesítette (Zürichi Egyetem). Farmakológiai ismereteit az antioxidáns tulajdonságú májvédő vegyületek szintézise kapcsán H. Wagner professzor mellett mélyítette el (Müncheni Ludwig Maximilian Egyetem). Tudományos munkája mellett eredményes oktató- és nevelőmunkát is végzett, amit a BME Szerves Kémiai Tanszékén 1987-ben egyetemi docensi kinevezéssel ismertek el. 1992-ben a *Természetes eredetű O-heterociklusos vegyületek szintézise és térszerkezetük vizsgálata* című értekezése alapján az MTA doktora lett.

Éz mérőföldkő lett – a váltás éve. 1992-ben pályázatot írtak ki a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem [KLTE, 2000-től Debreceni Egyetem (DE)] Szerves Kémiai Tanszékének vezetésére. Sok álmatlan éjszaka után, visszaemlékezve már régóta érlelt oktatási vágyára, beadta a pályázatát, és az állást elnyerve egy új világban landolt. Ezzel sok szakmai álma megvalósulhatott. 1992 szeptemberétől a DE tanszékvezetőjeként dolgozott, áldozatos munkával, egészen 2008. szeptember 1-ig. Folytatta a flavonoidok és rokon heterociklusos származékaik szintézisére és sztereovizsgálatára irányuló kutatómunkáját és a hetvenes-nyolcvanas évek bochumi álmát; nemzetközi tapasztalataira építve sztereokémiai szerkezetvizsgáló laboratóriumot épített ki, amit a kor kihívásainak megfelelően folyamatosan fejlesztett. 2000-ben jelentős fejlődési lehetőséget adott kutatócsoportjának egy pályázat révén beszerzett ECD spektropolariméter, amit királis HPLC rendszerrel kapcsolt össze. Irányításával a sztereokémiai szerkezetvizsgáló laboratórium nagy nemzetközi elismertséget szerzett, és számos hazai és külföldi intézettel folytatott sikeres tudományos együttműködést. Ezek közül kiemelendők a K. Krohn professzorral (Paderborni Egyetem), G. Pescitellivel (Pisai Egyetem) és számos, a természetes anyagok izolálásával foglalkozó kínai kutatócsoporttal (Sanghaj, Qingdao, Guangzhou, Peking) folytatott együttműködések. Támogatta munkatársai szakmai tapasztalatszerzését a szakterület kiemelkedő külföldi műhelyeiben, és a hazai munkahelyen olyan légkört és feltételeket teremtett, hogy azok vissza is térjenek, és a megszerzett ismeretekkel bővítsék a kutatási potenciált. Ennek eredményeképpen nyílt lehetőség az ECD és optikai forgatás (OR) adatok kvantumkémiai számítására a DE szuperszámítógépes kapacitását kihasználva, amihez később hozzáadódott az NMR-adatok és a vibrációs cirkuláris dikroizmus (VCD) spektrumok szimulálása.

Nemcsak ő és munkatársai járták a külföldi kutatóhelyeket, de az onnan érkező vendégek számára is a szépet és a jót akarta „otthonában” büszkén megmutatni. Nagyszerű házigazda volt. Emlékezetes, hogy mikor a Nobel-díjas Oláh György professzor feleségével Debrecenben járt, milyen remek szakmai és kulturális programot állított össze számukra. Budapestre elkísérve és ott is megvendégelve őket, előzetesen több éttermet is felkeresett, hogy a baráti beszélgetésekre is megfelelő, hangulatos helyet találjon. Nemzetközileg elismert tudományos munkásságát elsősorban a biológiailag aktív természetes eredetű *O*- és *N*-heterociklusos vegyületek izolálása, szerkezet-felderítése, szintézise, abszolút konfigurációjuk meghatározása és hatás-szerkezet összefüggésük feltárása területén fejtette ki. Több mint 190 lektorált angol nyelvű folyóiratcikk, 12 szabadalom és számos könyv és könyvfejezet szerzője vagy társszerzője. 2004–2012 között az MTA–DE Szénhidrátkémiai Kutatócsoportjának vezetőjeként irányította a debreceni szénhidrátkémiai kutatásokat. Tudományos munkásságának elismeréseként 2004-ben az MTA levelező, 2010-ben pedig az MTA rendes tagjává választották.

Rangos tudományos eredményei mellett jelentős iskolateremtő és tudományos szervező munkát is végzett. Irányításával korszerűsítették a vegyész- és kémiatanár-képzés szerves kémiai oktatásának tematikáját, elindították a német szakfordítói képzést és kidolgozták a gyógyszerészek szerves kémiai és szer-

vezetőjeként irányította a debreceni szénhidrátkémiai kutatásokat. Tudományos munkásságának elismeréseként 2004-ben az MTA levelező, 2010-ben pedig az MTA rendes tagjává választották.

Rangos tudományos eredményei mellett jelentős iskolateremtő és tudományos szervező munkát is végzett. Irányításával korszerűsítették a vegyész- és kémiatanár-képzés szerves kémiai oktatásának tematikáját, elindították a német szakfordítói képzést és kidolgozták a gyógyszerészek szerves kémiai és szer-





ves műszeres analitikai oktatásának tananyagát. Témavezetésével nagyszámú vegyész, gyógyszerész és kémianár készített szakdolgozatot vagy diplomamunkát, és 14 munkatársa szerzett PhD-fokozatot; közülük többen most is egyetemi oktatóként dolgoznak. Tanszékvezetői tevékenysége során a DE Szerves Kémiai Tanszékén a szerves kémikusok új generációját indította el a pályán, előrehaladásukat figyelő szemmel követte, s ha tehetett, támogatta. Munkájával jelentősen hozzájárult, hogy a KLTE TTK a DOTE-vel együttműködve a gyógyszerészképzés jogát elnyerte.

Természetszerű volt, hogy a minden feladatot a lehető legjobban megoldani akaró vezetőt a tudományos közéleti feladatok is nagy számban elérték. Hosszú évekig a TTK Kémiai Tanszék-csoport Koordinációs Bizottságának elnöke volt, 2001–2004 között pedig a TTK tudományos dékánhelyetteseként végzett felelősségteljes munkát. Széles körű tudányszervezői tevékenységéből külön is megemlítendő az OTKA-nál 1993 óta különféle beosztásban folytatott munkája. Sándor jó sakkozói kvalitását itt is kamatoztatta: taktikusan, de igazságosan mindig elérte, hogy az ülések végére mindenki úgy érezze, jó döntés született, még ha nem is saját pártfogatolgya került ki győztesen.

Az MTA Szerves és Bioorganikus Kémiai Bizottság és az MTA Flavonoidkémiai Munkabizottság elnöke volt. Eredményes oktató- és kutatómunkáját számos kitüntetéssel ismerték el; a legutolsó a Magyar Érdemrend középkeresztje (2018). Minden elismerés – s ezekből szép számmal akadt – érzelmileg megérintette. A meghatódáshoz elég volt egy kisebb tanszéki ünnepség, vagy egy évforduló is. Érzékeny ember volt, és ezt nem rejtette, nem is tudta volna véka alá rejteni.

Tanszékvezetői megbízatásának lejártá után, a 2008–2014-es időszakban a Debreceni Egyetemen egyetemi tanárként, majd 2015-től professor emeritusként végzett oktató- és kutatómunkát. Szoros kapcsolata a szerves kémiával egy életre szól. Hogy mennyire ízig-veéig oktató és kutató volt, jól példázza, hogy már nyugdíjasként, és sajnos romló egészségi állapotban, a korán elhunyt pesti pályatárs és kolléga, Dr. Kalaus György diplomamunkát készítő, „elárult” hallgatóinak segítségére sietett – heti rendszerességgel látogatta őket műegyetemi laborjukban, s látta el őket tanácsokkal, javította írásait. Nyugdíjazása után is erején felül járult hozzá a tanszéki kutatómunkához, több kutatási projektben volt résztvevő. Közleményeket állított össze, és otthonában gondosan rendszerezte a több évtizedes szintetikus munka során kapott vegyületeit egy vegyülettárban, amit onnan a Tanszékre szállított. Gazdagodtunk általa.

Távotával életvidám, segítőkész és nagy tudású kutatót, oktatót és barátot veszítettünk el. Búcsúzzunk Tőle mély főhajtással és nagy szomorúsággal. Szelleme mindazokban, akik ismerték, tovább él és példaként szolgál. Emlékét megőrizzük.

Február 28-án lenne 78 éves.

**Gottsegen Ágnes, Kurtán Tibor**

• • • • •

## Schneider Gyula (1931–2021)

Fájó szívvel értesültünk arról, hogy Schneider Gyula, a Szegedi Tudományegyetem Szerves Kémiai Tanszékének professor emeritusa, tanítómesterünk, kollégánk, pályatársunk, barátunk 2021. december 6-án, 90 éves korában, méltósággal viselt betegség következtében elhunyt.

Schneider Gyula 1931. október 17-én született Temesváron, ahonnan alig hatévesen, szüleivel és két bátyjával Magyarországra



ra – előbb Budapestre, majd Szegedre – költözött. Tanulmányait is itt végezte. A Piarista Gimnáziumban érettségizett, ezt követően a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi Karára nyert felvételt. Kutatói pályafutását Szegeden még hallgatóként, Fodor Gábor professzor demonstrátoraként kezdte. 1955-ben szerzett okleveles vegyész diplomát.

Friss oklevelével a Pécsi Orvostudományi Egyetem Orvosi Kémiai Intézetében helyezkedett el. Az intézetet akkoriban Cholnoky László professzor vezette. Az ő egyik fontos érdeme volt, hogy Zechmeister Lászlóval az elsők között vezette be a kromatográfias módszert használatát a szintetikus szerves kémiában. Schneider Gyula ezt a Pécsen elsajátított izolálási technikát később sikeresen adaptálta szteroidok elválasztására. A POTE-n gyógyszerész szakos hallgatókat oktatóként, közben tudományos kutatómunkát is folytatott, karotinoidkémia témakörben.

