

A TARTALOMBÓL:

- Szente Lajos
és Balogh György Tibor,
a Magyar Kémiai Folyóirat
új szerkesztői
- Radda György Károlyra
és Tétényi Pálra
emlékezve
- Miért ráz a ruha?



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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



**Korszerű
sugárhajtómű-
üzemanyagok**

A kiadvány
a Magyar Tudományos
Akadémia
támogatásával készült



Corrosion Science 235 (2024) 112169

Corrosion Science
journal homepage: www.elsevier.com/locate/corsci



***In-situ* resistance mapping of surface corrosion of iron using contact-mode carbon fibre as potentiometric tip**

Rabea Saleh Rabea Bin Sowad*, András Kiss

Department of Physical Chemistry and Materials Science, Faculty of Sciences, University of Pécs, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6, Hungary

ARTICLE INFO

Keywords:

Scanning probe microscopy
Iron
Corrosion

ABSTRACT

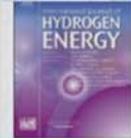
Scanning Probe Microscopy (SPM) has recently gained significant attention from both scientists and engineers for its unique capability to investigate localized corrosion phenomena. This paper introduces a novel application of SPM that offers a unique *in-situ* means to quantitatively evaluate the resistance of a spontaneously formed oxide layer on the conductive surface of an uncoated iron sample. This approach involved rastering a thin carbon fibre on the iron sample immersed on a corrosive medium while maintaining direct contact between the tip of the carbon fibre and the studied surface. Depending on the resistance between the tip and the sample, the measured voltage proportionally varied between 0 and the potential of the potentiometric circuit formed by the iron sample, the electrolyte and the carbon fibre. Through the application of the voltage divider formula, the measured potential map was transformed into a resistance map. This process allowed us to render a visual representation of the resistance distribution across the surface of the iron sample, providing some insights into the properties of the oxide layer.

A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium létrehozását a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az RRF-2.3.1-21-2022-00009 azonosító számú projekt keretében.



INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 49 (2023) 816–827

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijhe



Numerical investigation on the effect of hydrogen share in NH₃/H₂ blends in a turbulent lean-premixed swirl burner

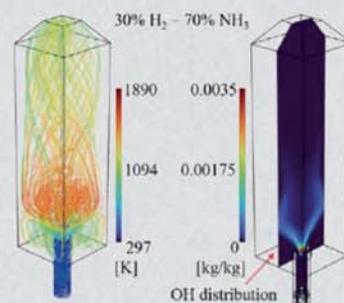
Dániel Füzesi*, Viktor Józsa, Dávid Csemány

Department of Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Budapest University of Technology and Economics, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., Hungary

HIGHLIGHTS

- H₂/NH₃ flames were modeled by $k-\omega$ SST turbulence and EDC models.
- The heat release pattern was influenced by the H₂ share.
- A maximum in NO emission was observed for richer mixtures by increasing H₂.
- A compromise should be made between NO and N₂O emissions.
- The numerical results were validated by PIV for non-reacting airflow.

GRAPHICAL ABSTRACT



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



A Magyar Kémikusok Egyesületének tudományos ismeretterjesztő folyóirata és hivatalos lapja

SZERKESZTŐSÉG:

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

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztők:

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

Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

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

Szerkesztőség: 1106 Budapest,
Fehér út 10. (White Office)
Tel.: 36-20-214-0808
E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: SZABÓ JÁNOS ZOLTÁN
Nyomdai előkészítés: HORVÁTH IMRE
Nyomás: Europrinting Kft.
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank
10700024-24764207-51100005 sz.
számlájára „MKL” megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 11 400 Ft
Egy szám ára: 950 Ft. Külföldön terjeszti
a 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

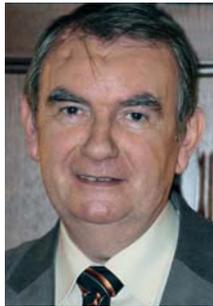
Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,
1106 Budapest, Fehér út 10. (White Office)
Tel.: 36-20-214-0808,
e-mail: mkl@mke.org.hu

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

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2024.11

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



Túl vagyunk az évszázad második legnagyobb dunai árvizén. Már csak az utóvédharcok folynak. Az árvízvédelemben a szakemberek és mondhatom, az ország lakossága példamutatóan helytállt. Örösi köszönet mindenkinek!

Nem tudok ilyen optimista, dicsérő szavakkal lenni saját szűkebb házunk táját, az oktatást és a kutatást illetően. Kezdjük az oktatással. Még mindig nem ültek el a kormányzat okosesszközök iskolai használatával kapcsolatos intézkedésének hullámai. Nem akarok okoskodni ebben a kérdésben, hiszen mindent elmondtak már nálam okosabb emberek, csak annyit tennék hozzá – mint a felsőoktatásban 50 évet vezettként és vezetőként eltöltött ember –, hogy a legjobb belügyminiszter sem tudhat egy ilyen érzékeny, nem parancsokhoz és rendeletekhez szokott területet irányítani.

Még viharosabb érzelmeket kiváltó intézkedés volt az Iványi Gábor által vezetett Magyarországi Evangélikumi Testvérközösség (MET) óvodáinak, általános és középiskoláinak bezárása röviddel a tanévkezdés előtt. Ezáltal az ide járó, jórészt sajátos nevelési igényű gyermekeket szakították ki környezetükből. Sokan segítettek, próbáltak segíteni: önkormányzatok, egyének (az önkormányzatok az iskolák esetében nem jogosultak intézkedni, csak az állam). Ez a kormányzat és a MET összecsapásának újabb fordulója. Megengedhetetlen.

A nyár végén jelent meg a Fialat Kutatók Akadémiájának felmérése (<https://fka.mta.hu/publikacio/fialat-kutatoknak-karos-az-europai-unios-forrasokbol-torteno-kizaras-kutatasi-jelentes/>) arról, hogy milyen mértékben váltak kiközösítetté a hazai kutatóhelyek a nemzetközi/európai kutatások rendszerében, például a Horizont 2020 kutatásokban, miután a kormányzat kialakította az alapítványi egyetemek rendszerét. Ennek módját az EB kifogásolta és annak EU-konformmá tételét kérte. Ennek teljesüléséig az érintett támogatásokból hazánkat kizárta. A két fél huzakodott, teszi még ma is, de az eredmény olvasható a felmérésben. Az akadémia/egyetemi szféra vonzereje hihetetlen értékben csökkent/csökkent a fiatalok körében. Lehet egy-egy év, amikor itt-ott javulnak a felvételi adatok, de a tendencia nem javul, a PhD-képzés nem vonzó. Ki akar ma egyetemen maradni? Miért? Tanítani? Kiket? Ma nem dicsőség az egyetemi oktatói kinevezés. Amikor én végzős hallgató voltam, a debreceni KLTE-n kitüntetésnek számított, hogy az egyetemen kezdhettem a pályámat. Igaz, akkor nem hirdették a kormányzatok, hogy a tudás társadalmát építjük. Ma alig lehet megnyerni a hallgatókat, hogy doktori ösztöndíjra maradjanak az egyetemeken. Hogy azután „megélhetési kutatóvá” degradálják azt, aki kutatásai támogatását nem is remélheti az új, megreformált rendszerben. Az csak néhány kiválasztottnak jár. Az Erasmus+ helyett a magyar egyetemistáknak kínált Pannónia-program nyilvánvaló kudarca láttán a kormányzat, mentve a menthetőt, az utolsó utáni (?) pillanatban meghátrálni látszik, és törvénymódosításra készül a kuratóriumok összetételének, valamint a tagok választhatóságának kérdésében – elfogadva talán az EU ajánlásait. Lehetünk/legyünk optimisták!

Jó hírel szerénem befejezni. Idén is kiosztották a Nobel-díjakat. A legjobbak kapták. Jól bevált módszer szerint, demokratikusan a tudósok választották ki maguk közül őket. Tavaly két magyar kutató is részesült ebben a legmagasabb tudományos kitüntetésben, nevüket örökre megőrzi a tudománytörténet: Karikó Katalin és Krausz Ferenc. Büszkék vagyunk honfitársaink teljesítményére! A Szegedi Tudományegyetemen a napokban, november 7–8-án a Novo Nordisk alapítvány támogatásával – Karikó Katalin és Drew Weissman részvételével – nemzetközi konferenciát rendeznek mRNS-témakörben (<https://mrnaconferenceszeged.hu>).

Lapunk novemberi számában az alábbi tartalomjegyzék szerint sok érdekes cikkel próbáljuk szolgálni kémia iránti érdeklődésük kielégítését. Jó olvasást!

2024. november

Kiss Tamás
Kiss Tamás
prof. emeritus

TARTALOM

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Hancsók Jenő, Hóke Ferenc: Nagy kihívás a légi szállítás dekarbonizációja.

Második rész. A korszerű, cseppfolyós szénhidrogén-alapú sugárhajtómű-üzemanyagok főbb előállítási lehetőségei.

1. Fosszilis energiaforrások

318

Évszázados hagyomány és megújulás: beszélgetés a Magyar Kémiai Folyóirat

új szerkesztőivel – **Szente Lajossal** és **Balogh György Tiborral**

323

Lente Gábor: A reakcióérték általános definíciójáról

327

MEGEMLEKEZÉS

Hargittai István: Sir George K. Radda – Radda György Károly emlékének adózva

329

Hargittai István: Tétényi Pál (1929–2024)

332

KITEKINTÉS

Inzelt György: *Kiről neveztek el?* A Raoult-törvény

333

Kutasi Csaba: Miért ráz a ruha? A textíliák elektrosztatikus feltöltődésének oka, hatása és a védekezés lehetőségei

337

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata

342

A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA

344

A HÓNAP HÍREI

345



Címlapunkon:

Új sugárhajtómű-technológiák tesztelése a Rolls-Royce-nál (Rolls-Royce, <https://www.flickr.com/photos/rolls-royceplc/albums/72177720308283546/>)



Hancsók Jenő – Hóke Ferenc

■ Pannon Egyetem, Bio-, Környezet- és Vegyészmérnöki Kutató-Fejlesztő Központ,

MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék

hancsok.jeno@mk.uni-pannon.hu



Nagy kihívás a légi szállítás dekarbonizációja

Második rész. A korszerű, cseppfolyós szénhidrogén-alapú sugárhajtómű-üzemanyagok főbb előállítási lehetőségei

1. Fosszilis energiaforrások

Szeptemberben indított sorozatunk második részében a repülőgép-turbinák számításba vehető hajtóanyagai közül a *cseppfolyós halmazállapotúakat*, ezeken belül is a szénhidrogéneket tartalmazóak előállítási lehetőségeit tárgyaljuk. Ebben a lapszám-ban a fosszilis, a következőben a megújuló forrásokat vesszük számba.

A cseppfolyós sugárhajtómű-üzemanyagok főbb előnyei a következők:

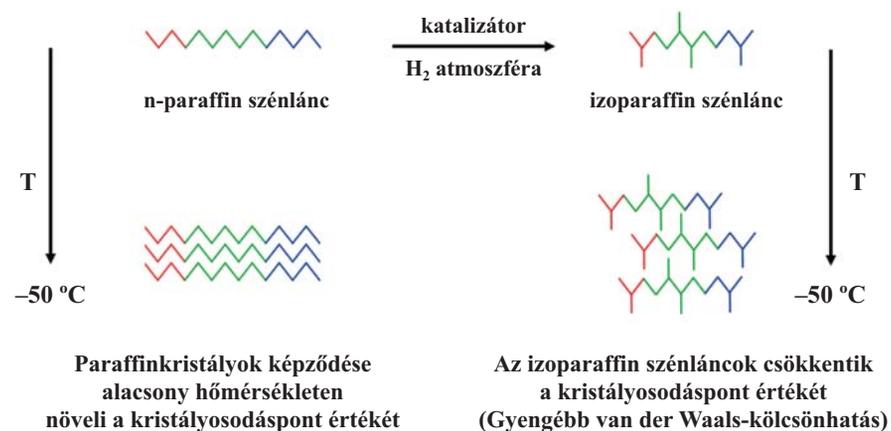
- nagy energiasűrűség és fajlagos energiatartalom;
- átfogó biztonságtechnikai rendszer megléte a légiközlekedés/szállítás teljes értékláncára (valamennyi elemére);
- a teljes logisztikai rendszer [tárolás, szállítás (csővezeték-hálózat, tartálykocsik, uszályok), biztonságtechnika megléte, tapasztalt személyzet...] rendelkezésre állása;
- az ilyen hajtóanyagok hozzáférhetősége a szükséges mennyiségben és az elvárt minőségben az egész világon *szervezett módon* (alapvetően fosszilis nyersanyagokból);
- bevált tárolás a jelenlegi repülőgépeken;
- repüléstechnikai előnyök (például a hajtóanyag folyamatos felhasználása miatt állandóan csökken a repülőgép össztömege; ez nagyobb távolságok megtételekor akár 100–150 tonna is lehet; a hajtóanyag összeférhetősége az alkalmazott szerkezeti anyagokkal, beleértve a tömítéseket is; a repülőgépek jelenlegi üzemanyag-ellátó rendszereinek alkalmazhatósága...) stb.

Az előző cikkben már bemutattuk az egyes szénhidrogéncsoportok (izo-, normál-, cikloparaffinok és aromások) alapvető előnyeit és hátrányait sugárhajtómű-

Szénatomszám	Vegyület	Forráspont, °C	Energiatartalom		Fagyáspont, °C
			MJ/dm ³ (energia sűrűség)	MJ/kg (fajlagos energia)	
C ₁₂	n-hexil-benzol	258	32,8	39,5	-42
	n-hexil ciklohexán	254	36,5	45,0	-52
	n-dodekán	264	33,2	44,1	-10
	4-metil-undekán	205	33,2	44,1	-68
C ₁₃	n-heptil-benzol	262	33,4	39,7	-40
	n-heptil-ciklohexán	260	36,6	44,9	-47
	n-tridekán	268	33,6	44,1	-6
	3-metil-dodekán	213	33,5	44,1	-60
C ₁₄	n-oktil-benzol	284	33,9	39,8	-39
	n-oktil-ciklohexán	280	35,5	43,5	-20
	n-tetradekán	279	33,8	44,1	6
	5-metil-tetradekán	222	33,8	44,1	-51

A táblázat saját módosítás [1] alapján.

1. táblázat. Sugárhajtómű-üzemanyagok néhány komponensének főbb jellemzői



1. ábra. Normál- és izoparaffin-molekulák elrendeződése alacsony hőmérsékleten (példa)

üzemanyagként való felhasználáskor. Fizikai és kémiai, valamint alkalmazási tulajdonságaik összehasonlítása alapján megállapítottuk, hogy az elvárt forráspont-tar-

tományba eső (megfelelő szénatomszámú) izoparaffinok a legjobb minőségű keverőkomponensek (összetevők). Ezek valamivel kisebb energiasűrűségének kompenzá-



lására a kőolaj-eredetű üzemanyag kellő részarányban alkil-cikloparaffinokat is tartalmaz. Az aromás szénhidrogének tulajdonképpen csak a tömítések duzzadását segítik elő, és némileg hozzájárulnak a kenőképeség biztosításához is.

Ki kell emelni a közel azonos energiasűrűségű és fajlagos energiájú normál- és izoparaffinok alacsony hőmérsékletű folyási tulajdonságainak (pl.: kristályosodási pont) jelentős mértékű különbségeit is (**1. táblázat**) [1]. Ezeket az egyes molekulaszerkezetek (egyenes, illetve elágazó láncú szénhidrogének) közötti eltérő nagyságú van der Waals-erők okozzák. Az izoparaffin szénláncok között gyengébb a van der Waals-kölcsönhatás, ezért az egyedi molekulák könnyebben elmozdulhatnak, és így nem képeznek nagyobb méretű paraffinkristályokat (**1. ábra**).