1959-ben, édesapja halálát követően visszaköltözött Szegedre, hogy négy kisebb testvérének felneveléséből, iskoláztatásából ki vegye a részét. A Szegedi Tudományegyetem Szerves Kémiai Tanszékére került, ahol folyamatosan dolgozott, miközben a szegedi egyetem neve kétszer is megváltozott; 1962-ben József Attila Tudományegyetemre, majd 2000-ben vissza Szegedi Tudományegyetemre.

1960-ban *A karotinoidok autooxidációja* című disszertációja alapján szerzett egyetemi doktori, 1966-ban pedig a *Szomszéd-csoport-részvétel vizsgálata aliciklusos rendszerekben* című disszertációjával kémiai tudományok kandidátusa fokozatot. 1989-ben *Az A- és D-gyűrűben szubsztituált szteroidok szintézise és térszerkezete* című értekezésével akadémiai doktori címet nyert el.

1990-ben nevezték ki egyetemi tanárrá. 1992 és 1994 között a Szerves Kémiai Tanszék tanszékvezető-helyettese, majd 1994 és 1996 között vezetője volt. Oktató- és kutatómunkája szorosan kapcsolódott a Tanszék programjaihoz. Hosszú éveken keresztül oktatta a *Szerves kémia* főkollégiumot és 1966-tól generációknak, folyamatosan, nyugdíjba vonulásáig az *Elméleti szerves kémia* című, kötelezően választható speciálkollégiumot. Több speciális tárgy tematikájának összeállítását és oktatását látta el, PhD-hallgatóknak is tartott kurzust. Oktatómunkájának elismeréseként 1983-ban Kiváló munkáért kitüntetésben részesült. 1999-ben elnyerte a Széchenyi Professzori Ösztöndíjat.

Schneider Gyula 1966-ban kapcsolódott be a szteroidok vizsgálatába, amely ma is a Tanszék egyik fő kutatási területe. Az 1,3-bifunkciós vegyületeknél felismert szomszéd-csoport-részvétellel lejátszódó reakciókat újszerű és változatos módon, sikerrel alkalmazta számos szteránvázas vegyület szintézisére. Fontosabb kutatási témái között szerepelt még a reakciók sztereokémiai vonatkozásának tanulmányozása, biológiailag aktív új szteroidok előállítás.

A szteroidok számos sikerre vezető kutatása széles körű együttműködés eredményeként alakult ki. Hazai vonatkozásban a Kőbányai Gyógyszerárugyárral (a Richter Gedeon NyRt.-vel) 1960 óta a mai napig folyik kutatás. Az OTKA fennállása óta támogatta a Schneider professzor által irányított szteránvázas vegyületek kutatását, vezető vagy résztvevő kutatója volt több támogatott pályázatnak. A nemzetközi együttműködések tekintve, 1970 óta a jénai Friedrich Schiller Egyetemmel, valamint a



Berlin-Adlershofi Kutatóintézettel alakultak ki közös kutatási programok, amelyek keretében több alkalommal, hosszabb-rövidebb idő eltöltésére volt lehetséges az NDK-ban.

Schneider Gyula 1966-ban Alexander von Humboldt-ösztöndíjat nyert el, amellyel Tübingenben, a világhírű Erich Hüchel professzor mellett dolgozhatott volna. Ezt az ösztöndíjat azonban politikai okok miatt nem fogadhatta el, és csak 1990-ben vehette igénybe. Az őt ért hasonló méltánytalanságokat, megpróbáltatásokat, kudarcokat mindig derűvel, sajátos humorral, a problémákon felülemelkedve kezelte. A német ösztöndíj keretében Göttingenben, a Georg August Egyetem Szerves Kémiai Intézetében Lutz F. Tietze professzorral dolgozott együtt. Ennek a kapcsolatnak az eredményeként magyar–német TÉT együttműködések keretében 1997 és 2002 között 12 német doktoranduszhallgató töltött egy-egy hónapot Szegeden, a Szteroidkémiai Kutatócsoportban. 2000 és 2005 között a Solvay Pharmaceuticals GmbH-val (Hannover) megvalósított közös szteroidkutatási program nagymértékben hozzájárult a Szegedi Tudományegyetem nemzetközi hírének emeléséhez.

Kutatási eredményeit 185, döntőrészt tekintélyes nemzetközi folyóiratokban közzétett tudományos dolgozata, négy szabadalma és három könyve, illetve könyvfejezete dokumentálja. Kiemelkedő munkái a Wiley kiadó gondozásában 1993-ban, illetve 1997-ben megjelent *Rearrangement of alcohols, phenols, diols and peroxides*, valamint a Bartók Mihállyal közösen írt *Epoxidation of C=C double bonds* című könyvei.

Együttműködő partnerei itthon és külföldön elismerték tudását, korrektségét, megbízhatóságát, sokat adtak a véleményére.

Schneider Gyula a hazai tudományos közélet aktív résztvevője volt. Az MTA Szteroidkémiai Munkabizottságának (jelenleg Szteroid- és Terpenoidkémiai Munkabizottság) 1980-tól titkára, 1996-tól elnöke lett. Ezt a funkcióját élete utolsó napjáig betöltötte, aznap hunyt el, amikor utódját megválasztották, szinte órára pontosan tudta átadni jelképesen a stafétabotot. Ugyancsak elnöke volt 1990 és 2008 között a Szegedi Akadémiai Bizottság Szerves és Gyógyszerkémiai Munkabizottságának. Több évtizeden keresztül volt tagja az MTA Szerves és Biomolekuláris Kémiai Bizottságának.

Gazdag szakmai munkásságának elismeréseként 1996-ban Zemplén Géza-fődíjban részesült, a Magyar Köztársasági Ezüst Érdemkeresztet 2007-ben kapta meg. A Kajtár Márton Emlékéremnek 2008-ban lett a tulajdonosa. Életműve elismeréseként 2010-ben a Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége Eötvös József-koszorút adományozott részére.

Schneider Gyula professzor 90 éves koráig kutatott és oktatott, töretlen szellemi frissességgel, a fiatalokat megszegyenítő kitarással, szakmaszeretettel, precizitással és szorgalommal. Sokat tett a fiatal tehetségek, a szakmai utánpótlás nevelése és támogatása érdekében. Egykori tanítványai sorsa mindig érdekelte, figyelemmel kísérte életük alakulását. Volt tanítványai közül hárman ma is a Szerves Kémiai Tanszék munkatársai. A Rosztóczy Alapítvány kuratóriumi tagjaként több fiatal kutatót segített amerikai ösztöndíjhoz.

Kivételes életpályát tudhat maga mögött; több mint 66 éven át művelhette a szintetikus szerves kémiát, amely a munkája és egyik kedvelt hobbija is volt egyúttal. Ezen túlmenően – többek között – szerette az operát, a festészetet, otthonában számos növényt gondozott.

2021. december 17-én gyászoló családja, volt tanítványai, barátai, kollégái, tisztelői, ismerősei kísérték utolsó útjára a szegedi Alsóvárosi Temetőben. Emlékét szívünkben megőrizzük! Nyugodjék békében!

Wölfling János

## Cseh Sándor (1967–2021)

2021. október 24-én váratlanul elhunyt dr. Cseh Sándor, a TargetEx Kft. ügyvezető igazgatója és résztulajdonosa.

Cseh Sándor 1967. március 15-én Zalaegerszegen született, és ott érettségizett a Zrínyi Miklós Gimnáziumban. Ezt követően



felvételt nyert az ELTE TTK vegyész karára. Diplomamunkáját és PhD-dolgozatát Závodszy Péter akadémikus, egyetemi tanár irányításával írta az MTA Enzimológiai Intézetében, 1997-ben. Szakmai érdeklődése ekkor fordult a molekuláris biológia és az immunológia területe felé. Párhuzamosan a Közgazdaságtudományi Egyetemen közgazdasági szakoklevelet szerzett.

A következő években külföldi tanulmányutakon bővítette szakmai tudását. 1999 és 2001 között FEBS posztdoktori ösztöndíjas volt Grenoble-ban; 2001 és 2003 között a Tennessee Egyetemen (Memphis, USA), Tigyi Gábor kutatócsoportjában dolgozott.

Hazatérése után a frissen alakult biotechnológiai spin-off vállalkozás, a RecomGenex kutatási igazgatója lett, majd egy kétéves kiterőt követően (Produkem Kft., Vác, cégvezető), 2005-től tragikus elhunytáig a RecomGenex/TargetEx ügyvezető igazgatójaként tevékenykedett. Részt vett a vállalkozás függetlenné válásában 2007-ben (a cég ekkor kapta a mai TargetEx nevet), és immár résztulajdonosként a cég önálló működésének megszervezésében és felvirágoztatásában.

Hatalmas munkabíráásával, elkötelezettségével életben tudta tartani a vállalkozást a 2008-as gazdasági válság idején is, számos európai és hazai pályázat elnyerése által. Új szakmai kapcsolatok kiépítésével gyógyszerkutatást támogató szolgáltatásokat nyújtott (fehérje-expresszió, esszéfejlesztés, biológiai szűrés) a Richter Geodeon Zrt., PharmaHungary és mások számára, majd a portfólió bővítésével elsősorban molekuláris biológiai fejlesztéseket vállalt biotechnológiai cégek (CEVA, FluArt, Elbion stb.) számára.

Vezetése alatt sikerült az angliai PCR Biosystems céggel partnerségi kapcsolatot létesíteni, ami új piaci lehetőségeket és nemzetközi elismertséget hozott a TargetEx számára. A kapcsolat keretében és számos sikeres új fejlesztés eredményeként jött létre a diagnosztikai enzimes portfólió, amely a Covid-19 járvány hátterében komoly piaci sikerhez vezetett, és megteremtette a cég hosszú távú fejlődését ebben a szektorban. Ennek eredményeként is a vállalkozás létszáma közel 20 főre bővült, és magasan kvalifikált munkaerő-állományt sikerült verbuválni.

Váratlan halála egy sikeres szakmai és vezetői életét tört meg. Fiatalon hagyott itt minket, de teljes életet élt és egy virágzó vállalkozást hagyott maga után. Munkatársai irányában maximális lojalitás, empátia és korrektség jellemezte, mindenkivel szinte baráti kapcsolatot ápolt. Távozása hatalmas veszteség a TargetEx és a biokémiai, molekuláris biológiai szakmai közösség számára is.

Emlékét szeretettel és tisztelettel megőrizzük, nyugodjék békében!

Dormán György





## Ritz Ferenc

(1949–2021)

Ritz Ferenc (Feri) a barátom volt. Egy időre – egészen néhány évvel ezelőtti nyugdíjba vonulásáig – szorosan összefonódtak útjaink a Richterben. Feri a Biztonságttechnikai Laboratórium munkatársa volt, de személyével, személyiségével sokkal-sokkal többet adott annál, mint amit egy munkaköri leírás megkövetel. Hosszú éve-



kig közösen dolgoztunk az MKE Richter Gedeon Munkahelyi Csoport vezetésében, továbbá egy lelkes kis csapat aktív tagjaként közösen tartottunk előadásokat budapesti és vidéki középiskolákban azzal a céllal, hogy a diákok szemét felnyissuk a természettudományok szépségére és fontosságára. Feri *különleges* volt: az egyik legkreatívabb, legagilisabb, leg-

nagyobb tudású ember, akivel valaha is találkoztam – éjjel-nappal ontotta magából az ötleteket és megszállottan harcolt az áltudományok ellen. Sok éven át, még nyugdíjasként is, a Richter házi kiadású MKE-hírlevelének egyszemélyi szerkesztője és írója volt. Ez a hírlevél Feri hihetetlenül színes és széles látókörének, érdeklődésének, habitusának a testamentuma volt, hiszen az aktuális céges történésektől kezdve a világ legújabb tudományos felfedezésein keresztül a karácsonyi pulykasült „legtutibb” receptjéig ezernyi izgalmas hírről tudósított. Feriben volt egy megkapóan ellentmondásos kettősség: mindig azt mondta, szeret a „háttérben” maradni; ugyanakkor „misszionárius” volt, aki szenvedélyesen igyekezett a világot – különösen a fiatalokat – tanítani. Feri imádta a természetet, és imádta a családját. Valahányszor találkoztunk, olyan elragadó szeretettel, büszkeséggel, jószággal beszélt kisunokáiról, hogy mindig azt éreztem: ez a téma, ezek az érzelmek mondanak el a legtöbbet arról, ki is Ritz Ferenc. Végtelenül sokat kaptam Feritől. Ritz Ferenc (Feri) a barátom volt...

**Szántay Csaba**

Ritz Ferenc az egyesületben nagyon sokoldalúan tette hasznossá, szinte nélkülözhetetlenné magát. Éveken keresztül készítette a küldöttközgyűlésekre az egyesület éves tevékenységét bemutató videó-összefoglalókat, melyek a közgyűlések érdekes színfoltjává váltak. A Magyar Kémikusok Lapjában az utóbbi években Banai Endrétől átvette a Vegyipari mozaik szerkesztését. Ez a munkája az olvasók és a szerkesztőbizottság több tagjának az elismerését is kivívta. Gyakran belátogatott a titkárságra, és mindig számítani lehetett segítőkész munkájára.

Váratlanul és hirtelen hagyott itt minket. Emléke, mosolygós tekintete örökre bennünk él. Nyugodj békében, Feri!

**Kiss Tamás és az MKE titkársága**

## 37. alkalommal rendezték meg a Borsodi Vegyipari Napot

Online rendezvény, 2021. 11. 17.

Az MKE BAZ Megyei Területi Szervezete és a Miskolci Akadémiai Bizottság Vegyészeti Szakbizottsága a hagyományoknak megfelelően, a Magyar Tudomány Ünnepeinek hónapjában ren-

dezte meg a Borsodi Vegyipari Napot. (2020-ban sajnos elmaradt a járvány miatt.) A mottó „Változatos kémiai eredmények” volt. A rendezvényt Dr. Muránszky Gábor, a Területi Szervezet elnöke nyitotta meg, majd Prof. Dr. Kaptay György, a MAB elnöke (egyetemi tanár, ME), Prof. Dr. Mika László Tamás, az MKE főtitkára (egyetemi tanár, BME) és Prof. Dr. Viskolcz Béla, a MAB Vegyészeti Szakbizottság elnöke (egyetemi tanár, ME) is köszöntötte a résztvevőket. A megnyitóban a tudomány nyelvéről is szó esett, mivel az angol nyelvű publikációk mellett lényeges a magyar nyelvű szakkifejezések használata is.

A BVN szervezését főként Dr. Bánhidi Olivér, Miskolci Egyetem, Fekete Hedvig, MOL Petrolkémia és Tóthné Gaál Hella, a BorsodChem Munkahelyi Csoportok elnökei vállalták.

A megyei szervezet tagjai közül 2020-ban ünnepelte születésnapját a 85 éves Petz Ottó, a 75 éves Rajkai Zsombor és a 75 éves Dr. Tóth András. 2021-ben pedig a 95 éves Dr. Boda Gábor, a 80 éves Gyovai József, a 75 éves Vilimi Lászlóné, a 75 éves Dr. Lengyel Attila és a 75 éves Dr. Wermeser Zoltán.

Előadónak nemcsak neves professzorokat és vállalati vezetőket kértek fel, hanem az utánpótlás miatt középiskolás és egyetemista hallgatókat is.

Az alábbi előadások hangzottak el:

A határfelületi energiák általános modellje Gibbs termodinamikájából levezetve (Prof. Dr. Kaptay György, ME)

Biomassa-alapú vegyipar: álom vagy realitás (Prof. Dr. Mika László Tamás, BME)

A klímaváltozás és a vegyipar perspektívái (Prof. Dr. Viskolcz Béla, ME)

A dinitrotoluol hidrogénezéséhez használt katalizátorok vizsgálatai (Dr. Magyar Miklós, senior labor főmérnök, BorsodChem Zrt.)

Katalitikus uretánkötés-képződés kinetikai vizsgálata (Csécsi Marcell, BSc-hallgató, ME)

Új, innovatív agrárkémikália (Amicarbazone) előállítása és intermedierek környezetbarát gyártástechnológiájának kifejlesztése (Dr. Tóth Zoltán, fejlesztési vezető, Kischchemicals Kft.)

Autóipari kompond termékek kifejlesztése a MOL Nyrt.-ben (Rutkovszki Gréta, fejlesztőmérnök, MOL Nyrt.)

Rangsorolható-e a kémiai reakciók katalizátorai? (Jakab-Nácsa Alexandra, R&D Coordinator, BorsodChem Zrt.)

Bioetanol-gyártás karbonterhelése kukorica bázison (Dr. Raisz Iván, ügyvezető, Enviro-Pharm Kft.)

Technológiai vizek szervesanyag-tartalmának katalitikus oxidációja (Dankó Szabolcs, 12/E. tanuló, Irinyi János Református Oktatási Központ, Felkészítők: Farkasné Szabó Julianna és Mihalkó Andrea)

Pervaporációs membránművelet fluxus becslési modelljének kifejlesztése (Szilágyi Botond, PhD-hallgató, BME)

Robotizált poliuretán-gyártás optimalizációja (Pecsmány Dániel, PhD-hallgató, ME)

Extraktív heteroazeotróp desztilláció modellezése folyamat-szimulátorban (Schmidt Szilvia, MSc-hallgató, BME)

Catalytic effect of amine catalysts on urethane formation (Hadeer Waleed, PhD-hallgató, ME)

A rendezvény vonzerejét az is növelte, hogy nincs részvételi díja és mindenki számára nyitott. A BVN-t az MKE mellett a BorsodChem Zrt. és a MOL Petrolkémia támogatta. A közel 50 résztvevő hasznos ismeretekkel gazdagodott.

**Magyar Kémikusok Egyesülete  
BAZ Megyei Területi Szervezete**



## 18. Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpia

(Dubai, Egyesült Arab Emírátsok, 2021. december 12–21.)



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

A Németországba tervezett 17. IJSO-t a Covid-19 járvány miatt törölték. Ez nagyon kedvezőtlenül hatott az idei csapat kiválasztására, hiszen minden évben szokott lenni olyan diák, aki a korhatár alapján másodszor is részt vehet a válogatón és így a versenyen. A 16. IJSO-ról már minden diák kiöregedett a versenyből, ezért nem volt reményünk az extra húzóerőre. Az idei szervezők úgy döntöttek, hogy a versenyt hibrid módon rendezik meg: mivel a versenyzők korosztályának megfelelő fiatalokat sok országban még nem oltották be, a diákok otthoni versenyzése mellett döntöttek, a tanárok közül viszont országonként egy főt meghívtak a verseny „színhelyére”. A versenyfeladatok megvitatása és fordítása online folyt, a kinyomtatott feladatlapokat a diákok papíralapú formában töltötték ki, illetve a laborfordulót is élőben végezték, amihez minden országnak két felügyelőt kellett felkérnie (és bekamerázható helyszínt is kellett biztosítani).

A versenyfelkészítőre általában azon diákokat hívjuk, akik a versenyt megelőző tanévben bejutottak egy vagy több természettudományi országos verseny döntőjébe. Ebben az évben – a járvány miatt – több korosztályi verseny nem fejeződött be addigra, amikor a felkészítőt el akartuk kezdeni, ezért olyan kollégákat kerestünk meg, akik tanítványai a korábbi években sikeresen szerepeltek a versenyeken, illetve olyanokat, akik maguk is az IJSO érmesei voltak. Az ő javaslataik alapján körülbelül 27 meghívást küldtünk ki 7–8–9. osztályt befejező diákoknak. Közülük végül csak 13 diák jelent meg június 21-én az Apáczai Gimnáziumban.