Cseppfolyós repülőgépturbina-üzemanyagok előállítása

A cseppfolyós sugárhajtómű-üzemanyagokat különböző eredetű és eltérő összetételű, a repülőgép-turbinák működési feltételei között energiájuk átadására alkalmas, nagy energiasűrűségű és nagy fajlagos energiájú *szénhidrogén-keverőkomponens* áramok megfelelő arányú elegyítésével és az így nyert szénhidrogénelegybe nagy hatékonyságú adalékanyagok (lásd előző cikk is) bekeverésével állítják elő. Ez utóbbi célja az elvárt minőség végső beállítása, illetve finomhangolása.

A szénhidrogén-alapú sugárhajtómű-üzemanyagok (JET-ek) elterjedésének és máig gyakorlatilag kizárólagos alkalmazásának okait már ismertettük. Ezeket több mint fél évszázadon át, 1999-ig kizárólag a különböző eredetű és így eltérő összetételű kőolajokból állították elő, és még napjainkban is 99,5%-nál nagyobb részarányban ez a fosszilis energiahordozó a nyersanyagforrás. Mivel alkalmazásuk hosszú éveken keresztül bevált, ezért a sugárhajtómű-üzemanyagok jellemző forrásponttartományát és szénhidrogén-összetételét egy átlagos kőolaj összetételéből kiindulva becsülték, illetve határozták meg. A petróleum(kerozin)-frakció szénhidrogéncsoportmegoszlása alapján megállapították, hogy a normál- és izoparaffinokat, egy- és kétgyűrűs cikloparaffinokat, valamint aromás szénhidrogéneket tartalmaz.

Természetesen különböző okokból (pl. kőolajembargó, kőolajtól való függőség csökkentése, környezetvédelem) már régóta végeznek kutató-fejlesztő tevékenységet alternatív eredetű sugárhajtómű-üzem-

anyagok felismerésére, előállítására és alkalmazásba vételére. Egyedi vegyületek sokaságát és azok nagyszámú elegyeit is kipróbálták a légiközlekedés-/szállítás különleges és nagy igénybevételű, szigorú feltételei között. Mégis máig a sugárhajtóművek első számú közvetlen energiaforrásai továbbra is a számos szempont szerint rendszerszemléletben kiválasztott cseppfolyós állapotú szénhidrogének elegyei. Ezek alapján érthető és egyértelmű, hogy az alternatív (nem kőolaj-) eredetű sugárhajtómű-üzemanyagok kutató-fejlesztő tevékenységének fő céljai a következők voltak:

- új alapanyagok forrásainak feltárása;
- ezek megfelelő átalakítási lehetőségeinek felismerése; továbbá
- olyan anyag- és energiatakarékos, környezetbarát, gazdaságos eljárások kidolgozása, amelyek szénhidrogénterméki kiváló minőségű sugárhajtómű-üzemanyagok, illetőleg annak keverőkomponensei.

Az említett fő célok jelenleg sem változtak.

Szintetikus JET-keverőkomponenseket (SBC; Synthetic Blend Component) először 1999-ben Dél-Afrikában használtak fel, amelyeket szénalapú szintézisgázból kiinduló Fischer–Tropsch-szintézissel (CtL; cseppfolyós termékek szénből) állítottak elő. Tíz évvel később (2009-ben) már a földgázból vagy biomaszból előállított szintézisgáz-alapanyagú Fischer–Tropsch-szintézis (GtL, illetve BtL; cseppfolyós termékek földgázból, illetőleg biomaszból) egyik célterméke a szintetikus sugárhajtómű-üzemanyag volt. Időközben természetesen kidolgoztak más alapanyagokból, például természetes/hulladék zsírsavak-

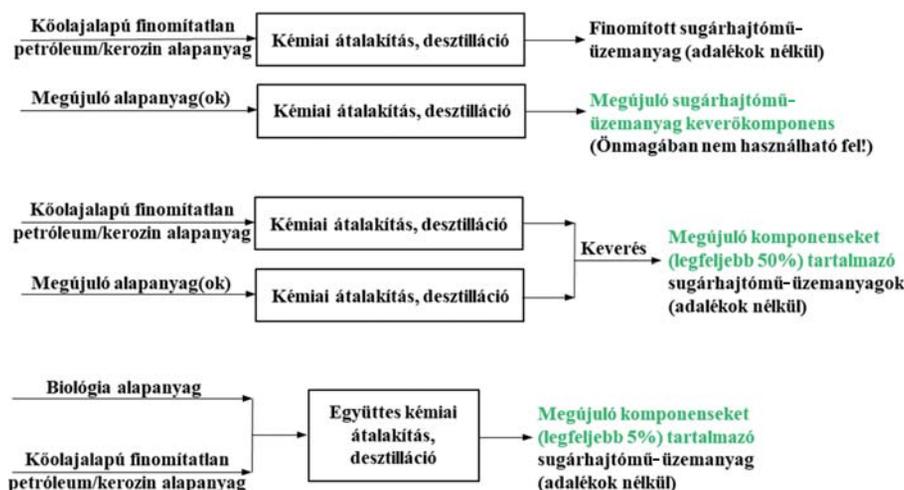
ból/zsírsavszármazékokból kiinduló különböző kémiai reakcióutakat alkalmazó speciális eljárásokat (pl. hidrogénezés és szelektív izomerizáció/hidrokrakkolás vagy katalitikus hidrotermolízis) is ugyancsak JET-forrásponttartományú szintetikus szénhidrogén-komponensek előállítására.

Az előzőeknek megfelelően a sugárhajtómű-üzemanyagok gyártásakor mind a kőolajból, mind pedig az alternatív forrásokból származó alapanyagokból az említett, legjobb tulajdonságú szénhidrogén-(vegyület-) csoportok (elsősorban az izoparaffinok) nagy részarányára törekednek. Természetesen a különböző (pl. polgári vagy hadászati) célú repülési felhasználás igényeinek kielégítésére a forrásponttartomány az elvárásoknak megfelelően változhat, olykor akár 100 °C alatti értékektől egészen 300 °C-ig.

A megfelelő összetételű hulladék- és megújuló alapanyagforrások korlátozott rendelkezésre állása és gazdaságossági okok miatt a szintetikus (pl.: megújuló) szénhidrogén-komponenseket tartalmazó JET-ek előállítására kidolgoztak olyan eljárásokat is, amelyekben ezt a terméket kőolaj-, illetve alternatív/megújuló eredetű kiindulási anyagok célirányos arányú összekeverésével kapott alapanyagelegyek *együttes katalitikus átalakításával* állítják elő. (Ezt „co-processing”-nek nevezik.)

Az előzőeket összefoglalva a cseppfolyós, szénhidrogén-alapú sugárhajtómű-üzemanyagokat vagy fosszilis (elsősorban kőolaj), vagy alternatív/megújuló nyersanyag(ok)ból, vagy az előző két forrásból származó anyagok elegyeiből lehet előállítani (**2. ábra**).

2. ábra. Csak fosszilis vagy csak megújuló eredetű vagy legfeljebb 5–50% részarányban megújuló komponenseket is tartalmazó sugárhajtómű-üzemanyagok előállítási lehetőségeinek példái



Biológia alapanyag: pl. természetes/hulladék zsírsavak/zsírsav-észterek, zsírsav-gliceridek vagy biomasza alapú szintézisgázt felhasználó Fischer-Tropsch szintézis elsődleges kerozin (petróleum) frakciója



A nem kőolaj-eredetű megújuló (bio-) szénhidrogénelegyeket *önmagukban* jelenleg nem szabad sugárhajtómű-üzemanyagként felhasználni, csak keverőkomponensként, 5–50% részarányban (ASTM D7566-23b). A következőkben nagyon röviden ezeket az előállítási lehetőségeket foglaljuk össze. Ezek mindegyikét nagyszámú közleményben tárgyalják, tehát egyenként is egy-egy teljes cikk témáját képezhetik.

Sugárhajtómű-üzemanyagok előállítása fosszilis energiaforrásokból

A légiközlekedésben-/szállításban alkalmazott sugárhajtómű-üzemanyagokat – mint már említettük – felhasználásuk kezdete óta gyakorlatilag kőolajalapon állítják elő. A nem kőolaj-eredetű, alternatív JET-eket először szintén fosszilis eredetű energiaforrásokból, kezdetben szénelapon, majd földgázból nyert szintézisgázból gyártották a Fischer–Tropsch-szintézis széles körű kutató-fejlesztő tevékenységének egyik fő eredményeként. A megújuló alapanyagokból történő előállítás és kísérleti felhasználás 2009-ben kezdődött. Megjegyezzük, hogy ezen hajtóanyagok közül jelenleg elsősorban a természetes/hulladékeredetű zsírsavakból/zsírsavszármazékokból speciális hidrogénezéssel előállított, döntő részarányban izo- és normálpárafínok elegyeit tartalmazó termékek felelnek meg leginkább a nagyszámú követelménynek, beleértve a gazdaságosságot is.

Sugárhajtómű-üzemanyagok előállítása kőolajból

A sugárhajtómű-üzemanyagokat alapvetően két fő módon állítják elő a kőolajból: atmoszférikus desztillációval nyert petróleum(kerozin-) frakció katalitikus hidrogénezésével (heteroatom-eltávolítással), valamint a nehéz kőolajpárlatok hidrokraakolásával. Ezeknek az üzemeknek a helyét szemlélteti a **3. ábra** a kőolajfeldolgozás folyamatában. Az ábra egy korszerű kőolajfinomító blokkvázlata [2], feltüntetünk rajta néhány megújuló forrásból származó alapanyag- és termékáramot is.

A kőolajokból *atmoszférikus desztillációval* nyert petróleumok kén-, nitrogén- és oxigéntartalmú vegyületeket is tartalmaznak. A szénhidrogéncsoportok és egyedi alkotóik, valamint a heteroatom(S, N, O)-tartalmú vegyületek mennyisége és megoszlása a finomítatlan petróleum/kerozinfrakciókban alapvetően a kőolaj eredetétől függ. Természetesen ezek minőségi tu-

lajdonságai (kémiai, fizikai és alkalmazási jellemzői) eltérőek a sugárhajtómű-üzemanyag szempontjából. Ezért az elvárt összetételű és tulajdonságú származtatott energiaforrás (JET/kerozin) előállítására szükséges a kőolaj atmoszférikus desztillációjával előállított elsődleges termék, a petróleum/kerozinfrakció minőségjavítása. Erre szolgáló eljárás a *katalitikus hidrogénező heteroatom-eltávolítás (közismert néven kéntelenítés)*. Ennek során párhuzamos és egymást követő reakciókban végbemeget az alapanyag kén-, nitrogén- és oxigéntartalmú vegyületeiből a heteroatomok eltávolítása, továbbá a kétgyűrűs aromások részleges hidrogénezése is. A lejátszódnó reakciók mértéke az alkalmazott katalitikus rendszertől [alapanyag-összetétel, reaktor és annak belső szerkezete, katalizátor(ok), műveleti paraméterek (pl. hőmérséklet, nyomás, folyadékterhelés, H₂/alapanyag arány)] függ. Jellemző műveleti paraméterek: 260–340 °C; nyomás: 25–45 bar; folyadékterhelés: 2–4 m³/m³óra; H₂/alapanyag térfogatarány: 150–300 Nm³/m³. A termék a finomított petróleum (a finomított kerozin), amit hajtóanyagként „röviden” csak kerozinnek neveznek. E termékek kéntartalma < 10–50 mg/kg, többgyűrűs aromástartalma: ≤ 2 v/v%, kristályosodási pontja: ≤ –40 °C és ≤ –47 °C, nem kormozó lángmagassága: > 25 mm.

A korszerű kőolajfinomítóknál a kiváló minőségű JET-frakció előállításának másik lehetősége a nehézpárlatok hidrokraakolása. A katalitikus átalakítást (heteroatom-eltávolítást, aromáshidrogénezést, krakolást, izomerizációt, stabilizáló hidrogénezést stb.) 380–450 °C; 120–180 bar; 1200–1600 Nm³/m³ H₂/alapanyag arány és 1,2–2,5 m³/m³h folyadékterhelés alkalmazása mellett több különböző összetételű, így eltérő fő funkciójú katalizátorrétegeket tartalmazó katalitikus rendszerben végzik. A nagy izoparaffin-tartalmú JET-frakciót a cseppfolyós termékelegyből desztillációval választják el. A kerozinfrakció mennyisége kb. 20–35% az eljárás céljától függően. Minősége megfelel az adalékolás előtti követelményeknek.

A kőolajból az előzőekben ismertetett, két különböző előállítási móddal nyert sugárhajtómű-üzemanyag termékek adott esetben egymással is keverhetőek, és – adalékolás után – minden szempontból megfelelnek az érvényes szabvány(ok) által előírt minőségi követelményeknek.

A **3. ábrán** feltüntetjük a megújuló forrásból származó alapanyagok kőolajfino-

mítói felhasználásának néhány példáját is. Így az ún. „zöld hidrogén” [megújuló (nap-, szél-, vízenergia stb. felhasználásával előállított) elektromos árammal végzett víz-elektrolízis terméke] alkalmazásának lehetőségét is.

A korszerű kőolajfinomítóknál vagy azok közelében egyre inkább elterjedőben van a megújuló hidrogén előállítása víz-elektrolízisével. Magyarországon például a MOL-csoport Dunai Finomítójában néhány hónapja adtak át egy 1600 t/év kapacitású „zöld hidrogént” előállító üzemet. Ennek eredményeként évente kb. 25 000 tonnával csökken a Dunai Finomító CO₂-kibocsátása. Tehát molekulaalkotóként az ilyen hidrogént tartalmazó termékek bizonyos mértékben már megújulóak is.

A **3. ábra** szintén tartalmazza a megújuló alapanyagok és a különböző finomítatlan kőolajfrakciók(-párlatok) együttes átalakításának néhány lehetőségét is – például finomítatlan petróleum- vagy gázolajfrakcióból és megújuló alapanyag-összetevőkből kiindulva (beleértve a hulladék-eredetűeket is).

Nagy jelentősége miatt ezen a helyen is kiemeljük a MOL Nyrt. Dunai finomítójában üzemelő technológiai sort, ami finomítatlan gázolaj és természetes/hulladék zsírsavak/zsírsav-észterek alapanyagelegyeiből nagy hidrogéntartalmú, bioparaffint is tartalmazó dízelgázolajok előállítására is alkalmas. Ehhez a dízelgázolaj-keverőben még biodízelt (zsírsav-metil-észterek elegyét) és adalékokat kevernek. A végtermék dízelgázolaj minősége kielégíti a korszerű szabványok (pl. MSZ EN 590:2022 és az ASTM D 975-23) előírásait is. Ezzel a MOL Nyrt. és a Pannon Egyetem által kifejlesztett változattal előállított dízelgázolajat a MOL 2022 óta forgalmazza töltőállomásain.

(www.youtube.com/watch?v=8RGRbe3xhZM)

A **3. ábrán** ezenkívül feltüntetjük a különböző megújuló alapanyagokat átalakító eljárások értékes kísérőtermékeinek minőségjavítási lehetőségeit is (pl. megújuló C5–C6 frakció izomerizáló minőségjavítása) [3].

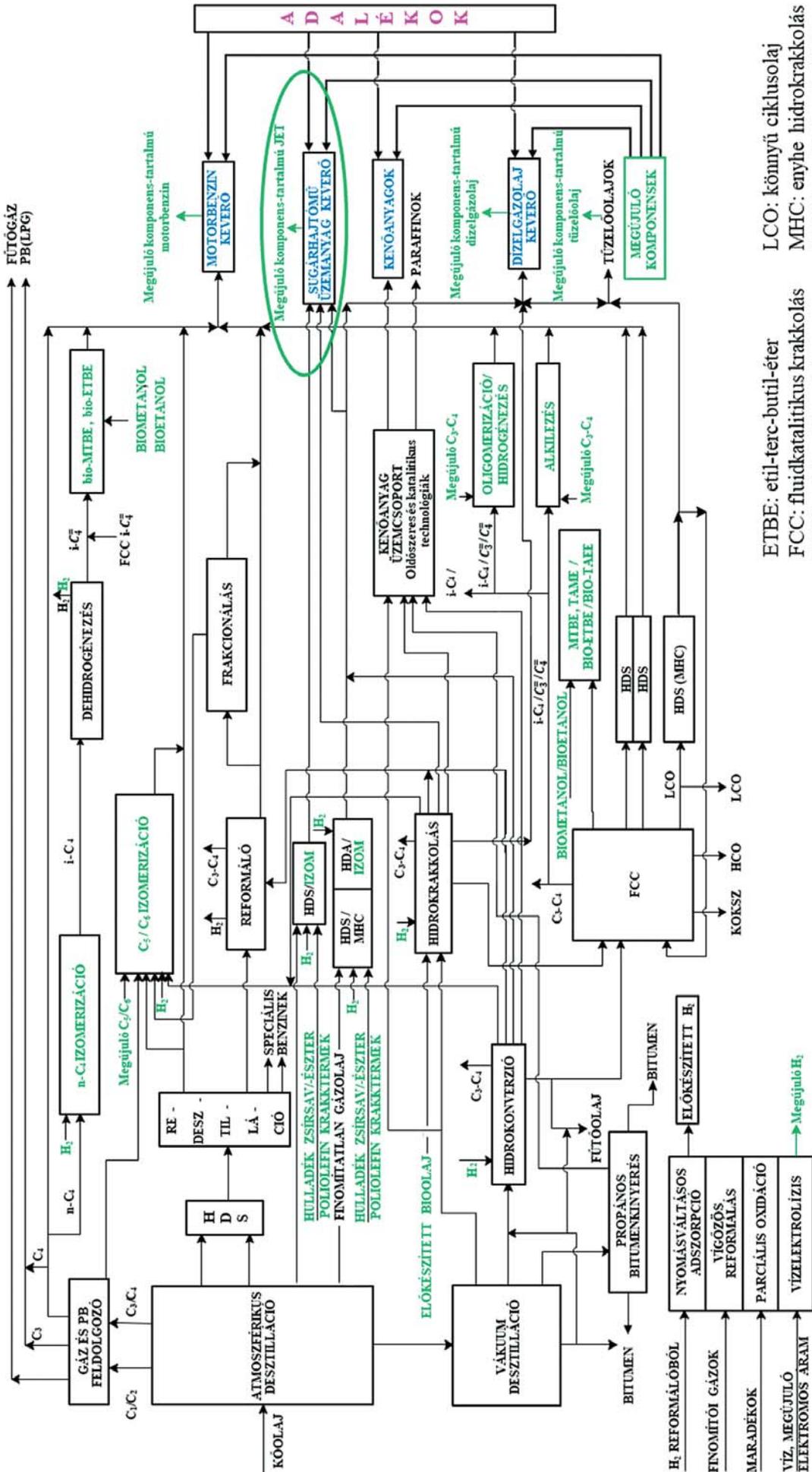
Természetesen lehetőség van a más vállalatoktól vásárolt megújuló termékkomponensek kellő részarányban való felhasználására is – esetleges rövid idejű átmeneti tárolás után – a meglévő termékkeverőben.

Sugárhajtómű-üzemanyagok (előállítása) fosszilis eredetű alternatív energiaforrásokból

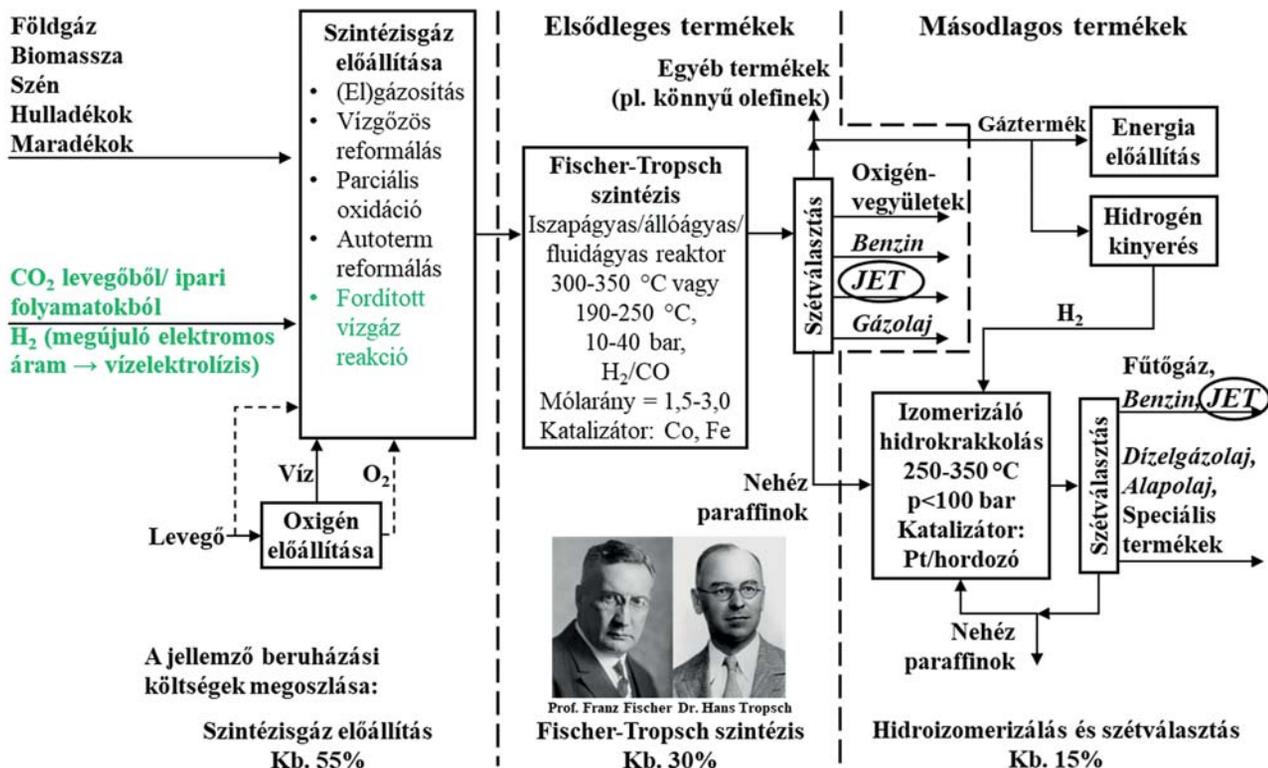
Az előzőekben már utaltunk arra, hogy az első nem kőolaj-eredetű (alternatív) su-



3. ábra. Megújuló komponens tartalmú termékek előállítására is alkalmas korszerű kőolaj-finomító blokkvázlata



- ETBE: etil-terc-butil-éter
- FCC: fluidkatalitikus krekolás
- HCO: nehéz cikluszolaj
- HDA: aromások hidrogénezése
- HDS: hidrogénező kéntelenítés
- LCO: könnyű cikluszolaj
- MHC: enyhe hidrokrakkolás
- MTBE: metil-terc-butil-éter
- TAAE: terc-amil-etil-éter
- TAME: terc-amil-metil-éter



4. ábra. Kerozinfrakciók általános előállítási lehetőségei fosszilis és megújuló szintézisgázból Fischer-Tropsch-szintézissel (az ábra saját továbbfejlesztés és szerkesztés [4] alapján)

gárhajtómű-üzemanyagot szénből állítottak elő. Ennek első lépése a szintézisgáz előállítása szén (el)gázosításával, majd a gázelegy átalakítása Fischer-Tropsch-szintézissel elsősorban cseppfolyós termékeké, többek között keroziná (CtL: Coal to Liquid eljárások). Környezeti és gazdaságossági okok miatt azonban egyre jobban elterjedt a földgáz (metán) vízgőzös bontásával előállított szintézisgázt feldolgozó Fischer-Tropsch-szintézis (GtL: Gas to Liquid eljárás). Ebben a folyamatban egy elsődleges és minőségjavított, valamint egy másodlagos, a Fischer-Tropsch-szintézisben keletkező nehézparaffinok („wax”) izomerizáló hidrokrakkolásával nyert kerozinfrakciót állítottak elő (4. ábra) [4].

Adalékolást követően ezek minőségi jellemzői megfelelnek a szabvány (ASTM D7566:23b) előírásainak. [A 4. ábrán a szén és földgáz nyersanyagokon kívül feltüntetettük a más (például megújuló) nyersanyagokat, illetve alapanyagokat is.]

Köszönetnyilvánítás. A közlemény az Európai Regionális Fejlesztési Alap által támogatott GINOP-2.3.2-152016-00053 projekt, „Stratégiai Műhelyek Kiválósága” [„Molekulaszerkezetében nagy hidrogéntartalmú, cseppfolyós üzemanyagok kifejlesztése (hozzájárulás a fenntartható mobilitáshoz”)”] és a TKP2021-NKTA-21 számú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásá-

val, a 2021. évi Tématerületi Kiválóság Program finanszírozásában készült.

IRODALOM

- [1] Hancsók, J., Varga, Z., Holló, A., Keresztury, L., Varga, G.: „Fuels with high hydrogen content in their molecular structures”, Istanbul 22nd World Petroleum Congress (Block: B2, Refining, Transportation and Petrochemistry; Forum title: F11 Products of the future), 2017, július 09–13., ppt: 18 slide.
- [2] Hancsók, J.: „Gasoline Fuels for Spark Internal Combustion Engines”, in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016, DOI: 10.1002/0471238961.0701191508150308.a01.pub3, 62.
- [3] Hancsók, J., Kasza, T., Visnyei O.: „Isomerization of n-C5/C6 bioparaffins to gasoline components with high octane number”, Energies, 2020, 13(7), 1672, DOI:10.3390/en13071672
- [4] Srivastava, S. P., Hancsók, J.: „Fuels and Fuel-Additives”, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2014, ISBN: 978-0-470-90186-1, 376.

Kevesebb kondenzcsík

Az Airbus kísérlete szerint egy kizárólag fenntartható repülőgép-üzemanyagot (SAF) használó A350-900-as a szokásosnál jelentősen kevesebb koromrészecskét bocsátott ki, a kondenzcsíkot alkotó jégrézecskek száma pedig még nagyobb mértékben csökkent.

Az európai repülőgépgyártó az alternatív üzemanyagok éghajlatra gyakorolt hatásának vizsgálatát célzó, ECLIF3 nevű programjában egy Rolls-Royce Trent XWB-84-es hajtóművekkel felszerelt Airbus A350-900-as repülés közbeni kibocsátását tesztelte.

A széles törzsrű utasszállító egyik prototípusát egy szenzorokkal felszerelt Dassault Falcon 20-as követte a Földközi-tenger felett, Korzikától és Szardíniától nyugatra, és a kondenzcsíkokat hagyományos és fenntartható üzemanyagokkal felváltva vizsgálták.

Kizárólag fenntartható repülőgép-üzemanyag használata esetén a koromrészecskék kibocsátása 35 százalékkal csökkent, a jégrézecskek száma pedig még nagyobb mértékben, 56 százalékkal mérséklődött az elégetett üzemanyag tömegére vetítve, a hagyományos Jet A-1 kerozin használatához viszonyítva.

A tanulmány megállapította, hogy a kísérletnél használt, a Neste által biztosított, hidrogénnel feldolgozott észterekből és zsírsavakból előállított HEFA-SPK szintetikus kerozin alacsonyabb kéntartalmának tudható be a kedvezőbb értékek.

(<https://airport.hu/kevesbe-okoz-kondenzcsikot-a-fenntarthato-uzemanyag/>)



Évszázados hagyomány és megújulás: beszélgetés a Magyar Kémiai Folyóirat új szerkesztőivel

A Magyar Kémiai Folyóirat 2023-as utolsó számának megjelenésével az addigi főszerkesztő, Sohár Pál és a szerkesztő, Huszthy Péter átadták másoknak ezt a fontos felelősséget. A megújulásról beszélgettünk az új főszerkesztővel, Sente Lajossal és az új szerkesztővel, Balogh Györggyel.

Lente Gábor: Lajos, téged nemrég választottak meg a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjának, így a *Magyar Kémikusok Lapja* olvasóinak jelentős része már ismeri a neved. Mégis arra kérlek, mondj magadról pár szót.

Sente Lajos: 1975-ben végeztem az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, és azonnal a Szejtli József által vezetett, akkor induló ciklodextrin-kutatócsoporthoz csatlakoztam a Chinoin gyógyszergyárban. Így már lassan 50 éve dolgozom ezen a területen, főleg az ipari alkalmazásokkal foglalkozom. Kezdetben a Chinoinban működött a csoport, ennek nagy előnye volt, hogy a vállalaton belül szinte korlátlanul megvolt minden: toxikológia, farmakológia, kémiai kutatás, fermentáció, tehát mind az elmélet, mind az alkalmazás. Elég gyorsan tudtunk haladni, és Szejtli kiváló karmesteri munkájának köszönhetően ebből hamarosan eredmény is lett.

Aztán jött a rendszerváltás, amikor a Chinoin átkerült a Sanofi-Aventis tulajdonába. A francia cég akkor nem tartotta a ciklodextrines témát annyira fontosnak, úgyhogy 1991-ben megalakítottuk a saját cégünket, a Cyclolab Kft.-t. Kezdetben kutatás-fejlesztési igazgatóként dolgoztam, később – Szejtli József korai és sajnálatos halála miatt – sokáig a vállalatot is vezettem. Most már nyugdíjasként jövök vissza, a cégnél tudományos tanácsadóként dolgozom. A kutatási irányunk egy idő után megváltozott, mert később kiderült, hogy a ciklodextrinek a gyógyszeriparban és más területeken sem kizárólag segédanyagok vagy excipiensek, hanem önmagukban is bizonyos hatásokat tudnak kifejteni. Úgyhogy most a kutatásunk, fejlesztésünk és a személyes érdeklődésem középpontjában is a ciklodextrinek önmagukban kifejtett biológiai, farmakológia és egyéb hatásai állnak.

Aztán az a nagy megtiszteltetésként ért, hogy az akadémikusok levelező tagként maguk közé fogadtak. Ez azért szokatlan,



Sente Lajos



Balogh György Tibor

mert az én munkásságom főleg az ipar területére esett. Ebből az is következett, hogy ha valami nagyon komoly tudományos felismerés részese voltam, az általában egy külföldi megbízó tulajdonába került, ezért publikációim száma és megjelenésük dinamikája is egy kicsit lassúbb volt, mint az egyetemi és akadémiai kutatóintézetben dolgozóké. Ettől függetlenül számos megvalósult szabadalom fűződik a nevemhez, úgyhogy ezekre nagyon büszke vagyok, és remélem, hogy az akadémiai levelező tagság ennek is az elismerése.

LG: Gyurit is kérném, hogy mutatkozzon be. A te neved talán kevésbé ismert a magyar kémikusok közösségében.