Ezt az olimpiát az oktatási kormányzat 2007 és 2017 között anyagi segítséggel is támogatta. A versenyek támogatási rendszerének átalakulása, 2018 óta a Nemzeti Tehetség Program ide illő programjából kaptunk támogatást. A Richter Gedeon Nyrt. a verseny elejétől fogva jelentős anyagi támogatást nyújt a csapatnak. További támogatónk a Servier Kutatóintézet Kft. A verseny anyagi oldalának kezelését, illetve a pályázatok lebonyolítását az MKE végzi, ami óriási segítséget jelent.

A versenyre való felkészítést ebben az évben is júniusban kezdtük meg (Gyertyán Attila matematikából és fizikából, Dr. Ács Zoltán biológiából, Varga Bence és Villányi Attila kémiából), mivel a megtanulandó tananyag olyan nagy, hogy az őszi felkészítés nem elegendő. Az általános iskolai kémia-tananyag további csökkenése és a 7. osztályos jelentkezők miatt Varga Bence intenzívebb kémiaképzést nyújtott a diákoknak az általános iskolai tananyagból. A nyolcnapos tréning után az általános és középiskolai tankönyvekből jelöltük ki az elsajátítandó (átismétlendő) ismereteket, összefüggéseket, illetve az általunk készített prezentációkból kellett az új anyagot megtanulniuk a versenyre készülőknek. Szeptember legelején írtuk meg az első selejtező dolgot, amelyre már csak 11 diák jött el. A válogató eredménye

alapján, terveink és a korábbi hagyományok szerint a legalább 50%-os teljesítményt elérő legjobb diákokat szerettük volna kiválasztani. A megjelent diákok meglehetősen rossz átlageredményt értek el, ezért úgy döntöttünk, hogy idén 6 fő helyett csak 3 diákkal veszünk részt a versenyen. A legjobb három diák teljesítménye 50% felett volt, a negyedik, tartaléknak beválasztott diáké már 50% alatt (a többiek 9–35% között teljesítettek).

A négy diákot szeptember és október folyamán minden hétvégén – és több esetben hétközben is – az Apáczai Gimnázium és Kollégiumban készítettük fel. Gyertyán Attila fizikából, Dr. Ács Zoltán biológiából, Villányi Attila kémiából végezte a felkészítést. Ezúttal nem írtunk második válogatót. A kialakult háromfős csapat az utolsó hónapban a további elméleti felkészítő mellett kipróbálhatta a gyakorlati forduló team-munkáját is. Kémiából ezt Vörös Tamás tehetséges vegyész vezette, aki egyben kiváló tanár is, apáczais öregdiák, IJSO- és kétszeres IChO-érmes, korábban a Balassi Intézetben is készített fel határon túli fiatalokat a kétszintű kémia érettségire.

Az idei magyar csapat tagjai: *Erdélyi Kata*, a Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium 9. osztályos tanulója, *Molnár Kristóf István*, a budapesti Városmajori Gimnázium 10. osztályos tanulója, *Tusnády Sámuel*, a Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium 9. osztályos tanulója.



Mivel Molnár Kristóf egyértelműen a fizika „gyakorlati specialista” feladatot választotta, a két fazekas diákot kértük, hogy kémiából az esetleges titrálási feladathoz végezzenek minél több mérést a középiskolai tanárukkal a saját gimnáziumukban. Az ebben való segítségért nagy köszönet jár Albert Attila kémiatanárnak.

Villányi Attila december 12-én indult el, ő Dubaiban, Gyertyán Attila és Dr. Ács Zoltán pedig itthonról vett részt a feladatok online megvitatásában és a feladatlapok online fordításában. Magyarfalvi Gábor a versenynapokon az ELTE Kémiai Intézetében délelőtt kinyomtatta a feladatlapokat, és a magyar csapat részére kijelölt délutáni időintervallumban kamerával felszerelt teremben





felügyelte a versenydolgozat megírását. A felügyeletben Varga Bence segített még. A vegyszereket az ELTE Kémiai Intézete bocsátotta rendelkezésünkre, egyetlen anyagot kellett beszereznie a Magyar Kémikusok Egyesületének. Az ELTE Analitikai Tanszékének két technikus, Bérczes Szilvia és Valentin Zsófia készítette elő a munkahelyeket és a reagenseket Magyarfalvi Gábor irányításával.

A szombati laborfordulóban 52 ország diákjainak eredményei érkeztek vissza értékelésre. Az már a verseny előtt is világos volt, hogy az Egyesült Arab Emírátsok szervezői gyakorlatilag indiai szerzőket bíztak meg a feladatok elkészítésével, és minden egyes tantárgyhoz egy-egy „szakértőt” is felkérték (fizikából holland, biológiából német, kémiából pedig egy uruguayi professzort vagy tanárt) a verseny minőségbiztosítása érdekében. Ennek ellenére rövidesen kiderült, hogy az első, feleletválasztásos tesztek közül álló forduló fizikafeladatai közül több, a biológiafeladatok közül pedig egy már korábban publikált feladat volt. Ebből egy, a mai napig lezáratlan vita keletkezett. Végül a fizikafeladatokat változatlan formában feladták a versenyen, a biológiafeladatot lecserélték.

A feladatok szakmai színvonala meglehetősen hullámzó volt. Véleményünk szerint különösen a kémiai kérdések egy része jelentősen meghaladta a hazai középiskolában tárgyalt teljes kémiaanyag színvonalát is, nemhogy a korosztályi (8–9. évfolyamú) tananyagét.

A gyakorlati forduló összesen öt (1 fizika, 2 kémia, 2 biológia) feladatot tartalmazott. Ez egy háromfős csapat számára 3 óra alatt még akkor is gyakorlatilag megoldhatatlan mennyiségű munka (a 2 kémiafeladat például valójában négy titrálás volt legalább 3–3 párhuzamos méréssel), ha előzőleg kaptak egy félórás olvasási időt, amikor még nem kezdhettek bele a munkába, de az olvasás után megtervezhették a feladatok megoldását. Az írott anyag igen nagy terjedelme (feladatonként 30–40 oldalas füzeteket kaptak) azonban szinte lehetlenné tette, hogy fél óra alatt elolvashassák az összes szöveget, és fel tudják mérni, hogy milyen sorrendben érdemes megoldani a feladatokat. Nem véletlen, hogy a gyakorlati részre egyetlen csapat sem kapott maximális pontszámot.

A szervezők csak az utolsó napon bocsátották rendelkezésünkre a versenyzők – a szervezők által már értékelt – megoldásait. A megoldások értékelése többnyire korrekt volt, és a kifogásolt értékeléseket többségében készségesen javították. A kémia-laborral kapcsolatban gyakorlatilag ellenőrizhetetlen referencia-értékekhez viszonyítottak, itt nem lehetett reklamálni a mérési adatok pontozásával kapcsolatban. A mérési hiba a vizsgálat során elég nagy volt, így meglehetősen nagy intervallumokat fogadtak el maximális pontszámmal, de a mért fogyások kicsi volta (4–5 cm<sup>3</sup>) miatt ez valószínűleg még az értékelésnél elfogadott-nál is nagyobb relatív hibát okozott.

A pontegyeztetés a kihirdetett kezdéshez képest fél napot csúszott. A szervezők éjjel küldtek egy üzenetet, hogy hajnali 2:00 órakor lesz a ponthúzás, ezért több ország – így Magyarország is – átaludta a ponthúzási értekezletet.

Az utóbbi években a versenyzők végső pontszámát, sőt az elért érmeiket sem publikálták írásban a szervezők, ezért a zsűri egyik ülésén megszavaztuk, hogy a jövő évtől kezdve minden érmes diák nevét (és országát) ABC-sorrendben érmenként publikálni kell. Ez erre az évre nem vonatkozott, így a verseny során itt-ott megjelent adatok alapján csak annyit tudunk, hogy 52–55 országból 324 versenyző ért el helyezést a versenyen. Az olimpián minden versenyző aranyérmes lett Tajvan, India és Oroszország csapatából, négy aranyérmet szerzett Vietnam, három Dél-Korea, kettőt Thaiföld, illetve Hong Kong, valamint egy-egy arany-

érmet Kanada és Kína versenyzője. A laborfordulón csapatsorrendet is hirdettek: érdekes módon aranyérmet az egyik német, ezüstöt az egyik dél-koreai, bronzérmet pedig az egyik szlovák csapat szerzett.

A magyar csapat által elért pontszámok alapján – a korábbi évek pontszámaival összevetve – főként bronzérmekre számítottunk. A díjkiosztó után kiderítettük, hogy Erdélyi Kata csak 1 ponttal maradt el az aranyéremtől, ami azt igazolja, hogy ennek a versenynek a feladatai az átlagosnál jóval nehezebbek voltak (és a laborfeladatok mennyisége túl sok). A magyar csapat minden tagja ezüstérmet szerzett.

A versenyt jövőre Ukrajna szervezi, egyelőre a fővárosban, Kijevben jelenléti versenyre készülnek. 2023-ra Thaiföld vállalta a szervezést, ahol Bangkokban lesz az IJSO. 2024-re évekkkel ezelőtt Románia vállalta a verseny megrendezését, de erről azóta sem adott megerősítést, és az idei évben Románia a versenyen sem jelent meg.

**Villányi Attila**

A program részben a Miniszterelnökség Családokért Felelős Tárcá Nélküli Miniszter megbízásából a Nemzeti Tehetség Program által meghirdetett NTP-NTMV-21-B-0010 azonosító számú pályázati támogatásból valósult meg.



## KUTATÁS–OKTATÁS

# Centenárium év a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karán

A Szegedi Tudományegyetem eredete a Báthory István által 1581-ben Kolozsváron alapított egyetemig vezethető vissza, de valódi jogelődnek inkább a Kolozsvári Magyar Királyi Tudományegyetem tekinthető, melyet I. Ferenc József 1872-ben szentesített, és 1881-től Magyar Királyi Ferenc József Tudományegyetem néven működött tovább. A trianoni békeszerződést követően Kolozsvárról menekülni kényszerülő egyetemet 1921-ben Szeged városa fogadta be. Az akkori nevén Matematikai és Természettudományi Kar tanári testülete 9 főből állt, és az első tanévüket október 10-én a Tisza Lajos körút 6. szám alatti reáliskolában, a mai Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium helyén kezdhették meg. A 20. században a tudományegyetem több intézményszerkezeti és névváltozáson esett át, melyek utolsó lépcsőfokaként 2000. január 1-én az összes felsőoktatási intézmény egyesülésével kialakult az akkor 11 kart számláló Szegedi Tudományegyetem (SZTE). A Természettudományi Karon egészen 2007-ig számos jelentős infrastrukturális beruházás történt, amely lehetővé tette, hogy az azóta – igazodva a képzési profilhoz – Természettudományi és Informatikai Kar (TTIK) néven működő egység 6 intézete 11 épületben és közel 38 ezer m<sup>2</sup>-en lássa el oktatási és kutatási tevékenységét.



FOTÓ: JANCSÓ ATTILA



Az SZTE TTIK fennállásának centenáriuma alkalmából a Kar ünnepi események, rendezvények, programok és megjelenések sokaságát hirdette meg és bonyolítja le (<http://ttik.hu/ttik100>), melyek az oktatás és tudomány szolgálatában eltelt 100 esztendő méltó és változatos megünneplésére nyújtanak lehetőséget.

Az eddig megvalósult, illetve folyamatban lévő projektek közé tartozik a hamarosan nyomdába kerülő „SZTE Természettudományi és Informatikai Kar 100 éve képekben” kiadvány, mely

az elmúlt 10 évtized emlékezetes történéseit, alakjait, vívmányait tematikusan, a Kar 6 intézete által gyűjtött képesszeállítások formájában szemléli. Hasonló tematikájú az a centenáriumi fotótár, mely először szabadtéri kiállítás formájában a szegedi Kárász utcán volt látogatható (az illusztráció a Kárász utcán készült), jelenleg pedig a Szent-Györgyi Albert Agórában tekinthető meg.

A Kar intézeti tudományterület-specifikus diákpályázatokat hirdettek meg középiskolások számára, melyek kitűzött célja volt, hogy a tehetséges fiatal diákok kísérletezőképességüket és tudományos gondolkodásukat gyakorolhassák, fejleszthessék, és tudásukat meg is mutathassák a szakértő egyetemi oktatókból álló zsűrieknek a benyújtott pályamunkák révén. A sikeres diákpályázatok a napokban zárulnak le, s a legjobb munkák minden területen díjazásban részesülnek.

Ugyancsak a centenárium jegyében készült el még a tavalyi évben az SZTE TTIK falinaptára, melynek 2021-es tematikája „Régen és most” volt. A 100 éves évfordulóhoz kapcsolódó kari logó és szimbólumtárgy tervezésére pályázatot írt ki a TTIK, melyeket pénzjutalommal díjazott, a győztes pályamunkákat a Kar fel is használja a centenáriumi év megjelenéseiben és eseményeiben. A további tervek között szerepel egyebek mellett a centenáriumnak emléket állító utcai dombormű elhelyezése, emlékpados ki-helyezése, időkapszula elhelyezése, emlékfá-ültetés, „100 éves a TTIK” torták készíttetése szegedi cukrászdákban, továbbá centenáriumi gálakoncert és gálavacsora megszervezése.

Természetesen a TTIK lendülete nem csak a 2021–22-es évrre kell, hogy kitartson. Az utóbbi évek fejlesztései és bővítései nyomán európai nivójúvá modernizálódó TTIK optimizmussal indul neki a következő 100 évrre is, melynek sikerességéhez elengedhetetlenek a lelkes diákok, akiknek jelentkezését a Kar nagy szeretettel várja Szegedre, az ország egyik legjobb, nemzetközileg is elismert tudományos centrumába.

Jancsó Attila

## Műegyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar: „Múltunkban a jövőnk”

2021. november 26-án „Múltunkban a jövőnk” címmel konferenciát szervezett a BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, arra emlékezve, hogy **100 éve**, 1921-ben a karon egymást követően három új tanszék (Élelmiszerkémia, Kémiai Fizika – később Fizikai Kémia és Szervetlen Kémia) alakult. A Műegyetem 240 (<https://www.bme.hu/bme240>) programba illeszkedő ünnepség része volt a *80 éves Hargittai István* professzor köszöntése és *Nagy Péternek*, a kar 2020-ban *Junior Prima-díjat* elnyert ifjú munkatársának

## Múltunkban a jövőnk!

1



éves tanszékek

előadása. A konferenciát a járvány miatti halasztások után a Ch C14 nagyelőadóban biztonságos létszám mellett tartották. Az ünnepség felvétele a szélesebb közönség számára is elérhető elektronikusan (<https://youtu.be/Hx6XkjG5kM>).

A konferencia megnyitójaként *Közelné Székely Edit* dékánhelyettes így fogalmazott: „E járvánnyal terhelt nem mindennapi időkben, amikor a világ, a hazánk és az egyetem is számít arra, hogy hozzátegyük tudásunkat a nehézségek megoldásához, erőt meríthetünk elődeink munkájából, akik – legyen az a zivatáros huszadik század kihívásait – hozzájárultak ahhoz, hogy a közösségünk is túléljen.” A 100 évvel ezelőtti nehézségeket a vesztes háborút, az azt követő társadalmi változásokat és Trianont (amikor nemcsak a vegyipar, hanem a vegyészmérnököket képző intézmények egy része is az országhatáron túlra került), már *László Krisztina*, a VBK Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszékének egyetemi tanára, az ünnepség szervezőbizottságának elnöke vállalta fel, amikor felkonferálta a három tanszék történetét ismerető professzorokat, *Salgó Andrást*, *Kubinyi Miklóst* és *Nyulászi Lászlót*.

A tanszékek 100 éves tevékenységének, fontosabb eredményeiknek részletes ismertetését az érdeklődők megtekinthetik a fenti linken, azonban e helyt is külön kiemelendő az alapító professzorok nemzetközi tapasztalata. Így az élelmiszerkémikus Vuk Mihály Zürichben doktorált, Strauss Ármin fizikus a röntgensugárzás szakértője volt, a szervetlen kémikus Putnoky László a Nobel-díjas Fritz Habernal írta doktoriját, de dolgozott együtt Hevesy Györggyel a szintén Nobel-díjas Rutherford laboratóriumában is. Szomorú érdekessége az elmúlt 100 év kari történetének, hogy a második világháború után 1946-ban Putnoky Lászlót „szakértelem hiánya miatt” felmentették, illetve hogy 1947-ben a Fizikai Kémia Tanszék akkori vezetőjét, a szintén Nobel-díjas Bragg-nél tanult Náray-Szabó Istvánt koncepció perben elítélték (1989-ben rehabilitálták).

Noha a későbbiekben sokáig szinte lehetetlen volt nyugat-európai Nobel-díjasok laboratóriumában doktorálni, Hargittai István (<http://istvan.hargittai.com>) széles körű nemzetközi ismertségére a vele történő beszélgetést végighallgatva lehet rácsodálkozni. A születésnapos Hargittai István Nyulászi Lászlóval beszélgetve idézte fel gazdag életútját. Az elektrondiffrakciós szerkezetvizsgálat nemzetközi tekintélye, több egyetem és nemzeti akadémia díszdoktora életművében szerepel a kémia alapkurzusok tananyagaként szereplő vegyértékelektronpár-taszítási elméletéről a 2021-ben elhunyt Ronald Gillespie professzorral (lásd MKL, 2021. 4. szám) írt könyve, a *Structural Chemistry* (Springer) folyóirat szerkesztése, de ezeken túl a több mint száz Nobel-díjas kutatóval folytatott beszélgetése, mely alapján a 100. Nobel-díjátadó ünnepségen tartott előadást, továbbá számos könyve, melyekben a tudományos kutatást vezérlő kíváncsiság megértésére fókuszál. A legutóbbi kötet a feleségével, *Hargittai Magdolnával* közösen írt *London Scientific* (magyar kiadásban: Londoni séták a tudomány körül, Akadémiai Kiadó, 2021).





A múlt és jelen közti híd pilléreként mutatta be az elméleti kémiai módszerek fejlesztéséről és alkalmazásairól szóló eredményeit Nagy Péter, a Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék tudományos munkatársa. Talán nem joggal reméljük, hogy a Műegyetem Vegyész-mérnöki és Biomérnöki Kar tehetséges fiatal oktatói folytatják a hagyományokat, és nemzetközileg is ismert kutatóként adják át tudásukat a jövő vegyész- és biomérnökeinek.

László Krisztina, Nyulászi László

## HÍREK AZ IPARBÓL

### Terápiás készítmény fejlesztése a cukorbetegség és szövődényei ellen

Konzorciumi partnerségben 2017. október 1-jén indult el a Széchenyi 2020 program keretében megvalósult „Növényi biovegyületek hatásaira épülő terápiás készítmény kifejlesztése a cukorbetegség és szövődényei megelőzésére, kezelésére” elnevezésű projekt, amelynek a fő célja az volt, hogy napjainkban a már népbetegségnek számító diabetes mellitus megelőzésére és/vagy kezelésére megfelelő készítményt fejlesszenek ki. A megvalósításnak kiemelt jelentőséget ad, hogy napjainkban minden tizenegyedik felnőtt egyén cukorbetegségben szenved. A jelenlegi, jövőre vonatkozó becslések szerint a cukorbetegek száma a 20–79 év közöttiekre vonatkozóan világméretben növekedni fog.



A pályázat keretén belül a Variocommerce Kft., a Debreceni Egyetem és a Qlaboratories Kft. kutatócsoportjai együtt hozták létre a görög-széna-, cink- és króm-tartalmú Trigotin nevű kapszulát, amelyet étrendkiegészítőként regisztráltak. A kifejlesztett kapszula a vércukorszint megfelelő egyensúlyát biztosítja, melyet önkéntes résztvevőkön végzett elővizsgálatokkal támasztottak alá.