Balogh György Tibor: 1999-ben végeztem a Műegyetemen gyógyszer szakirányos vegyész-mérnöki, illetve egészségvédő biómérnöki szakon kettős diplomával, és ezt követően azonnal a Richter Gedeon gyógyszergyárban kezdtem el a karrierem kutató-fejlesztőként. Öt-hat évig az organoterápiában dolgoztam, ahol a Richter originális termékének, a cink-hialuronát új terápiás lehetőségeit vizsgáltam, és 2005-ben kerültem át a kismolekulás eredeti gyógyszerkutatásba. Itt – végigjárva a ranglétrát – voltam csoportvezető, 2010-től pedig középvezetőként irányítottam a Kutatási Igazgatóság egyik laboratóriumát, amely alapvetően a gyógyszerek korai fázisú fizikai kémiai elemzésével, illetve korai



farmakokinetikai vizsgálatával foglalkozott, illetve a szintetikus gyógyszerkémia analitikai támogatását látta el. 2018–19-ig vezettem az osztályt, illetve utána még egy évig a cég Kutatási Igazgatóságának tanácsadója voltam. A 2005–2019-es időszak azért volt számomra különösen fontos, mert rengeteget tudtam foglalkozni fiatalokkal: több diplomadolgozó és három doktori munkáját is vezettem az ipari munka mellett. 2003-ban szereztem PhD-fokozatot Keserű György Miklós professzor témavezetése mellett. Alapvetően a szabad gyökös folyamatok, illetve metabolikus folyamatok biomimetikus modellezésével foglalkoztam. Ezt követően a gyógyszerhatóanyagok fizikai kémiai elemzése lett a fő területem, az MTA doktori fokozatot is ennek a munkámnak az összefoglalása alapján szereztem meg 2019-ben.

Már richteres munkatársként kezdtem el oktatni a Műegyetemen, 2006-ban. Az volt a fókuszban, hogy azokat az ismereteket adjam át, amelyeket az ipari gyakorlatban is nap mint nap hasznosítottam. 2019-ben befejeztem az ipari pályafutásomat, és oktató-kutatóként a műegyetemi *alma materem*ben, emellett részállásban a Szegei Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Kar Gyógyszerhatástani és Biofarmáciai Intézetében kezdtem dolgozni. 2020-tól vagyok egyetemi tanár. Az alapvető kutatási területem nem változott, itt is diplomamunka-témák kidolgozását vezetem, és az elmúlt években két további doktori értekezés készült a vezetésemmel.

2023 májusában megint váltottam, azóta a Semmelweis Egyetem Gyógyszerésztudományi Kar a Gyógyszerészi Kémia Intézetét vezetem. A szegei részmunkaidős állásomat ugyan feladtam, de az oktató-kutatói kapcsolat fennmaradt. Ugyanakkor a Műegyetem Vegyész- és Biomérnöki Karának továbbra is részmunkaidős egyetemi tanárként tevékenykedem. Jelenleg a Cyclolab és CR Solvo cégeknél van kooperatív doktori programban részt vevő PhD-hallgatóm, a Cyclolabbal való közös munkánk nagyon nagy múltra tekint vissza. Tavalytól ott is tanácsadóként dolgozom. Nyilván nem abban a szélességben és mélységben, mint Lajos, mert ő a céget teljesen más, magasabb szinten tudja támogatni, de bizonyos tekintetben én is igyekszem segíteni a tudományos munkát.

LG: A fő téma, amiről beszélni szeretnék, a *Magyar Kémiai Folyóirat*. Sohár Pál a 2023-as utolsó számban elbúcsúzott az olvasóktól, de Lajost még ő kereste meg. Mikor és hogyan kaptad a főszerkesztői felkérést?

SzL: Nagyon érdekes körülmények között. Éppen szabadságon voltam külföldön, de néha tudtam e-mail-üzeneteket olvasni. Ekkor kaptam egy kedves levelet Sohár Páltól, akit régóta ismerek, és nagyon tisztelek. Amikor a ciklodextrin-kutatási témánk kezdődött, gondot okozott, hogy a ciklodextrin zárványkomplexeinek a képződését, létét valamilyen spektroszkópiai jel alapján igazoljuk, hiszen nincs kovalens kapcsolat ezekben a komplexekben. Nem lévén spektroszkópus, sokat forgattam Sohár Pál cikkeket, meg hát azt a híres zöld könyvét. Érdekes felhangja az ügynöknek, hogy Sohár Pál felesége a ciklodextrines téma megkezdésekor a hazai élelmiszeripari kutatások fő toxikológusa volt. Ő volt az első szakember, aki zöld utat adott a szájon át szedhető ciklodextrinek alkalmazásának, állásfoglalása nagyon sokat lendített a kutatásainkon az 1980-as évek elején. Sohár Pál ezért számomra nemcsak egy tiszteletre méltó tudós professzor. Amikor ezt a felkérő levelet megkaptam, első olvasásra kicsit sokkoló volt számomra, hiszen szabadságon voltam, és ott, akkor próbáltam elfogni, hogy mivel is járhat ez a felkérés. Akkoriban még nem tudtam, hogy a *Magyar Kémiai Folyóirat* általános megítélése a ma-

gyar vegyész körökben nem volt egyértelműen pozitív. Sohár Pál leírása alapján még a fennmaradása is, hogy úgy mondjam, kétséges volt. Ám ő azt mondta, hogy 20 évig küzdött, harcolt azért, hogy az a folyóirat ebben a formájában életben maradjon, mert meggyőződése, és most már az enyém is egy kicsit, hogy a magyar kémiai szaknyelv ápolása napjainkban is nagyon fontos.

Huszthy Péter professzor úr segítőkészsége nagyon sokat jelent számunkra, mivel ő, Sohár Pál mellett, a lap tapasztalt szerkesztője volt. Tőle nagyon sokat tudtuk meg arról, hogy mit és hogyan kell csinálni, hogyan kellene ezt a folyóiratot működtetni. Szerinte a legfontosabb tényező a szerkesztőtárs: olyan valaki, akiben megbízol, akiről tudod, hogy tudományos tekintélye van, fiatal, tettekre kész, esetleg már régóta ismered. Gondolkoztam egy kicsit, majd megkerestem Balogh Gyurit. Az ő pozitív válasza után megkönnyebbültem, és azt válaszoltam Sohár Pálnak, hogy megpróbálom.

Ezt követően igyekeztem megismerni a lap működésének körülményeit – ez turbulensebb időszak volt. Többször beszélgettünk Szalay Péter professzorral, a Magyar Kémikus Egyesületnek elnökével, aki őszintén feltárta, hogy a lap túlélése nincs biztosítva. Fontos volt számomra az elnök úr tényszerű, de biztató hozzáállása. Elmondta, hogy az Egyesület két lapjának a profilja különböző, és ennek így is kell maradnia a jövőben. Eleinte ez zavarosnak tűnt, de Huszthy Péterrel és Balogh Gyurival beszélgetve és egyeztetve sikerült tisztázni, hogy mit szeretnénk, mi a fontos. Most úgy érzem, hogy vállalható, és legjobb tudásunk szerint folytatjuk.

Ami lényeges változás, hogy az eddigi nyomtatott forma helyett a folyóirat elektronikus formában jelenik majd meg. Ennek persze mindenféle következménye van. Ahogy Szalay Péterrel megtudtam, így az előfizetőknek vissza kell téríteni a 2024-es előfizetői díjat, de ez technikailag és anyagilag is megoldhatóan tűnt. Tehát a *Magyar Kémiai Folyóirat* továbbra is önállóan, de ezentúl csak elektronikusan, szabadon hozzáférhetően, vagyis *open access* módon jelenik meg. Tudom, hogy nehéz lesz Sohár professzor nyomdokaiba lépni, de igyekszünk.

LG: Gyuritól is szeretném kérdezni, hogy a saját részéről hogyan élte meg az indulást. Azt most már tudjuk, hogy Lajos felkért téged erre a szerkesztői munkára. Milyen élethelyzetben ért ez, milyen gondolataid voltak róla?

BGy: Kicsit párhuzamban azzal, amit Lajos is elmondott, engem is körülbelül ugyanebben a helyzetben ért a felkérés azzal a különbséggel, hogy engem nem Sohár professzor úr keresett meg, hanem ő. Ahogy az előbb elmondtuk, Lajossal régóta tart a barátságunk, így praktikusán nálam nem nagyon volt kérdőjelezhető, hogy Lajos kérésének ne tegyek eleget. Az azóta eltelt időben annyi érlelődött bennem az egész felkérés kapcsán, hogy a magyar kémiai szaknyelv művelése számomra is dédelgetett területnek számít. Talán jó példa erre, amikor még a Richter munkatársaként Keserű György Miklóssal működtem együtt a Gyógyszerkutatás kémiaja című könyv megírásában, akkor kifejezetten volt olyan közös gondolkodás, hogy vannak szakszavak, amelyekre nincsen magyar megfelelő. A saját kutatási területemen említésre méltó ilyen eszköz a kilencvenhat lyukú „plate”, amiből a kilencvenhat és a lyuk magyarul rendben van, de a „plate” szó nyilván problematikusabb. Tudom, hogy a mai napig is így van. Végül mérőtálca vagy mérőlemez lett az elnevezés, legalábbis a könyvben. Nyilván az embernek van olyan belső indíttatása, hogy talán érdemes lenne kicsit szélesebb körben alkalmazni a szót, de ezt nem lehet elvárni senkitől, kötelezni pedig még kevésbé.



Azon elég korán elkezdünk gondolkodni Lajossal, hogy a folyóirat milyen módon maradhatna hasznos a Magyar Kémikusok Egyesülete számára. A finanszírozási oldalt segíti, ha csak elektronikus, nyílt hozzáférésű formában jelenik meg. Szerintem a legfontosabb a szakmai közösség felé való megfelelés. Azt pontosan megértettük, hogy jó lenne ortogonálisnak maradnunk a *Magyar Kémikusok Lapjával*, tehát a *Magyar Kémiai Folyóirat* szintisztán szakmai jellegű fórum legyen. Ezzel igazából egyikünknek sincs szerintem különösebb problémája, mert nem is akarnánk mást. Lajos biztosan *hardcore* tudós, és remélem, én is legalább részben oda sorolódom, ennek megfelelően más alternatívában egyikünk sem gondolkodik.

Még annyit hozzáténnék ehhez, hogy a folyóirat fenntartását, az olvasói közönség szélesítését azzal is megpróbáljuk elérni, hogy fokozottan használjuk az olyan *online* szakmai fórumokat, mint a *LinkedIn* vagy a *ResearchGate*, s azokon promotálni fogjuk a *Magyar Kémiai Folyóiratot*. Abban reménykedünk, hogy Sohár Pál kérésének és elvárásainak eleget tudunk tenni. Huszthy Péterrel szintén elég régóta barátságban vagyok, ő is győzködött engem Lajossal együtt. Igazából ennek a két embernek a kérésének háttérével számomra nem vetődött fel kérdésként, hogy ezt a szerkesztői munkát ne kötelességemnek érezzem.

LG: Megértem a helyzetet. Én azért lettem a *Magyar Kémikusok Lapja* felelős szerkesztője, mert az előző felelős szerkesztő megkért erre, és nem tudtam neki nemet mondani. A lap kiadója, a Magyar Kémikusok Egyesülete már többször szóba került. Gyuri, te sokáig dolgoztál a Richterben, ahol az Egyesület szakcsoportja rendkívül aktívan működik. Milyen kapcsolatot volt veled?

BGy: Részt vettem benne, minthogy Szántay Csaba professzor úrral és Demeter Ádámmal is igen jóban voltam és vagyok. Nekem az az utolsó emlékem, hogy ők foglalkoztak ezzel a szakcsoporttal a legtöbbet. Időnként cikkeket is publikáltunk magyar nyelven a Magyar Kémikusok Egyesülete folyóirataiban. Én nem vállaltam nagy szerepet, mert voltak ott bőven olyan emberek, akik egyrészt előttem jártak szakmailag, másrészt igen agilisek voltak. Csaba energiaszintjét, elhivatottságát igen nehéz úberelni.

LG: Ugyanezt a kérdést Lajosnak is fel szeretném tenni. Milyen kapcsolatban voltál korábban a Magyar Kémikusok Egyesületével?

SZL: Szinte semmilyenben. Az ipari területen való munkák és a korai szakaszban Szejtlivel folytatott együttműködésünk maximum egy-két publikációt jelentett magyar nyelvű folyóiratban. Tudomásom szerint sokáig még tag sem voltam. Számomra ez teljesen új terület.

LG: Akkor ez olyan szempontból öröndetes, hogy az egyesület két új rendkívül aktív tagot is nyert. A következő kérdésem ahhoz kapcsolódik, amit Lajos említett, hogy a szerkesztőváltást hosszabb tárgyalások előzték meg arról, milyen is legyen a *Magyar Kémiai Folyóirat* jövője. Mik voltak azok az opciók, amelyeket el kellett vetni?

SZL: Tulajdonképpen a mostani elképzelés tartalmilag nem jelent sok változást a korábbi gyakorlathoz képest. Amikor még a tényleg turbulens időkben beszélgettünk erről a jövőképről Gyurival is Huszthy Péterrel, valahogy szóba került, hogy jó lenne, ha lenne a lapnak impaktfaktora. Ez nagyon nagy kihívás, és igen jelentős előrelépés lenne. Igen ám, de ahhoz, hogy ez megtörténjen, sokkal nagyobb publikációs kedvre és vonzerőre volna szükség. Gondoltunk arra is, hogy mi lenne, ha angol nyelven jelenne

meg a folyóirat. Persze rájöttünk, hogy így éppen a lap működésének alapelve dőlné meg, hiszen a koncepció lényege, hogy a magyar nyelvű kémiai szakszöveg éljen tovább.

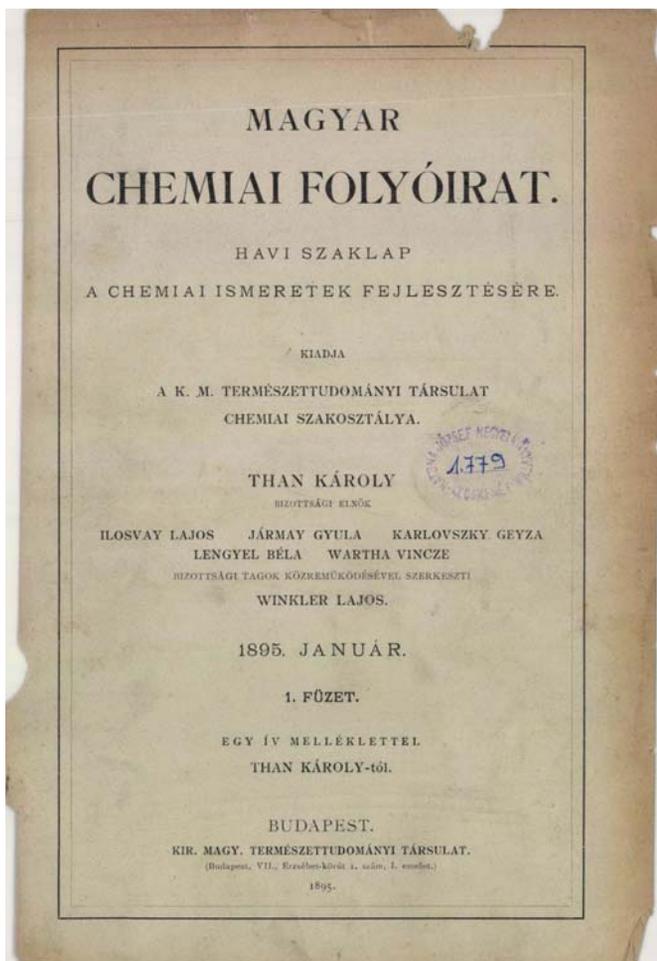
Továbbra is úgy gondoljuk, hogy a *Magyar Kémiai Folyóirat* az eredeti tudományos közlemények és az összefoglaló cikkek helye volna. Jó lenne jeles magyar kutatók komoly munkásságát átfogó cikkeket összefoglalni, de azon még dolgozni kell, hogyan lehet megfelelően el is ismerni egy ilyen mű megírásához szükséges nagy erőfeszítést. Gondolunk kiemelkedő színvonalú diákköri dolgozatok bemutatásán is, hiszen fiatal kutatóknak, doktoranduszoknak ez lehetne az első önálló közleménye. Ugye, itt megint van egy érdekes ellentmondás, hiszen a fiatal, tehetséges kutatók nem feltétlenül arra gondolnak, hogy a *Magyar Kémiai Folyóiratban* teszik közzé elért eredményeiket, és ez a fórum nagyon fontos volna számukra. A lap gerincét képezheti az, hogy a PhD-dolgozatok téziszfüzetei, az MTA doktori értekezések összefoglalói, illetve az akadémikusok székfoglalóinak írott változatai is ebben a lapban jelennek meg. A magyar kémiai nyelv fennmaradásának fontos biztosítéka az, hogy a határon túli magyar szerzők folyamatosan lehetőséget kapnak közleményeik megjelenítésére. Ez nem egyszerű feladat. Már elkezdtem felvenni a kapcsolatot mind erdélyi, mind felvidéki magyar kutatókkal, egy-két pozitív válasz már érkezett is. De gyakran vissza is kérdeztek: tényleg magyarul? A külföldön élő neves magyar kémikusokat is meg kell keresnünk, és tőlük is beszámolókat kérni. Egy biztató visszajelzésem már ebben az esetben is van.