A Debreceni Egyetem kutatócsoportja a prototípus-kapszula vizsgálatával az ipari gyártás körülményeinek megteremtéséhez szükséges feltételeket dolgozta ki és foglalta össze.

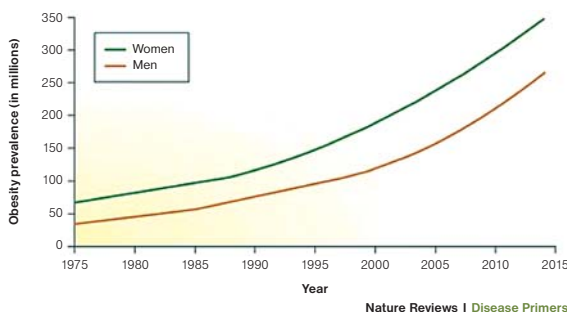
A konzorciumvezető Variocommerce Kft. a projekt során a kapszula fejlesztését és vizsgálatát szolgáló laboratóriumot hozott létre Debrecenben. A fejlesztés eredményeként telepítettek egy új termékforma létrehozására alkalmas berendezést, amely egy ivóoldat elkészítését célozza meg.

A K+F projekt keretei között a Qlaboratories Kft. a gyártástechnológiák és gyártási folyamatok vizsgálatával a terméktöltet előkészítéséhez szükséges eszközöket telepített, többek között egy kapszulázógépet, illetve egy automata beszámoló- és csomagológépsort.

### Anyagcsere-zavarok molekuláris mechanizmusainak megismerésével a szív- és érrendszeri megbetegedések ellen

A leggyakoribb betegségekben – mint a cukorbetegség, érelmeszesedés, stroke és szívélgtelenség – meghatározó szerepet játszik a metabolikus, azaz anyagcsere-folyamatok zavara. A szén-

hidrát-, zsír- és aminosav-anyagcsere a sejtek önemésztésével, autofágiájával is összekapcsolt fiziológiás és az obezitás kialakulásával megjelenő kóros folyamatai döntően határozzák meg a szervek működését. A perifériás szövetekben kialakuló elváltozások közvetlen következményei a szív- és érrendszer megbetegedései, ezért folyamatában kell kezelni a zsírszövetben, a vázizomban vagy a májban lezajló kóros folyamatokat és a kialakuló szív- és érrendszeri komplikációkat a molekuláris okok kutatása során.



A Debreceni Egyetem (DE), a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) és a Szegedi Biológiai Központ (SZBK) a most zárult közös pályázatban vázolt kutatási programja ezen elv mentén a klinikailag nem, vagy csak részben megoldott problémákra (obezitásban a zsírszövetképződés és termoreguláció zavara, a diabétesz és a metabolikus szindróma szöveti háttere, a szívélgtelenség) keresett molekuláris magyarázatokat, és azok alapján új transzlációs diagnosztikus és kezelési célpontokat. A projekt az intézmények kiemelkedő kutatócsoportjainak részvételével, kiválósági együttműködésével jött létre biotechnológiai és gyógyszeripari cégekkel partnerségben.

Az Új Széchenyi Terv keretében megvalósított projektben a három intézmény részéről összesen 132 fő vett részt szakmai megvalósítóként. A pályázati forrás támogatásával 141 közlemény született, 24 fiatal kutató szerzett PhD-fokozatot, 7 új egyetemi kurzus indult el, 10 vállalkozási/ipari együttműködés jött létre. A közlemények közül 104 tudományos cikk az adott szakterület legjobb 25%-ába tartozó folyóiratban jelent meg. Valamennyi kutatócsoport közölt az MTA/MTMT besorolása szerinti D1 (legmagasabb) minősítésű folyóiratban. A közlések óta eltelt rövid idő ellenére a megjelent cikkeket több mint 3500 alkalommal idézték. A projekt szakmai összefoglalója és a közlemények részletes listája elérhető az interneten:

<https://konferencia.unideb.hu/hu/szakmai-anyagok-az-uj-molekularis-mechanizmusok-diagnosztikus-es-terapias-celpontok-metabolikus-es-0>

### Intelligens fémvegyületeket fejlesztettek öt évig az SZTE kutatói

A fejlesztés fő célja az volt, hogy a fémionok és fémvegyületek szerteágazó kémiai sajátságait és biológiai szerepét interdiszciplináris szinten tanulmányozza, új utakat tárjon fel gyógyszerjelölt fémvegyületek kifejlesztésében, vizsgálja azok farmakológiai sajátságait, valamint hatékony gyógyszerhordozó részecskéket tervezzen számukra.

A kutatások eredményeként számos új típusú, potenciálisan gyógyhatású vegyületet fejlesztettek ki, gyakran „zöld” szintézismódszerek alkalmazásával. E vegyületek nagy része többféle kedvező tulajdonságot is magukban hordozó molekulárisból fel-



épülő, úgynevezett hibrid molekulák voltak. A kutatók sikeresen állítottak elő potenciálisan rákellenes és/vagy antibakteriális hatást mutató hibrideket, tanulmányozták azok biospeciációját és farmakológiai hatását. Vizsgálták egy fehérjealapú, szabályozható működésű mesterséges nukleáz kifejllesztésének lehetőségeit. Javaslatot dolgoztak ki a fémion-háztartás zavarával járó betegségek kismolekulás kezelésére, valamint a biológiai és környezeti mintákban lévő fémionok alacsony koncentrációban történő detektálására alkalmas eljárásokra, például fémion- vagy molekulaszenzorként működő arany nanorészecskékre. *Emellett kifejlesztettek olyan arany-ezüst nanorészecskéket is, melyek jelentősen csökkenteni képesek a tumorok áttétképzését, valamint csökkentik a rákos sejtek viabilitását ionizáló sugárzás mellett.* Sikeresen állítottak elő új kolloidális nemesfém- és liposzómális alapú gyógyszerhordozó nanorészecskéket, melyek gyógyszermolekulák, többek között mesterséges nukleázok hatékony célba juttatását segíthetik.

A programban az SZTE három karának (TTIK, SZAOK és GYTK) nyolc kutatócsoportja vett részt, közel ötven kutató munkája kapcsolódott kisebb-nagyobb mértékben a projekthez. A különböző tudásprofilú kutatócsoportok összehangolt együttműködése egy interdiszciplináris kutatóműhely kialakulását tette lehetővé. Ez utóbbi, valamint a több mint 300 millió forint értékben beszerzett, főként makromolekula-kismolekula kölcsönhatások szerkezeti, termodinamikai és kinetikai jellemzésére fókuszáló infrastrukturális háttér együttesen a kutatóhelyek hosszú távú nemzetközi versenyképességét is biztosítja. Az említett infrastruktúra az egyetemi oktatásba is beépült, emelve annak színvonalát. Az eredményekből 131 publikáció született (ennek 65 százaléka Q1-es minősítésű), két MTA doktori disszertációt és 16 PhD-dolgozatot védtek meg.

## Vegyipari mozaik

**Jelentős szerepet kaphat Európa szén-dioxid-mentes energiaellátásában a hidrogén,** amelynek zöld és kék jelzőkkel illetett előállításában is nagy lehetőségek rejlenek. A Goldman Sachs befektetési bank becslése szerint a hidrogén 2050-re a világ energiaszükségletének akár negyedét is fedezheti, ráadásul a következő évtizedben a hidrogén ára 70 százalékkal csökkenhet az olcsó megújuló energiaforrásokkal rendelkező országokban.

A ma túlnyomóan fosszilis energiaforrásokra támaszkodó közlekedési szektorban a teljes globális CO<sub>2</sub>-kibocsátás egynegyedét lehetne megfogni egy klímasemleges üzemanyag használatával. Segítség lehet az e-autózás is, de egyrészt ma még az áram na-

gyobbik fele is fosszilis energiából származik, másrészt a meglévő járműpark és kúthálózat nem kompatibilis az elektromossággal. A hidrogén viszont mind az energiasűrűséget, mind a kiszolgáló infrastruktúrát tekintve alkalmas lehet a benzin, a dízel és a kerozin kiváltására. Igaz, klíma-szempontról csak akkor érdemes a hidrogénhajtásra támaszkodni, ha a gyártása is karbonsemleges.

A hagyományos eljárásban a hidrogént földgázból (amely 97 százalékban metán) állítják elő, és a folyamat során szén-dioxid is képződik – vagyis éppen az történik, amit a fosszilis üzemanyagok elhagyásával el szeretnénk kerülni. Léteznek és gyorsan fejlődnek azonban olyan előállítási technológiák is, amelyekben nem keletkezik CO<sub>2</sub> vagy nem kerül a környezetbe. A különbség az eljárásokban van: a zöld hidrogénnél a teljes folyamat CO<sub>2</sub>-mentes, a kék hidrogén esetében pedig az üvegházhatású gázt az előállítás során leválasztják és kivonják a környezetből.

A zöld hidrogén gyártásakor a vízmolekulákat elektrolízissel hidrogénné és oxigénné bontják.

Ha az ehhez szükséges áramot is tiszta forrásból, például nap-, szél- vagy vízi erőművekből nyerik, akkor az egész folyamat karbonsemleges és hulladékmentes. Műszaki szempontból komolyabb kihívás a kék hidrogén gyártása: itt alapvetően metánból (a CO<sub>2</sub>-nél hússzor erősebb üvegházhatású gázból) indulnak ki, és a



hidrogén mellett keletkezik ugyan szén-dioxid is, de annak leválasztása és tárolása, vagyis az ún. CCS (carbon capture storage) vagy CCUS (az előbbi a felhasználással kiegészítve) technológia is része a folyamatnak. Ilyenkor a leválasztott CO<sub>2</sub> föld alatti tárolókba kerül – sokszor ugyanoda, ahonnan korábban a földgázt kibányászták.

A hidrogénnel érdemes számolni az energiaátmenet során, hiszen nyilvánvaló előnyei vannak. Nem növeli a légkör üvegházgáz-koncentrációját, és a meglévő ellátási infrastruktúra is alkalmas az elosztására – ezt a két fő előnyt említi az Európai Parlament egy friss dokumentuma, amely a zöld átállás során a hidrogénnek kulcspozíciót szán. Ennek a két alkalmassági kritériumnak – a fosszilis energia közvetlen kiváltására alkalmas karbonsemleges energiaforrások közül – leginkább a hidrogén felel meg. Emiatt az Európai Bizottság már tavaly javaslatot tett egy uniós hidrogénstratégia kidolgozására, a „tiszta” hidrogénnel kapcsolatos fejlesztések felgyorsítására a klímasemlegesség elérése érdekében. Mindez ráadásul összhangban van a világ vezető energiacegjeinek törekvéseivel is.

Az ExxonMobil szerint a hidrogénnek nagy szerepe lesz az energiaátmenetben és a jövőbeli klímacélok elérésében. Ezért a





tiszta üzemanyagok gyártásában szerzett több évtizedes tapasztalatára támaszkodva globálisan több hidrogénprojekttel is foglalkozik. 2025-ig 3 milliárd dollárt terveznek befektetni az alacsonyabb üvegházgáz-kibocsátású technológiákba. Az energiaellátás zöld fordulatához azonban nem elég önmagában a gyártók elkötelezettsége.

Az EU CO<sub>2</sub>-kibocsátásának 2030-ra 55 százalékos csökkentését előirányzó Fit for 55 csomagban például kevésbé hangsúlyosan jelenik meg a tiszta hidrogénben lévő klímamentési potenciál. A megoldás egy olyan technológiasemleges szabályozás lenne, amely üzemanyafajtától függetlenül minden megoldásnak zöld utat és egyenlő esélyt ad, amely képes a szén-dioxid-kibocsátás hatékony csökkentésére. (portfolio.hu)

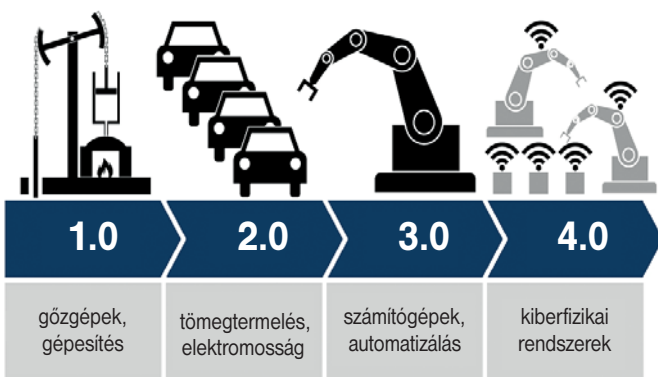


**Gyakornoki lehetőségek a MOL-nál.** Egyetemi tanulmányok mellett is dolgozhat valaki a MOL-nál: változó időtartamban gyakornoki tevékenységre kap lehetőséget, elsősorban pénzügyi, kommunikációs, HR-területen. Az egyszerű, adminisztratív feladatokon túl lehetőség van valódi munkatapasztalatot szerezni, belelátni egy-egy csapat mindennapjába, munkafolyamataiba. A MOL a csapat részének tekinti a jelentkezőket, így értékes tapasztalatokra tehetnek szert. Az aktuális lehetőségekről és a jelentkezés feltételeiről a Prodiák Iskolaszövetkezet oldalán lehet tájékozódni. (mol.hu)



**A negyedik ipari forradalom emberi arca.** Tíz éve, a világ legnagyobb ipari technológiai vásárán, Hannoverben találkoztak először a meghatározó piaci szereplők az Ipar 4.0 fogalommal. A negyedik ipari forradalom vívmányai azóta sok területen szinte teljesen átformálták az életünket, gondolkodásunkat, korábban soha nem tapasztalt lehetőségeket nyitva egy fenntarthatóbb, egészségesebb, emberibb jövő felé.

A digitalizációnak köszönhetően mind több rendszer kapcsolódik össze, és megváltoznak a mindennapok, a legtöbbször szá-



mára átalakul analóg világban kezdett életünk. Jól mutatják ezt azok a technológiák is, amelyek fémjelzik az utat: mesterséges intelligencia, tárgyak internetalapú összekapcsolása (Internet of Things, IoT), önzvezető autók, kiterjesztett valóság, 3D nyomtatás, nanotechnológia, kvantumszámítás. Az Ipar 4.0 megvalósítja az egyedi tömeggyártást, lehetővé teszi a rugalmas gyártást, és fenntarthatóbbá teszi az egyre növekvő igényekre adott termelést.

Érdeemes megnézni, hogy a koronavírus-járvány milyen hatással volt a technológiai fejlődésben élenjáró cégekre. Az Ipar 4.0

bajnokait tömörítő Global Lighthouse Network (GLN) tagjainak 93 százaléka 2020-ban is képes volt új bevételi forrásokat találni és növekedni.

De nem csak a nagy iparvállalatok számára nyit új lehetőségeket az Ipar 4.0. A példák sorában mindenképpen helyet követelnek maguknak az autonóm járművek, a közösségi, megosztás-alapú közlekedés új távlatai – például az, hogy a járművek közötti kommunikáció lehetővé teszi a forgalom optimalizálását. A negyedik ipari forradalom ikonikus terméke – a kriptodevizák elterjedésével széles körben ismertté vált – blokklánc-alapú szerződéses megállapodások pontosabbá, hitelesebbé teszik a folyamatokat. Új távlatok nyílnak az egészségügyben a viselhető eszközökkel, de műtét is végrehajtható már oly módon, hogy az orvos akár több száz kilométerre van páciensétől.

Minden gazdaság számára elengedhetetlen, hogy lépést tartson ezzel a fejlődéssel.

Szerencsére Magyarország időben ébredt. Már a 2011-es hannoveri vásárt követően szakértői munkacsoport jött létre, amelynek tagjai – német mintára, de a helyi sajátosságokat is figyelembe véve – kidolgozták az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platformot. A kormány 2016-ben elfogadta az újraparosítási stratégiát, amelyet Irinyi Jánosról neveztek el. A kitűzött cél, hogy Magyarország az Európai Unió egyik legerősebb ipari országává váljon, az ágazat GDP-hez való hozzájárulása elérje a 30 százalékot. Ehhez innovációvezérelt gazdaságra, magasan képzett munkaadókra, nagyobb hozzáadott értékre, exportorientációra és kiegyensúlyozott fejlődésre van szükség a tervben megjelölt pálya szerint, 2020-ig és azt követően a megtermelt össztermék évi 4-5 százalékos növekedése mellett.

A 2016–2020 közötti digitalizációs stratégia szerves részét képezte a technológiai platform, amelynek feladata gyakorlati és elméleti ismeretek átadásával támogatni a vállalkozások automatizációs és digitalizációs fejlesztési törekvéseit. A programban több mint háromszáz kis- és közepes vállalkozás vett részt. Elindult a Modern Gyárak Éjszakája, amelybe bevontak 25 gyárat, emellett mobil demonstrációs eszközökkel országjárásuk során 50 helyszínen mutatták be a különböző vállalati digitalizációs lehetőségeket. A képzésekkel kétszáz vállalkozáshoz jutottak el.

Az előző stratégiát az unió S3-ra (Smart Specialization Strategy) épülő Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia váltotta fel. Ebben hangsúlyos a kutatás-innováció erősítése, a digitalizáció, valamint a kis- és középvállalatok növekedése. A kormány célja az, hogy az innovációs ökoszisztéma értékteremtő képessége és a vállalati szektor termelékenységének erőteljes növelése révén 2030-ra Európa jelentős innovátorai közé zárkózzunk fel.

Annak értékeléséhez, hogy az első tíz esztendőben Magyarország meddig jutott el a kitűzött célok megvalósításában, kevés adat áll rendelkezésre. Az elmúlt évtizedben az ipar hozzájárulása a magyar gazdaság teljesítményéhez (a GDP-hez) érdemben nem változott: a 2010-es 25,6 százalékról az évtized közepéig 27,1 százalékra emelkedett ennek aránya, 2019-re azonban 23,7 szá-



Forrás: KSH STADAT 21.1.16. alapján ÁSZ szerkesztés



zalékra esett, és onnan 2020 végig 24,2 százalékgig kapaszkodott vissza.

Noha az ipar hozzájárulása növekedett, az Irinyi-tervben kitűzött 30 százalékos cél közelítése egyelőre nem járt sikerrel, bár ebben jelentős szerepe volt a koronavírus-járvány hatásainak is. Az innováció térnyerésében és a digitális készségek fejlesztésében ugyanakkor nem állunk jól. Jelenleg Magyarország az Európai Bizottság Innovációs eredménytáblája (European Innovation Scoreboard, Eis) alapján az Unión belül a lemaradók csoportjába tartozik. Hazánk összesített innovációs mutatója 2021-ben az unió átlag 67,9 százaléka volt, mindössze 5 ország (Szlovákia, Lengyelország, Litvánia, Bulgária és Románia) helyezése gyengébb a 27 tagállam közül. Az Európai Bizottság digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutatója, a DESI-index szerint pedig Magyarország 2021-ben a 23. helyen áll az EU-27-ek rangsorában.

A kitűzött ambiciózus célok megvalósításának alapvető feltétele, hogy megfelelő számú, jól képzett, magas digitális tudásszintű munkaerő álljon rendelkezésre. A munkaerőpiac azonban már most is feszes: az elmúlt öt évben megduplázódott az IT-szakemberek iránti kereslet. Az Informatikai Vállalkozások Szövetségének januárban publikált kutatása szerint a felmérés idején kilencezer betöltetlen informatikai álláshely volt Magyarországon, és két éven belül további 34–44 ezer főt tudna foglalkoztatni a piac.

A képzés területén azonban 2014 és 2019 között – a kívánt folyamatokkal ellentétesen – csökkent a szakképzett és a felsőfokú végzettséget szerzők aránya. Mindeközben az évtized végéig Magyarországon összesen egymillió munkahelyre lehet hatással az automatizálás. A jelenlegi technológiákkal a magyar munkaórák 49 százaléka automatizálható, amely magasabb a 44 százalékos európai átlagnál, összefüggésben azzal, hogy a termelői mixben viszonylag nagy az összeszerelő üzemek aránya.