Új elem lehet, és az olvasókat biztosan érdekelheti a nem akadémiai és egyetemi kutatóhelyek, a kis- és középvállalkozások kimagasló kémiai jellegű kutató-fejlesztő munkáinak, e vállalkozások tudományos tevékenységének bemutatása. Szerencsére elég kiterjedt kapcsolataim vannak ezen a téren, és már van is elképzelésem arról, hogy mely helyeket érdemes ezzel a szándékkal fölkeresni.

Nem tudom, lehetséges-e, de elvileg nem kizárt, hogy ezeknek a kutatóvállalatoknak vagy akár az egyetemi-akadémiai kutatóhelyeknek egy-egy sikeres pályázati témájából születnének összefoglaló közlemények. Természetesen itt nem a nagy európai pályázatokra gondolok, hanem a hazai támogatású pályázatokra, ahol a támogató szervezet elő is szokott ilyesmit írni. Szándékunk szerint minden egyes magyar nyelvű közleményt egy tartalmas angol összefoglaló zár le. Ez lehetne például a közlések nyelvi problémáinak feloldása. Az angol nyelvű összefoglalók és az elektronikus hozzáférhetőség következtében a dolgozatok lényege szélesebb olvasói körhöz juthatna el. Gyuri is mondta, és régebben Sohár professzor úr is említette nekem azt, hogy neves, egykor élt magyar kutatókról is közölhetnénk megemlékezéseket. Itt azonban a *Magyar Kémikusok Lapjával* egyeztetésre van szükség, mert fontos az, hogy a két folyóirat témakörei egymást ne zavarják. A terjedelem fontos kérdés lesz, az összefoglaló cikkek esetében elég nehéz megszabni, mi fér bele és mi nem. Azt is rögzíteni kell, hogy angol nyelven már megjelent munkák magyar nyelvű újraközlésétől továbbra is elzárkózunk.

LG: A folyóirat szerkesztőbizottságáról is szeretnék beszélni egy kicsit, amely nem volt túlzottan aktív az elmúlt években. Mennyire ismeritek személyesen a tagokat, illetve tervezitek-e a bizottság átalakítását?

SZL: Szinte mindenkit jól ismerek. Semmilyen komoly változást nem szeretnék az összetételben. Sohár Pál nagyon komolyan felkészített arra, hogy kitől mire számíthatok, és mindegyik kolléga nagyon fontos szerepet tölt be.



Az első szám címlapja

LG: Gyuri, te mennyire ismered a szerkesztőbizottság tagjait?

BGy: Azt kicsit erős lenne kijelenteni, hogy mindenkit ismerek. Felinger Attilát ismerem. Keglevich Györggyel még a richteres éveim alatt oktatási és kutatási tevékenység keretein belül is együttműködtünk. Ezenkívül Szakonyi Zsolttal van személyes kapcsolat, kutatunk is együtt, vannak közös kéziratok. Huszthy Péterrel szorosabb, baráti kapcsolatot ápolunk, Bár Sohár Pált személyesen nem ismerem, de a munkásságát és személyét még így messziről is nagyon tisztetem.

LG: Az új felállás szerint Lajos a főszerkesztő, Gyuri a szerkesztő. Milyen munkamegosztást terveztek egymás között?

SzL: Mindent Gyuri csinál... Nem, nem, természetesen viccelek. Felkéréseket küldünk ki, mindig én indítom el az ügyet, vagyis

az eredet elvileg tőlem van. Amikor operatív tevékenységre van szükség, természetesen akkor Gyuri ott áll szilárdan, fiatalon, dinamikus, energiáit bevetve. Ez most is így történt, az első szárnypróbálgatásunk egy doktori érkezésből származó cikk. A beérkező kéziratot megpróbálom a képességeim szerint a legjobb és legavatottabb bírálói kört megjelölni. Velük Gyuri veszi fel a kapcsolatot, aztán a beérkező bírálatok megint csak hozzám jönnek, és akkor Gyurival egyeztetve lépünk a szerző felé, megírjuk nekik, milyen változtatásokat javasolnak az anonim bírálók. Minden alkalommal két bírálót szeretnénk megnyerni a feladatra, de többnek is írunk, tehát mindig van tartalék bíráló is a tarsolyban, mert tudjuk, hogy nem mindenki tudja vállalni a felkérést. Körülbelül így zajlana: a nehéz operatív munkát és a levelezést, a kapcsolattartást Gyurira bízom, én pedig megpróbálom mindennek a kezdeményezője lenni, és én igyekszem megnyerni azokat a szerzőket, akiktől kéziratot szeretnénk kapni. Így látjuk most. Munka közben természetesen majd csiszolódik, optimalizálódik az eljárás.

LG: Érdekelne még a terjedelmi korlátok kérdése. Ilyenből eddig kétfajta is volt: egyrészt egy cikk nem lehetett hosszabb egy előre megadott oldalszámnál, másrészt egy év alatt szabott oldalterjedelemben kellett tartalmat publikálni folyóiratszinten. Jól sejtem, hogy az elektronikus megjelenési módszerrel lazulnak majd ezek a korlátok?

SzL: Igen, lazább lesz, de nem sokkal lazább. Az elektronikus megjelenés nem jelenti azért, hogy egy cikk terjedelme a duplája vagy akár a többszöröse lehetne, de rugalmasabban lehet kezelni a kérdést. Még kevés a gyakorlatunk, munka közben nyilván finomodik majd a hozzáállásunk. A folyóiratszintű alsó tartalmi mennyiséget mindenképpen követnénk, feltétlenül erre törekszünk.

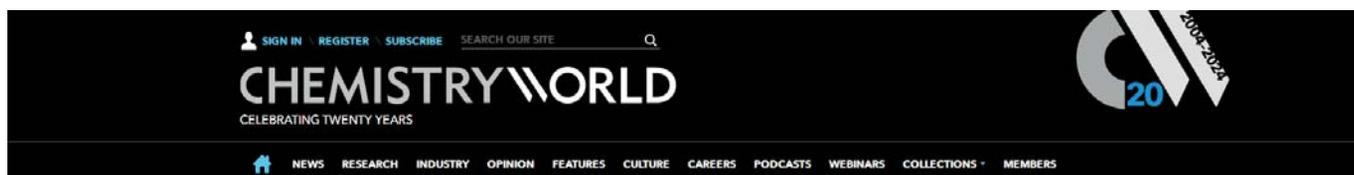
LG: Utolsóként a kéziratbeküldésről szeretnék kérdezni. Ha jól értem, az elektronikus megjelenésre való átállás után erre az e-mail lesz az elsődleges elképzelés.

SzL: Régebben úgy volt, hogy elektronikusan és postai úton is befogadta a szerkesztőség a kéziratokat. Miután a fent említett változás megtörténik, a beküldés és a bírálat is elektronikus formában zajlik a jövőben.

BGy: Web-alapú kéziratbeküldési rendszer használata egyelőre még nem került szóba, de nyilván örülnék neki. Én támogatnám: annak idején voltam vendégszerkesztő az Elseviernél Görög professzor úrral, illetve például az MDPI-nél is működik ez a megoldás. Azt viszont túlzás lenne mondani, hogy mi létre tudnánk hozni egy ilyen platformot mindenféle segítség nélkül. De ha van ilyen lehetőség, akkor – én legalábbis azt mondanám – szívesen vennénk.

Olvasnivalót ajánlok. Az információtárolás egy érdekes lehetőségéről számolt be Kotschy András munkatársaival „High density information storage through isotope ratio encoding” című dolgozatában a közelmúltban, melyről a ChemistryWorld tudósított röviden és közérthető módon. Erre hívnám fel olvasóink figyelmét (<https://www.chemistryworld.com/news/study-demonstrates-how-mixtures-of-isotopologues-can-store-high-density-information/4020116.article>) és egyben a Chemistry World követésére, mely gyorsan, röviden tájékoztat a kémia legfrissebb új eredményeiről.

KT





Lente Gábor

A reakciómérték általános definíciójáról

Már diákkoromban is voltak olyan gondolataim, hogy amit a tudomány részeként tanítanak nekem, az valójában néhány esetben nem is logikus. Meglehet, hogy ez a saját jellemem hiányosságából is fakadt: soha nem tudtam elfogadni, hogy egy tudományos gondolatmenet megértéséhez elégtelenek a szellemi képességeim. Ha valamiről én beláttam, hogy logikus, akkor az tényleg logikus is. Ha valamiről beláttam, hogy nem logikus, akkor az hibás. Persze tévedni tévedtem időnként, de az kijavítható volt, és maradt azért harmadik kategória is: nem tettem elegendő erőfeszítést a kérdés eldöntéséhez. De az ilyen esetekben is mindig hittem, hogy kellő idő alatt képes vagyok erre (már ha elég fontos az ügy).

Azt nagyon hamar megtanultam, hogy az órán tanultakról ilyen típusú kétségeimet csak nagyon korlátozottan szabad a tanárainkkal megosztani. Ilyesmit csak akkor tettem, ha már ismertem az adott oktatót annyira, hogy tudtam, nem lesz valamiféle büntetés egy ilyen kérdés következménye. Így aztán előszörban gondolkodással és persze könyvekben kerestem a válaszokat.

Volt olyan logikai bukfenc is, amelynek a feloldásáig évtizedek teltek el. Csak egyetlen példát hozok erre: már általános kémiából tanultuk azt, hogy a Schrödinger-egyenlet megoldásait a komplex számok halmazában keressük. Ezt pusztán a kijelentés alapján nem tudtam elfogadni, és sokáig senki nem tudta nekem megmondani, miért jó ez így. Mi több, magát a kérdést sem értették: az, hogy ez le van írva a tankönyvekben, már elegendő ok volt (majdnem) mindenkinek. De nem nekem. Az egyenlet független változói az idő és a térkoordináták, valós számok. Azokat a fizikai mennyiségeket, amiket meg akarunk tudni belőle (elektronsűrűség, energia, impulzusmomentum stb.) szintén valós számokkal írjuk le, időnként valós számokból alkotott vektorokkal. Akkor mi szükség van arra, hogy a komplex számok halmazában keressük a megoldásokat? Vagy ha már a valós számok valami miatt nem jók, akkor miért nem egy külön erre a célra definiált Schrödinger-térben tesszük?

Ez a kérdés akkor vált égetően fontossá, amikor először tanítottam egyetlen bevezető kvantummechanikát. Nagy szerencsémre ekkor szembe is jött a válasz, méghozzá Geszti Tamás (fizikus!) *Kvantummechanika* című könyvének 42. oldalán. A válasz az, hogy ha a hullámfüggvényt valósaként képzeljük el, akkor időnként ellentmondásba kerülünk az anyagmegmaradás törvényével. Ellenben ilyesmi soha nem történik, ha a komplex számok halmazában keressük a megoldásokat. Természetesen ezt a magyarázatot matematikailag is alátámasztotta a könyv. 2019 augusztusában Sopronban, a Magyar Fizikus Vándorgyűlésen volt szerencsém személyesen is találkozni Geszti Tamással, el is mondtam neki, hogy a könyve milyen dilemmától szabadított meg.

Ilyen előélettel talán már senkit nem lep meg, hogy saját szűk tudományterületemen, a reakciókinetikán belül is számos logikai

bukfencre akadtam. Olyannyira, hogy angolul megjelent könyvemben (*Deterministic Kinetics in Chemistry and Systems Biology. The Dynamics of Complex Reaction Networks*, Springer, 2015) külön fejezetet szenteltem azoknak a tévhiteknek, amelyek még a terület kutatóiban is gyakran élnek. Ezek közül több is a reakciósebesség meghatározásához kapcsolódik.

Peter Atkins nagy híré tankönyvének 1990-es évek elején készült magyar fordítása például egy reakcióban részt vevő J anyagfajta [J] koncentrációjának időbeli változásán keresztül definiálja a ν reakciósebességet a következőképpen:

$$\nu = \frac{1}{\nu_j} \frac{d[J]}{dt}$$

Itt ν_j (ν a görög nú betűt jelenti, ellentétben a reakciósebesség nyomtatásban éppen ugyanígy kinéző latin „vé” betűjével) a J anyagfajta előjeles sztöchiometriai együtthatója a reakcióban. A tankönyv csak angolul elérhető 12. kiadására (2023) mindez annyit változott, hogy először a ξ reakciómértéket vezeti be a J anyagfajta n_j anyagmennyiségének megváltozása és a sztöchiometriai együttható segítségével:

$$dn_j = \nu_j d\xi$$

Ezután a reakciósebességet a reakciómérték időbeli deriváltja (a reakciómérték megváltozásának sebessége) és a térfogat (V) hányadosaként adja meg:

$$\nu = \frac{1}{V} \frac{d\xi}{dt}$$

Ez a definíció már kicsit jobb az előzőnél, mert nem kell állandó térfogatra korlátozni: a korábbinál bizony kellett volna, de a tankönyvíró számára annyira magától értetődő volt, hogy nem is említette. A súlyosabb problémát viszont még mindig nem szünteti meg: a második módszer is csak akkor alkalmazható, ha egyetlen reakciólépés történik a rendszerben. Ha több reakciólépés van, akkor biztosan lesz néhány olyan anyagfajta, amelynek az anyagmennyisége egynél több folyamatban változik, így sebességeket ez alapján nem lehet definiálni.

A megoldás az, hogy ilyenkor annyi reakciómértékre van szükségünk, ahány reakciólépés van. Ezzel azonban további probléma is akad. Turányi Tamás *Reakciómechanizmusok vizsgálata* című könyvét olvasgatva (Akadémiai Kiadó, 2010) egészen világos, hogy a sztöchiometriailag egyszerűnek tűnő reakcióknak is lehet elég bonyolult mechanizmusa, az ilyenekben pedig a reakciólépések száma rendszeresen nagyobb, mint a részt vevő anyagfajtaé. Ezekben az esetekben még csak próbálkozni sem érdemes azzal, hogy a komponensek anyagmennyiségéből kiindulva definiáljuk a reakciómértékeket, hiszen ehhez biztosan nem lesz elég adat.

Ilyen jellegű probléma az összetett egyensúlyi rendszerek világában is létezik: az egyensúlyokban részt vevő anyagfajta száma általában lényegesen kisebb, mint a lehetséges egyensúlyi reakcióké. Részben emiatt fejlesztette ki a néhai Nagypál István professzor kutatórsaival együtt a válaszreakciók elméletét,



amelynek rövid összefoglalóját magyarul is el lehet olvasni (*Magy. Kém. Foly.* 1998, 104, 395–401). Ezen a területen szerencsés körülmény, hogy a különböző reakciók egyensúlyi állandói a termodinamika potenciálfüggvényein keresztül kapcsolódnak. A reakciókinetikában az ilyen kényszerkapcsolatok rendszere viszont sokkal korlátozottabb.

A többlépéses rendszerek reakciómértékeinek meghatározásához két magyar kollégám, Gáspár Vilmos és Tóth János talált logikus utat, amit a nemzetközi szakirodalomban nemrég publikáltak is (*Chaos* 2023 33, 043141). Gáspár Vilmos fizikai kémikus, még a Debreceni Egyetemen tanított engem: azon kevesek közé tartozott, akinek mertem az általam logikátlannak tartott tankönyvi dolgokról is beszélni, mi több, néha ellent is mertem neki mondani. Tóth János matematikus a Műegyetemen, őt csak később ismertem meg, az utóbbi két évtizedben viszont elég rendszeresen beszélgettünk a reakciókinetika matematikai problémáiról.

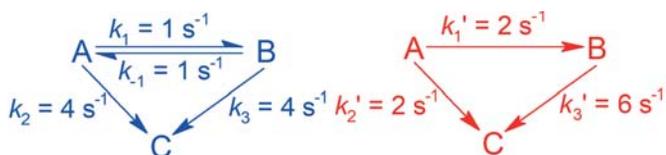
Ahogy már volt róla szó, többlépéses folyamatokban a reakciómérték definiálásához általában nem elegendő a koncentrációk ismerete, plusz információra van szükség. Vilmos és János a szükséges plusz információt az egyes lépések sebességi egyenleteként azonosította. Ez valóban remek ötlet: egyrészt a kinetikában azt gondoljuk, hogy még a legbonyolultabb reakciórendszert is vissza tudjuk fejteni elemi reakciók sokaságára, másrészt az elemi reakciók sebességi egyenletének alakját a kinetikai tömeghatás törvényének következtében elméletileg is ismerjük.

Ezen logika mentén szabatos definíciót tudtak megadni. Ha $f_i(\mathbf{c})$ az a függvény, amely megadja az i -edik reakciólépés sebességének függését a koncentrációktól, akkor az ehhez tartozó ξ_i reakciómérték:

$$\xi_i(t) = V(t) \int_0^t f_i(\mathbf{c}(\tau)) d\tau$$

Ebben az egyenletben $\mathbf{c}(\tau)$ a koncentrációk vektorát jelenti, a zárójelben lévő τ pedig arra emlékeztet, hogy ez bizony az idő függvénye. A kinetikában fontos apróság, hogy $f_i(\mathbf{c})$ csakis a koncentrációkon keresztül függ az időtől, más módon nem. Ezt a sebességi egyenletek autonóm tulajdonságának nevezik. A reakciómértékek a koncentrációk időfüggésére és a sebességi egyenletekre alapozva mindig kiszámíthatóak az előző képlettel. Az így definiált reakciómérték nem okoz zavart a korábbival való összevetésben sem: tulajdonságai egyetlen reakciólépésre alkalmazva pontosan megegyeznek a tankönyvekben definiált, előbb bemutatott változatával.

Az új definíció használatát és hasznát két példa mutatja be a következőkben. Tekintsük a következő két mechanizmust:



A **kék mechanizmusban** A és B megfordítható elsőrendű reakcióban egymásba alakul, s irreverzibilis folyamatban mindkettő ugyanazt a C végterméket adja. Az egyes részlépések reakciómértékei:

$$\begin{aligned} \xi_1(t) &= V(t) \int_0^t k_1[A](\tau) d\tau & \xi_{-1}(t) &= V(t) \int_0^t k_{-1}[B](\tau) d\tau \\ \xi_2(t) &= V(t) \int_0^t k_2[A](\tau) d\tau & \xi_3(t) &= V(t) \int_0^t k_3[B](\tau) d\tau \end{aligned}$$

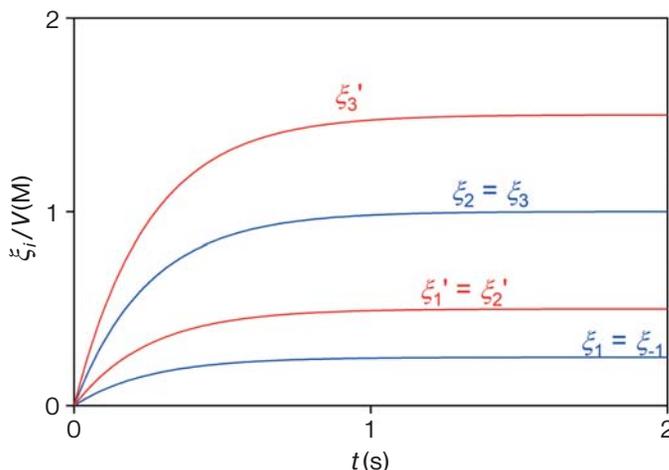
A **piros mechanizmusban** ellenben csak A alakulhat át B-vé, megfordítva nem, és a sebességi állandók értéke is különböző. Itt a reakciómértékek:

$$\begin{aligned} \xi_1'(t) &= V(t) \int_0^t k_1'[A](\tau) d\tau & \xi_2'(t) &= V(t) \int_0^t k_2'[A](\tau) d\tau \\ \xi_3'(t) &= V(t) \int_0^t k_3'[B](\tau) d\tau \end{aligned}$$

A két példa összevetésének érdekessége, hogy ha A és B kezdeti koncentrációja azonos, amit az egyszerűség kedvéért 1 mol/dm³-nek veszünk ($[A]_0 = [B]_0 = 1 \text{ M}$), C kezdeti koncentrációja pedig 0, akkor az egyes részecskék koncentrációjának időfüggését a különböző mechanizmusokban éppen azonos koncentráció-idő görbék írják le:

$$[A](t) = [B](t) = e^{-4t/s} \times 1 \text{ M} \quad [C](t) = (1 - e^{-4t/s}) \times 2 \text{ M}$$

Az általános módon definiált reakciómértéket a következő ábra mutatja be:



Noha, mint már észrevettük, a kék és a piros mechanizmus pontosan azonos időfüggést jósol ilyen kiindulási körülmények között az összes anyagfajta (A, B, és C) koncentrációjára, a reakciómértékek látványosan különböznek, hiszen nem azonos mechanizmusokról van szó.

A definícióból látható, hogy a reakciómérték dimenziója az anyagmennyiségével egyezik meg, és szemléletes jelentése a valóban lejárt reakcióesemények száma molban kifejezve. Komplex reakciórendszerek, például periodikus vagy kaotikus folyamatok esetében ennek nagy a jelentősége, mert segíti a rendszer időbeli változásainak megértését: ezért is publikálták a szerzők a *Chaos* című folyóiratban.

Azt gondolom, hogy a két magyar kutató javaslata alapvető elvi problémára nyújt kényelmes megoldást, s ezt a gondolatmenetet a jövő tankönyveiben is szívesen viszontlátnám.



Hargittai István

■ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

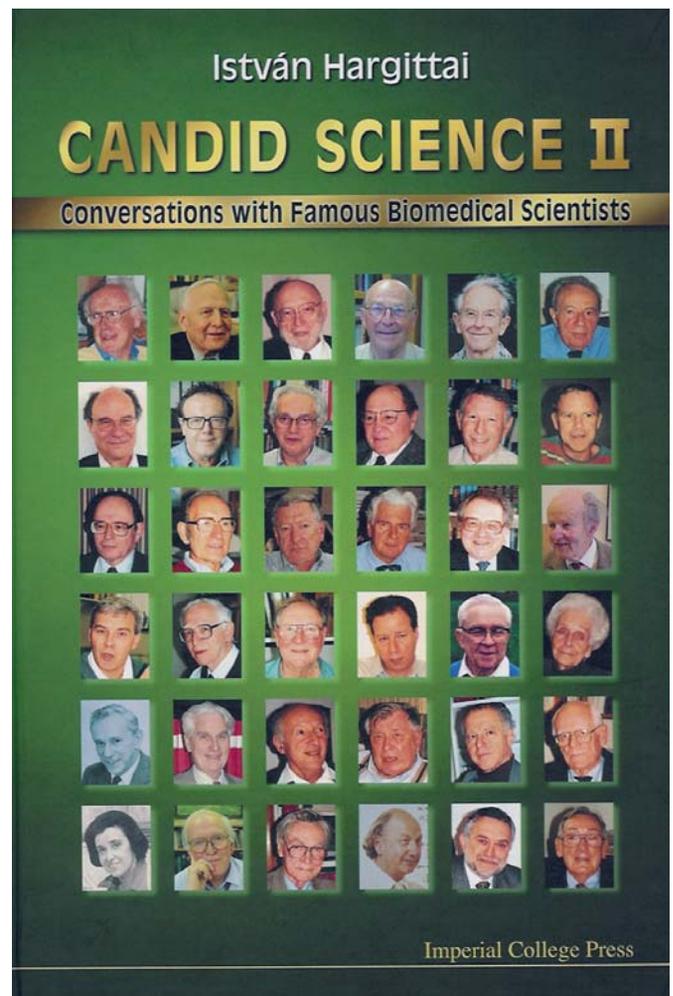


HARGITTAI ISTVÁN FELVÉTELE

Sir George K. Radda – Radda György Károly emlékének adózva

2024. augusztus 13-án elhunyt a világhírű biokémikus, George K. Radda (1936–2024) – Radda György Károly. Győrben született, a Pannonhalmi Bencés Gimnáziumban érettségizett. Egyetemi tanulmányait az ELTE TTK vegyész szakán kezdte. Az 1956-os forradalom leverése után elhagyta Magyarországot, és az Oxfordi Egyetemen szerzett vegyész diplomát, majd doktori címet. Poszt-doktorként dolgozott a Kaliforniai Egyetemen, Berkeley-ben, 1961 óta pedig különböző pozíciókat töltött be az Oxfordi Egyetemen. Kezdetől fogva kötődött a híres Merton College-hoz, ahol 1984-ben kapott professzori kinevezést. 1980-ban a Royal Society (London) tagjává, 1999-ben az Academia Europaea (London) tagjává választották, és számos díjat, kitüntetést kapott. 1996-tól 2004-ig volt a brit Medical Research Council (MRC) vezető tisztségviselője. 80 éves korától számított nyugdíjasnak, de tevékenysége nem utalt a korára. Évekig vezette az Oxfordi Egyetem egyik fontos orvosi biológiai tanszékét, Szingapúrban vezető tudománypolitikai tisztségeket töltött be és kezdeményező szerepet játszott a szingapúri tudomány fejlesztésében. Magyarországon is fontos elismerésekben részesült, többek között az MTA tiszteleti tagja (2010) és a Corvin-lánc tulajdonosa (2018) volt.

Az MRC különleges szerepet töltött be az orvosi biológiai kutatások fejlődésében. A történet a Cambridge-i Egyetem világ-híres fizikai kutatóhelyével, a Cavendish Laboratóriummal kezdődött. Ernest Rutherford után W. Lawrence Bragg, a röntgenkristallográfia Nobel-díjas úttörője lett a Cavendish Laboratórium igazgatója. Bragg a 2. világháborút követően felismerte, hogy a Cavendish addigi hagyományos területén, az atomfizikában már nem tudná megőrizni vezető helyét, és merészen két új irányba terelte a Laboratórium kutatásait. Az egyik az asztrofizika volt, a másik a röntgenkristallográfia. Mindkettő Nobel-díjjal elismert eredményeket hozott. A röntgenkristallográfiai kutatások megvalósításához Bragg 1947-ben az MRC akkori vezetőjéhez, Edward Mellanbyhoz fordult támogatásért, mert az orvosi biológiában remélték ezeknek a kutatásoknak a hasznosítását. Perspektivikusan nagy horderejű ügyről és rendhagyó kutatástámogatásról volt szó, ami akkoriban párját ritkította: orvostudományi kutatásokra szánt támogatásokat adjanak egy fizikai laboratóriumnak! A levéltári adatok szerint Bragg és Mellanby közös klubjukban beszéltek meg az akkor még szokatlan akció részleteit – igazi kalandfilmbe illő történet, de tudománytörténeti hordereje valóságos. Számomra az MRC és vezetője ilyen, szinte romantikus jelentést hordozott, ezért is készültem nagy várakozással a George Raddával való beszélgetésre.



Candid Science II, Radda portréja a harmadik sorban, jobbról a második. A fedélen látható 36 interjúalany közül 27 Nobel-díjas

Találkozásunk idején az MRC vezetői tisztségén kívül Sir George K. Radda töltötte be az Oxfordi Egyetemen a brit szív-alapítvány által szponzorált „molekuláris kardiológia professzora” állást. Az elnevezést annak idején ő maga találta ki. 2000. február 11-én az MRC londoni központjában rögzítettünk egy hosszú interjút, amelynek néhány részletét közöljük magyar fordításban. A kutatásaira vonatkozó rész természetesen messze nem teljes, de felvillannak benne vonzó emberi tulajdonságai is. Egy másik rész arról szól, hogy milyen utat tett meg egy győri



George K. Radda 2000-ben a brit Medical Research Council központjában (Hargittai István felvétele)

születésű vegyész-biokémikus a brit orvosbiológiai kutatások csúcsa felé. A teljes beszélgetés megjelent a *Candid Science* című hatkötetes könyvsorozatunk második kötetében.¹ A beszélgetés egyik szakaszában (ezt itt nem közöljük) Radda professzor összehasonlította az MRC lehetőségeit és teljesítményét az amerikai National Institutes of Health (NIH) szervezetével. Hangsúlyozta a két szervezet eredményes baráti együttműködését, de büszke volt az NIH költségvetésének töredékével működő MRC eredményeire. A sok jellemző egyike, hogy már 2000-ig 16 későbbi Nobel-díjas kutatásait támogatták és 2000 óta ez a szám jócskán növekedett.

Régóta érdekel a nagy magyar tudós emigránsok pályája, munkássága. Sokan voltak, vannak, de tudományos igényű, általános következtetések levonására nem elég nagy a minta. Erős benyomás azonban, hogy kiváló alapkutatói eredményeik mellett szinte mindannyian törekedtek tudományos eredményeik hasznosítására. Ebben is kiváló példa Radda György pályája és munkássága.

És most a részletek a beszélgetésünkből:

Kutatások

A munkám széles körű tevékenységet ölel fel. Kémikusként kezdtem, majd a doktori fokozat megszerzése után biokémiára váltottam. Az 1960-as évek végén, az 1970-es évek elején az enzimszabályozás mechanizmusának vizsgálatától indulva olyan kérdésekig haladtam, hogy például hogyan lehet az oldatban levő enzimekről tanultakat átültetni a sejtbeli *in vivo* működésükre. Egyre bonyolultabb rendszereket vizsgáltam, az egyes enzimektől az enzimek kölcsönhatásain át a mitokondriumig, végül az egész sejtig.