A szakemberek hiánya gátolhatja az Ipar 4.0 további fejlődését Magyarországon. Az ambiciózus célok megvalósításához a képzésben, a készségek fejlesztésében lépéseket kell tenni. A modern eszközöket szükséges irányítani, karbantartani, amihez az informatikusok, mérnökök mellett technikusokra, jól képzett képgalérosokra is szükség van.

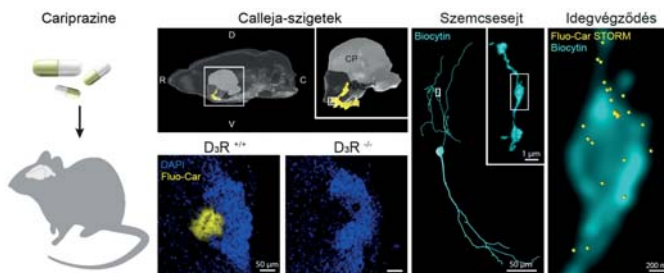
A negyedik ipari forradalom vívmányait használni készülő fiataloknak olyan körülmények között kell tanulniuk, ahol lehetőségük nyílik találkozni a modern technológia eszközeivel, ahol fel tudnak készülni azokra a kihívásokra, amelyekkel munkájuk során szembesülni fognak. A nagy világcégektől elvárható, hogy részt vegyenek a képzésekben, akár a források, eszközök biztosításával, akár gyakorlati alkalmazások bemutatásával. Ahhoz azonban, hogy ez az ország vonzó legyen a fejlődés éllovasainak, elengedhetetlen a magas szinten képződő munkaerő, tehát komplex stratégiára kidolgozására és megvalósítására van szükség a képzésben. Ennek az oktatás minden szintjére ki kell terjednie. „Smart” módon. (Jeránek Tamás, Siemens, portfolio.hu)



### A természettudomány tanításának aktuális problémái.

Melyek a természettudomány tanításának jellemző nemzetközi tendenciái és mi a helyzet e tekintetben Magyarországon? Milyen lehetőségek rejlenek az egységes természettudományi tanárképzésben? Hogyan tud hozzájárulni a természettudomány tanítása a gondolkodás fejlesztéséhez? E kérdéseket vizsgálták az MTA Közoktatási Elnöki Bizottság tudományünnepi rendezvényének előadói. Az előadások és a kerekasztal-beszélgetés felvétele elérhető az MTA YouTube-csatornáján. (mta.hu)

**Magyar agykutatók egy forradalmi mikroszkópos eljárással találták meg a világsikerű cariprazine kötődését az agyban.** A cariprazine a magyar gyógyszerfejlesztés utóbbi évtizedeinek legsikeresebb alkotása. A Richter Gedeon terméke olyan antipszichotikum és antidepresszáns, amelyet az amerikai gyógyszerügyi hatóság is engedélyezett, így már egymilliárd dollár feletti forgalmat generál évente. Bár a gyógyszer remekül működik például depresszió ellen, furcsa módon biológiai hatásmechanizmusa nem teljesen ismert. Ebben lépett hatalmasat előre a Katona István (KOKI), illetve Keserű György Miklós (TTK) által vezetett kutatócsoport. Ehhez egy olyan új, a KOKI-ban kifejlesztett mikroszkópos eljárást használtak, amellyel nanométeres pontossággal egyenként lehet látni az idegsejtekhez kötődő és világitó gyógyszermolekulákat.



Bár a *Nature Communications* folyóiratban most megjelent eredményekhez vezető kutatás öt évvel ezelőtt kezdődött, Katona István szerint a történet kezdetéig még korábbra, a 2010-es évek elejére kell visszamennünk: „A 2013-ban induló, Lendület-pályázat által támogatott kutatásaink fő célja az volt, hogy kidolgozzuk az akkoriban a KOKI-ba érkezett, ún. STORM szuperrezolúciós mikroszkóp alkalmazási eljárásait az agykutatásban. Én a pályám nagy részében elektronmikroszkópot használtam, ami fantasztikus technológia, de nagyon lassú és munkaigényes, egyszerre pedig csak egy-két fehérjét lehet vele vizsgálni. Ezért volt nagyon izgalmas számunkra, hogy a szuperrezolúciós fluoreszcens mikroszkópokkal színesben, nagy felbontásban egyszerre sok fehérjét is láthattunk a felvételen, és megvizsgálhattuk, hogy pontosan mi történik például egy receptorral egy adott kezelés hatására.”

A fluoreszcens mikroszkópia működése azon alapszik, hogy UV-fénnyel megvilágítva a különböző molekulák eltérő hullámhosszú fényt bocsátanak ki. Fluoreszcens csoportok bármilyen molekulához hozzákapcsolhatók, amelyek ezáltal nyomon követhetők lesznek például az agyszövet mikroszkópos képén. A szuperrezolúciós mikroszkópok képesek a fehérjéket nanométeres pontossággal megjeleníteni, ami hatalmas lehetőségeket rejt magában a molekuláris agykutatásban. (mta.hu)



**Célegyenesben a tiszaujvárosi poliolygár.** Tiszaujvárosban 2019 őszen indult a poliolkomplexum építése, amely a MOL történetének eddigi legnagyobb organikus befektetése. A kivitelezés meghaladta a 80%-ot, a teljes projekt, amelybe az előkészítés és a tervezés is beletartozik, pedig elérte a 89%-os készültséget. Az építési munkálatok befejezése 2022 második felére várható. A gyárban a ma elérhető egyik leghatékonyabb és környezetkímélő módszerrel állítanak majd elő poliolt, amelyből többek között szigetelőanyagok, bútorok, háztartási eszközök és autóalkatrészek készülnek.

A tiszaujvárosi MOL Petrolkémia hosszú évtizedek óta a magyarországi vegyipar központja: itt épül a poliollüzem, amely méretét és technológiáját tekintve is egyedülálló a régióban. Az 1,3





milliárd euróból megvalósuló beruházás nemcsak a MOL történetének eddigi legnagyobb organikus befektetése, de országos viszonylatban is az egyik legjelentősebb.

A projekt 89 százalékos készültségi szinten áll, teljes egészében befejeződtek a tervezési munkák, amelyeken 350 mérnök dolgozott Indiában, Thaiföldön, Németországban és Magyarországon. A kulcsberendezések tervezése, gyártása és helyszínre szállítása megtörtént, Olaszországtól Thaiföldig a világ minden tájáról érkeztek elemek az új gyárhoz. A kivitelezés, azaz a helyszíni építési munkák 80%-ot meghaladó készültségen állnak. Az építkezés 35 hektáron folyik, az elmúlt két év alatt összesen 13 000 tonna acélszerkezetet építettek be, ami 2 Eiffel-torony megépítésére elegendő mennyiség. Emellett lefektettek 2500 kilométer kábelt, és közel 700 kilométer csővezetékot szereltek össze. (MOL)

**Banai Andre összeállítása**

## MKE-HÍREK

### MKE egyéni tagdíj (2022)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a **2022. évi** tagdíj befizetéséről. A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:

• alaptagdíj	10 000 Ft/ő/év
• nyugdíjas (50%)	5000 Ft/ő/év
• közoktatásban dolgozó kémianár (50%)	5000 Ft/ő/év
• ifjúsági tag (25%)	2500 Ft/ő/év
• gyesen lévő (25%)	2500 Ft/ő/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.

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

## Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2022. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2022. 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 2021-ben kettős előfizetéssel hozzájárult a határon túli magyar kémikusoknak küldött folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2022-ben is csatlakozzon a kettős előfizetés akcióhoz.

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy a **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 814 090 forintot**

utal át a NAV Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértene a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkánkkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaaverseny, valamint a 2021-ben tizenharmadszor megrendezett Kémiaábró egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2021. évi SZJA bevallásakor – értékelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel, és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező nyilatkozat kitöltésével.

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

**Az MKE adószáma: 19815819-2-41**

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

Terveink szerint 2022-ben az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az LIV. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaaverseny, valamint a 2022-ben tizennegyedszer szervezendő Kémiaábró egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

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

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVII. No. 2. February

CONTENTS

<b>Nobel prizes 2021</b>	
<i>Chemistry</i>	34
<b>JÓZSEF KUPAI</b>	
<i>Physics</i>	37
<b>IMRE JÁNOSI</b>	
<i>Physiology or Medicine</i>	41
<b>LORÁND BARTHÓ, ERIKA PINTÉR, GÁBOR PETHŐ, ZSUZSANNA HELYES, and TAMÁS KISS</b>	
<i>Whom was it named after? Van 't Hoff's laws. Fick's laws</i>	44
<b>GYÖRGY INZELT</b>	
<i>50 years of Kevlar</i>	50
<b>CSABA KUTASI</b>	
<i>Artistic frescoes in Pompeii. Chemical quest from before and after the eruption of Vesuvius</i>	52
<b>TIBOR BRAUN</b>	
<i>Chembits</i>	56
<b>GÁBOR LENTE</b>	
<b>Obituaries</b>	
<i>Sándor Antus (1944–2021)</i>	58
<b>ÁGNES GOTTSCHEN and TIBOR KURTÁN</b>	
<i>Gyula Schneider (1931–2021)</i>	59
<b>JÁNOS WÖFLING</b>	
<i>Sándor Cseh (1967–2021)</i>	60
<b>GYÖRGY DORMÁN</b>	
<i>Ferenc Ritz (1949–2021)</i>	61
<b>CSABA SZÁNTAY</b>	
<i>The Society's Life</i>	61
<i>News of the Month</i>	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 egyedül mérési üzemmódok alkalmazását teszik lehetővé.



Thermo Scientific™ Orbitrap  
Eclipse™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap  
Fusion™ Lumos™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap  
ID-X™ Tribrid™ MS

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

Kizárólagos képviselő:

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

# UNICAM