Amikor már úgy gondoltuk, hogy mindent megtudtunk, amit csak tudni lehet egy bizonyos enzim aktivitásáról (történetesen

¹ I. Hargittai, George K. Radda, in M. Hargittai (ed.) *Candid Science II: Conversations with Famous Biomedical Scientists*, Chapter 17. London: Imperial College Press, 2002, 266–279.

a foszforiláz enzimről volt szó), fordulópont következett be. Ebben a témában akkoriban debreceni kollégákkal dolgoztam együtt. Már ismertük az enzimszabályozás mechanizmusát oldatban, és azt akartuk kideríteni, hogy ez hogyan jelenik meg a sejtben. A kérdés az volt: minden ugyanúgy van-e vagy nagyon is eltérően.

Az 1970-es évek közepén kezdtünk el gondolkodni azon, hogyan lehetne nyomon követni a kémiai eseményeket, szerkezeteket és kölcsönhatásokat egy ép sejtben vagy akár egy ép szervben. Sokat dolgoztunk magmágneses rezonanciával (NMR), szerkezeteket és oldatokat tanulmányoztunk, és akkor felvetődött, hogy használjuk az NMR-t a sejt belsejének vizsgálatára. 1974-ben a mi csoportunk mutatta meg elsőként, hogy ez lehetséges. Beletettünk egy izomdarabot az NMR-berendezésbe, és azonosítottunk néhány sejtrel vonatkozó kémiai jelet, olyan molekulákat, mint az adenosin-trifoszfát (ATP). Sikertült megvizsgálnunk az enzimreakciók bioenergetikai következményeit, a mitokondriumok működését és így tovább. A legelső kísérlet, amit az izomban végeztünk, azt mutatta, hogy amit a foszforiláz enzim oldatos viselkedéséről tanultunk, az nem alkalmazható arra, ami a sejtben történik. Ezért azt mondtuk, hogy most már tényleg vigyük tovább ezeket a kutatásokat.

Az erről szóló 1974-es első publikációnk óta kifejlesztettük az egyes szervek vizsgálatára alkalmas NMR-módszereket. Legtöbbet a szív vizsgálatával foglalkoztam, a szív működés és a szív bioenergetikája közötti kapcsolat tanulmányozásával. Aztán felmerült, hogy ha meg lehet vizsgálni egy izolált szívet, miért ne lehetne egy élő állat szívé is. Így kifejlesztettük azt a technológiát, amellyel élő állatok biokémiáját is vizsgálhatjuk. Ezt a kutatást aztán egészen az emberig vittük.

Az 1980-as évektől kezdve én állítottam fel először a ma magmágneses rezonanciaspektroszkópiának (MRS) nevezett klinikai berendezést, hogy a klinikai problémákat az alapvető biokémiai folyamatokat párhuzamos eszközökkel tanulmányozhassuk. Ez volt a legtermékenyebb és legizgalmasabb időszakom: egy nagy klinikai egységet vezettem, ahol sok orvos vizsgálta a betegeket. Három- vagy négyezer beteget vizsgáltunk, sokféle betegséget, szív-



Példaképek

A tudományos gondolkodásban Melvin Calvin hatott rám a legerősebben. Rodney Porter is óriási egyéniség volt, ugyanakkor barátságos és nagyon támogató. Komolyan vette a tudományos munkát, de jó humorérzéke is volt. Valószínűleg ők ketten hatottak rám a legjobban, az egész életemre, mindenki másnál jobban.

Ambíciók

Szeretnék úgy zongorázni, ahogy az igazi zongoraművészek, de reménytelenül rosszul játszom. Arról álmodom, hogy kezembe veszek egy hangszert, improvizálok, és gyönyörűen muzsikálok.

A kutatások várható iránya

Azért következett be robbanásszerű fejlődés a tudományunkban, mert az emberi genom szekvenálásával és a teljes genetikai információ megszerzésével hozzáférhetünk a sejtben valamilyen formában jelen lévő összes molekulához. Ha meg akarjuk érteni, hogy mit csinálnak ezek a molekulák, az ép szervben végzett funkcionális vizsgálatokkal kell feltárunk és megértenünk az izolált molekula szerkezeti tulajdonságait. Ez az a kutatási terület, amely előttünk áll, és erre kell nagy kutatási potenciálokat koncentrálni. A következő tíz-tizenöt év rendkívül izgalmas lesz az orvosi biológiai kutatásokban, mert a sejtműködés vizsgálatának módja teljesen átalakul.

Üzenet a fiataloknak

Az üzenetem optimista; a tudományra és az orvosi biológiára vonatkozik. Ez az évszázad, az egész új évezred a tudományon alapuló orvostudomány hatalmas változásainak évszázada és évezrede. Arra ösztönzöm a fiatalokat, hogy célozzák meg ezeket a kutatási területeket.

betegségeket, súlyzavarokat, és megpróbáltuk megérteni a betegséghez kapcsolódó alapvető biokémiát. Modellvizsgálatokat végeztünk állatokon, izolált szöveteken és sejteken, hogy megállapítsuk az összefüggéseket. Ennek szenteltem a legtöbb energiámat. Ez a munka Oxfordban folyt; én vezettem a biokémiai tanszéket és az MRC Klinikai és Biokémiai Mágneses Rezonancia Egységét is az oxfordi kórházban. Két helyszínen dolgoztam, egy klinikai és egy alapkutató csoporttal. Amikor az MRC vezetője lettem, összeférhetlenség miatt fel kellett adnom az MRC-csoportomat. De még mindig van egy tanszéke Oxfordban, amelyet a British Heart Foundation támogat; a molekuláris kardiológia professzora vagyok.

Győrtől a brit tudomány csúcsa felé

Győrben születtem. Édesapám ügyvéd volt, a bencés rend ügyvédje is. Így a bencés rend pannonhalmi iskolájába jártam. Amikor kijöttem Angliába, az Eötvös Egyetem másodéves vegyész-hallgatója voltam. Úgy döntöttem, hogy a történelem után nincs sok jövője a tudománynak Magyarországon. A szüleim ragaszkodtak hozzá, hogy ha elmegyek, vigyem magammal a testvéreimet is. Hárman jöttünk ki, én voltam a főnök. Az öcsémet egy ausztriai iskolában helyeztük el, a nővérem Belgiumba ment, én pedig véletlenül Angliába kerültem. Ennek is megvan a története. Apámnak a bencéseken keresztül voltak kapcsolatai Bécsben. Így jutottunk szálláshoz, amíg eldöntöttük, hogy mit csináljunk.

Bécsben akkoriban diákokat kerestek az egyetemek. Mivel Pannonhalmi olasz tannyelvű iskola volt, folyékonyan beszéltem olaszul, és kaptam is ösztöndíjat Padovába, de angol nyelvű országba akartam menni, bár angolul nem tudtam. Komoly tudományos munkát akartam folytatni, és ahhoz mindenképpen meg kellett tanulnom angolul. Összefutottam egy újságíróval, aki azt mesélte, hogy az Oxfordi Egyetemről érkezett Bécsbe az egyetem két munkatársa, akik diákokat interjúvolnak. Elmentem hozzájuk, és másnap már repülőn ültem: irány Anglia. Szokás szerint nem tettek ígéretet arra, hogy felvesznek, de négyünket elvittek Oxfordba, ahol elkezdtek beszélgetni velünk, hogy megállapítsák, alkalmasak vagyunk-e Oxfordra. A Merton College kémia tanárához kerültem – a Merton még ma is a College-om. A vizsgáztatóm csak angolul tudott, én ugyan több nyelven beszéltem, de angolul nem. Ezért elővett egy periódusos rendszert, és elkezdett mutogatni, nekem pedig összefüggéseket kellett találnom, hogy meggyőzzem, eléggé tudom a kémiát ahhoz, hogy Oxfordban tanulhassak.

Doktori tanulmányaim befejezése után egy évre külföldre mentem, a kaliforniai Berkeley-be, ahol a Nobel-díjas Melvin Calvin mellett dolgoztam. Calvin nagy hatással volt a kutatói fejlődésemre. Az előző évben kapott Nobel-díjat, a feszültség már felengedett, és azon gondolkozott, hogyan tovább. Úgy döntött, hogy a memóriával foglalkozik, és elkezdett néhány kísérletet – elképesztő fantáziával dolgozott. A tudományos kérdések megközelítésére is megtanított; azt mondta: „Az első és legfontosabb dolog a megfelelő probléma kiválasztása. Miután kiválasztottad a problémát, utána kell menned, és ha új módszerek kell kifejlesztened, akkor új módszereket kell kifejlesztened.” Sokat tanultam tőle – még a tanári attitűdről is. Nagyszerűen bánt a diákjaival, a posztdoktoraival; a szemináriumi programjában mindig mindenben naprakész volt. A legrázósabb kérdéseket tette fel, de anélkül, hogy tönkretette volna az embert. Nem az a tipikus agresszív amerikai volt. Nála tértem át lassan a kémiáról a biokémiára.

Amikor visszamentem Oxfordba, a kémiáról a biokémiai tanszékre kerültem, amelyet [a Nobel-díjas] Hans Krebs vezetett. Meg volt arról győződve, hogy az oxfordi rendszer, ahol oktatni kellett és előadásokat kellett tartani, teljesen ellentétes az egyén tudományos fejlődésével. Az ő tanszékén dolgoztam, amikor ösztöndíjat és oktatói állást ajánlottak nekem a Merton College-ban, szerves kémia szakon, bár akkor már biokémikusnak számítottam. Ezt meg kellett beszélnem Krebszel, mert a váltás nyilvánvalóan befolyásolhatta, hogy kapok-e állandó állást a biokémián. Krebs azt mondta: „Ha elfogadod ezt az állást a Mertonban, garantálom, hogy soha nem lesz belőled biokémikus.” Szilárdan meg volt győződve arról, hogy a kémiát és a biokémiát nem lehet produktívan összekapcsolni úgy, hogy biokémikus maradhassak. Az oktatási terhelést is lehetetlennek tartotta. Határozott véleménye ellenére elfogadtam az állást a Mertonban, és maradtam a biokémián, mivel az ösztöndíjam ezt lehetővé tette. Három évvel később kaptam egy biokémiai oktatói állást.

Végül Krebs visszavonult, és [a Nobel-díjas] Rodney Porter követte. 1980-ban a Royal Society tagja lettem. Krebs már nem volt a tanszéken, de még élt, és keményen dolgozott valahol az egyetemen. Azon a reggelen, amikor bejelentették a megválasztásomat, átjött a tanszékre, és életében először besétált a laboromba. Ilyenre még akkor sem került sor, amikor ő vezette a tanszéket; annyira zárkózott volt, hogy kényelmetlenül érezte magát, amikor más laborjába lépett be. Tehát húsz évvel azután, hogy tanácsot adott nekem – amit nem fogadtam meg –, besétált a laboromba, és azt mondta: „Azt hittem, soha nem lesz belőled biokémikus.”





Tétényi Pál (1929–2024)

Tétényi Pál kémikus akadémikus elhunyt 2024. szeptember 8-án, 95. évében. Tudós kutató volt, aki kutatásait elsősorban a fém-organikus kémia, az adszorpció jelensége és a szerves katalízis területén folytatta. Tudományszervező volt, aki alkotóan járult hozzá a hazai kutatóintézet-hálózat kialakításához. Tudomány-politikus volt, aki ebben a minőségben inkább a tudományra, mint a politikára helyezte a hangsúlyt.

Tétényi Pál 1929. október 3-án született Budapesten. Életének első 15 évét, különösen pedig középiskolás életét nagyban meghatározta a Horthy-korszak diszkriminatív politikája. Amikor az 1939-es zsidóellenes törvénykezés az egyetemeken érvényesített *numerus clausus*hoz hasonló szellemű korlátozásokat vezetett be a középiskolákban, Tétényi szerencsésen az egykori legendás Berzsenyi Gimnáziumban szervezett zsidó osztályban tanulhatott. A Berzsenyi egészen 1944 áprilisáig igyekezett zsidó tanulóinak is, amennyire lehetett, normális tanulási lehetőségeket biztosítani. A jelenlegi Berzsenyi Gimnázium honlapja Tétényi Pált is felsorolja a később híressé vált tanulói között.

Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetemen kezdte vegyészmérnök-hallgatóként, majd a Lomonoszov Moszkvai Állami Egyetem Kémiai Karán folytatta, ahol 1954-ben kapott kutató kémikus oklevelet. A következő 3 évben ugyanezen a karon a Szerves Katalízis tanszéken vett részt posztgraduális képzésben és kutatásban – ún. aspirantúra keretében –, és lett 1957-ben a kémiai tudomány kandidátusa (a mai PhD ekvivalense). Tanulmányai Alekszej A. Balangyin professzor volt rá a legnagyobb hatással, aki legfontosabb elméleti eredményeit a katalízis mechanizmusának úttörő molekuláris tárgyalásában érte el. Balangyin egyre magasabb egyetemi tisztségeket töltött be, miközben pályáját három esetben is koholt vádakon alapuló letartóztatása és elítélése szakította meg. Balangyin dékánása és egyik letartóztatása Tétényi moszkvai tanulmányai idején történt. Tétényi később hosszabb tanulmányúton volt a Glasgow-i Egyetemen.

Tétényi Pál hazai tudományos kutatásait az MTA Központi Kémiai Kutatóintézetében kezdte, és egész tudományos pályafutása az egykori akadémiai intézethálózatához kötődött. Az egykori MTA Izotópkutató Intézet igazgatójaként töltött sok évet, majd annak utódintézeteiben dolgozott tudományos tanácsadóként, kutatóprofesszorként. Az egykori József Attila Tudományegyetemen oktatott címzetes egyetemi tanárként. 1970-ben – a mai gyakorlatból visszatekintve nagyon fiatalon – lett az MTA levelező tagja, 1979-ben rendes tagja. A különböző periódusokban betöltött tudománypolitikai tisztségei közül megemlítem a következőket: az MTA főtitkárhelyettese, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (államtitkár-rangú) elnöke, az Országos Atomenergia Bizottság elnöke, a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének alelnöke, a Kossuth- és Állami Díj Bizottság alelnöke. Néhány további tisztsége: a Minisztertanács Tudománypolitikai Bizottságának titkára, a Magyar Szocialista Munkáspárt Központi Bizottságának tagja, a Magyar Szocialista Munkáspárt Központi Bizottsága Tudományos, Kulturális és Közoktatási Osztályának vezetője. Állami és párttisztségeiről 60. születésnapja alkalmával lemondott. Akadémikusként aktív élete végéig érdeklődött a tudománypolitika iránt.

Akadémiai Díjat, Állami Díjat (ezt két kiváló fiatalabb munkatársával, Gucci Lászlóval és Paál Zoltánnal megosztva), több további állami kitüntetést kapott, valamint fővárosi és kerületi elismerést. A Svéd Királyi Mérnökakadémia külföldi tagjává vá-

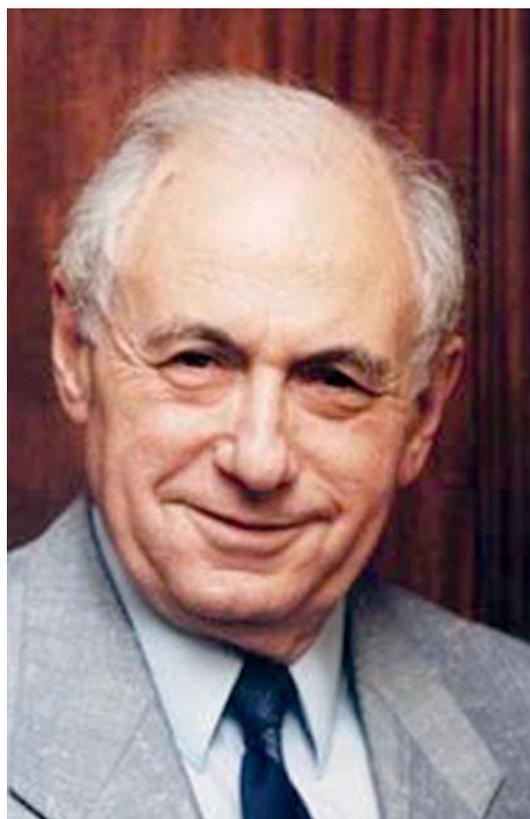


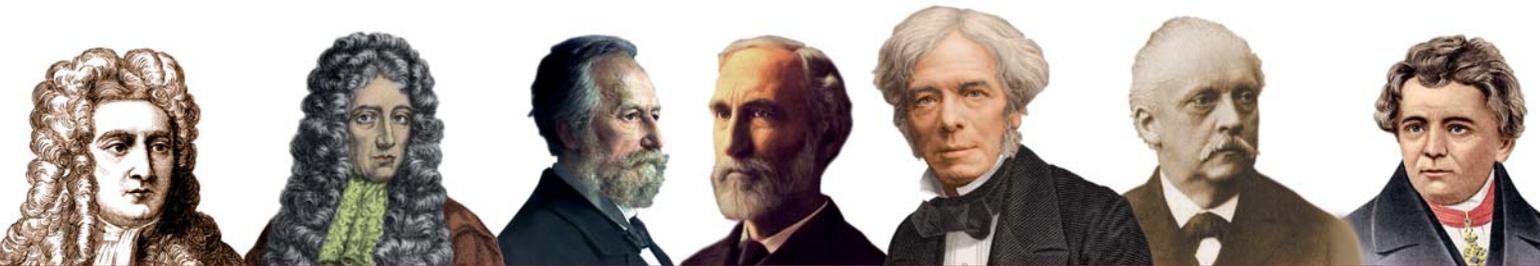
FOTO: MTA-HU

lasztotta, a Pannon Egyetem tiszteletbeli doktorsággal ismerte el érdemeit.

Sokkal hosszabb méltatásban lehetne tudományos kutatásait, összes tisztségét és kitüntetését felsorolni, de azt remélem, hogy a fentiek érzékeltetik a Tétényi Pál által befutott nagy ívű pályát. De milyen volt emberként? Ebben személyes emlékekre hagyatkozom. Engem fiatal, számára ismeretlen kezdő kutatóként fogadott és adott tanácsot (nem beavatkozást ajánlott fel). Aztán vagy harminc évig osztályüléseken találkoztunk, és az ülést követően gyakran sétáltunk együtt az Akadémia székházától a Jászai Mari térig. Nyilvánvaló volt, hogy nem ugyanarra a pártra szavazunk, de ez nem zavart, mert közös alapokból kiindulva vitakoztunk sok kérdéstről. Ezekon a sétákon gyakran beszélt Balangyinról, szerette volna Balangyin egyik könyvét magyarul megjelentetni. Egyetemi hallgatóként én is hallgattam Balangyint; nekem már csak a 65 éves korára megfáradt professzor monoton előadásai jutottak, míg Tétényi aktív kutatóként, mentorként ismerhette. De jó kapocs volt közöttünk. Egyik alkalommal Balangyin fényképét is elhozta magával az osztályülésre, hogy megmutathassa nekem. Bekeretezett kép volt, valószínűleg dolgozószobája faláról.

Az osztályüléseken halkszavúan, de kitaró következetességgel érvelt. Legszenvédélyesebbnek akkor láttam, amikor az Izotópkutató Intézet függetlenségének visszanyerését szerette volna elérni (sikerült). Amikor csak lehetett, hivatkozott a létező szabályokra, amelyeket jól ismert, és amelyeket sokan, akik azokat kevésbé ismerték, szívesen ignoráltak volna. Fontosnak tartotta egy-egy tudományos kutató értékelésében az iskolateremtést és a fiatal kutatók mentorálását. A magyar tudományosság egyik hosszú és még hosszabb időre kiható korszakának alakulásán ott marad a kézjegye. Bennünk pedig a kolléga, a barát tiszteletre méltó emléke.

Hargittai István



KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

A Raoult-törvény

Tiszta anyagok gőznyomásáról már az előzőekben írtunk (lásd Clausius–Clapeyron-egyenlet). Azt többen is megfigyelték, hogy ha folyékony oldószerben olyan anyagot oldunk fel, amelynek az adott hőmérsékleten nincs mérhető gőznyomása (tenziója), így például cukrot vagy sót vízben, az oldószer egyensúlyi gőznyomása kisebb lesz (p_1), mint amit a tiszta oldószerre mérhetünk ugyanolyan hőmérsékleten (p_1°). François Marie Raoult volt az, aki hosszú évekig tartó gondos kísérletezés után megállapította ennek a jelenségnek a törvényszerűségeit az 1880-as években. Megfogalmazta, hogy híg oldatok esetén az oldószer relatív gőznyomás-csökkenése ($\Delta p_1 = p_1^\circ - p_1$) arányos az oldat molalitásával (m). A molalitást Raoult-koncentrációnak is nevezik, bár a koncentráció kifejezés szigorúan nem érvényes, mert azt definíciószerűen térfogategységre vonatkoztatjuk. Az arányossági tényező (C) nem függ az oldott anyag anyagi minőségétől, hanem csak az oldószerétől (annak M_1 molekulatömegétől). Eszerint

$$\Delta p_1 / p_1^\circ = C m. \quad (1)$$

Ez a róla elnevezett törvény egyik alakja.

A C tényezőről Raoult kimutatta, hogy az $M_1/1000$, azaz az oldószer mólszáma 1000 g oldószerben, amelyre az m molalitást vonatkoztatjuk. Következésképpen

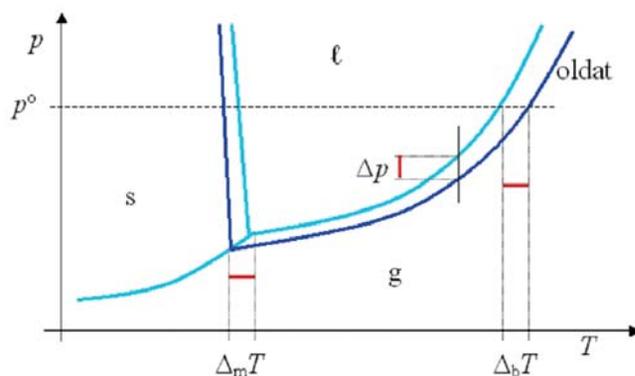
$$M_1 m / 1000 = n_2 / n_1, \quad (2)$$

vagyis az oldott anyag és az oldószer mólszámainak viszonya, ami híg oldatban gyakorlatilag azonos az oldott anyagra vonatkozó móltörttel. Az oldatban az oldószer x_1 móltörtjének és az oldott anyag x_2 móltörtjének az összege: 1. (Akárhányféle oldott anyag lehet, akkor x_2 helyett $\sum x_i$ -vel számolunk.) Viszont a Raoult-törvény csak híg oldatokra érvényes ($x_1 \gg x_2$, illetve $x_1 \gg \sum x_i$ esetén), ekkor jó közelítéssel $x_1 \sim 1$, és

$$p_1 / p_1^\circ = x_1. \quad (3)$$

Ez a Raoult-törvény egyik gyakorta használt formája [1]. Fontos megjegyezni, hogy a Raoult-törvény érvényes folyadékelegyekre is. Itt az elegyítési aránytól függően hol az egyik, hol a másik folyadék az oldószer. A Raoult-törvény itt is abban a koncentrációtartományban érvényes, amelyben az egyik komponensre nézve az elegy híggnak tekinthető. Kivételt képeznek az ideális elegyek; ilyenkor a teljes koncentrációtartományban érvényes a Raoult-törvény. Ezek általában hasonló kémiai felépítésű molekulák elegyei (például benzol-toluol).

Könnyen beláthatjuk, hogy a fagyáspont-csökkenés és a forráspont-emelkedés is a gőznyomás csökkenésével van kapcsolatban. A nyomást a hőmérséklet függvényében ábrázolva (1. ábra) a viszonyok könnyen áttekinthetők.



1. ábra. Az oldószer (víz) (világoskék vonal) és egy vizes oldat (sötétkék vonal) fázisdiagramján ábrázolva a gőznyomás-csökkenés, Δp , a forráspont-emelkedés, $\Delta_b T$ és a fagyáspont-csökkenés, $\Delta_m T$. A gőznyomás-csökkenésből (Δp) következik a forráspont-emelkedés (hiszen akkor nagyobb hőmérsékleten érzük el ugyanazt a nyomást, illetve a fagyáspont-csökkenés, mert az oldat gőznyomásgörbéje kisebb hőmérsékleten fut bele a fagyási görbébe. Az s, l és g betűk rendre a szilárd-, a folyadék-, illetve a gáz(gőz)fázist jelentik (dr. Báder Imre rajza)

Oldatok esetében – kivéve, ha az oldott anyag az oldószerrel elegykristályt képez – az oldószer fagy ki. A kifagyás kisebb hőmérsékleten indul meg, mint a tiszta oldószer esetén. A fagyáspont csökkenésének mértéke az oldott anyag mennyiségétől függ, és függ az oldatra nehezedő P nyomástól, miként a tiszta oldószer esetében is. Termodinamikai megfontolások alapján levezethető, hogy híg oldatokra, ideális viselkedésű oldószer esetén, a fagyáspont-csökkenés (ΔT):

$$\Delta T = T_{\text{op}} - T = RT_{\text{op}}^2 x_2 / \Delta H_{\text{sl}} = RT_{\text{op}}^2 m_2 / \Delta h_{\text{sl}}, \quad (4)$$

ahol T_{op} a tiszta oldószer olvadáspontja, R a gázállandó, x_2 az oldott anyag móltörtje és ΔH_{sl} a moláris olvadáshő, $\Delta h_{\text{sl}} = \Delta H_{\text{sl}} / M_1$ (lásd a (2) egyenletet) az oldószer fajlagos olvadáshője.

Definiálhatjuk az 1 mólos oldat fagyáspontcsökkenését, amit mo-

lális fagyáspontcsökkenésnek nevezünk, és az oldószer anyagi állandója:

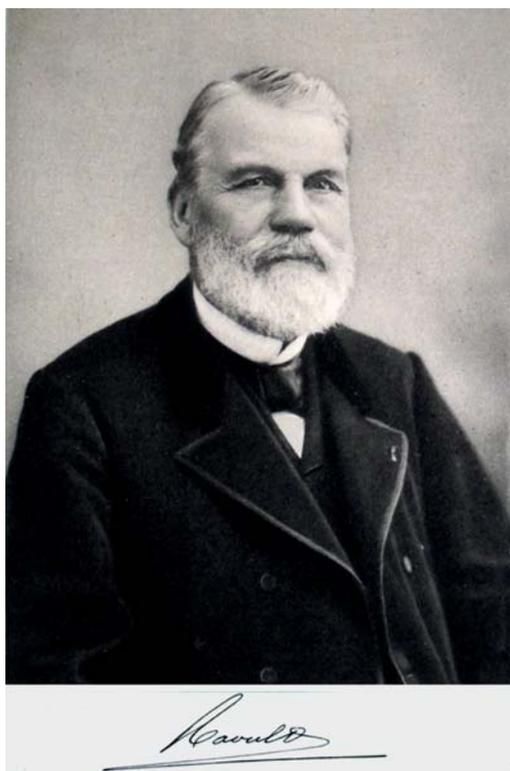
$$\Delta T_m = RT_{op}^2 / 1000 \Delta h_{sl}. \quad (5)$$

Említettük, hogy a vizsgált effektus csak az oldószerre jellemző. Tehát a termodinamikai egyenletekben az oldószer móltörtje (x_1), pontosabban a kémiai potenciál koncentrációfüggésére vonatkozó összefüggések miatt ennek logaritmus szerepel. Mivel $x_1 = 1 - x_2$ és híg oldatoknál $x_2 \ll 1$, közelítőleg igaz, hogy $\ln(1 - x_2) = -x_2$. Így kerül be az oldott anyagra jellemző mennyiség az egyenletekbe. Az előzőekben láttuk, hogy ezáltal az oldott anyag egy fontos jellemzője, azaz az M_2 molekulatömeg kiszámítható a mérések eredményéből. Ugyanis ha 1000 g oldószerben g_2 gramm anyagot oldunk fel, az oldat molalitása $m_2 = g_2/M_2$ lesz.

Így az ismeretlen mólsúly meghatározására az alábbi egyenlet szolgál:

$$M_2 = g_2 \Delta T_m / \Delta T. \quad (6)$$

François Marie Raoult



2. ábra. François Marie Raoult, fénynyomat (Meisenbach, Riffarth & Co. Leipzig, Zeitschrift für Physikalische Chemie (1898) 27.)

François Marie Raoult (Fournes, 1830. május 10. – Grenoble, 1901. április 1.) [2–5] **(2. ábra)** édesapja a társadalombiztosító alkalmazottjaként kereste a kenyerét. Úgy volt, hogy hősünk a helyi okmányirodában kezd dolgozni, de végül sikerült Párizsba utaznia, hogy tanuljon. A megélhetési gondok miatt később Raoultnak meg kellett szakítania tanulmányait. 1853-ban már publikált egy cikket elektrolitok transzportjáról áram hatására [Comptes rendus, (1853) 36, 826].

1853-tól gimnáziumban kezdett tanítani Reimsben különböző segédtanári állásokban, majd 1862-től Sensban folytatta kémia-tanárként. Itt készítette el doktori dolgozatát, ami az elektromotoros erőt tárgyalta, és 1863-ban Párizsban nyerte el a fizikai doktori fokozatot.

1867-től előadó tanárként a Grenoble-i Egyetemen kezdett kémiát tanítani, majd 1870-től a tanszék vezető professzora lett, és élete végéig ott szolgált. Az első időkben továbbra is az elektrokémia cellák jelenségeit vizsgálta. Később vizsgálatának fő tárgya az oldatok viselkedése lett [6–11]. Ennek során jutott el ahhoz a felismeréshez, hogy az oldatok esetén tapasztalt fagyáspontcsökkenés és a gőznyomáscsökkenés mértéke között összefüggés van. Szisztematikusan különböző oldószer- és oldottanyag-párokat vizsgált, és rájött arra, hogy híg oldatok esetén (vagyis ha az oldószer és az oldott anyag molekulái számának aránya legalább 100:1) a fagyáspontcsökkenés csak az oldott anyag molekuláinak számától függ, és független az oldott anyag anyagi minőségétől [8, 9]. Pontosan 100:1 aránynál az adódott, hogy a fagyáspont mindig 0,62 °C-kal csökken [8]. Ezt elnevezte az oldószerek fagyási törvényének („Loi générale de congélation des dissolvants”).

A cikk magyar fordításából [9] idézünk: „A kísérletek, melyek során több mint kétszáz vegyület került feloldásra hat különböző folyadékban, számosak, és egyöntetűen alapot szolgáltatnak az alábbiakhoz: Minden test a megszilárdulásra képes folyékony vegyületben való oldásakor csökkenti a fagyáspontot. Minden folyadék esetében érvényesül, hogy a molekuláris fagyáspontcsökkenés, amelyet különböző vegyületek váltanak ki, a folyadékra való tekintet nélkül két értékhez közelít, melyek közül az egyik a másik kétszerese. A nagyobbik észlelhető gyakrabban; ez jelenti a normális molekuláris csökkenést. A kisebb érték annak az esetnek felel meg, amikor a feloldott test molekulái kettesével összekapcsolódnak. A normális molekuláris fagyáspontcsökkenés az oldószertől függően változik: vízre 37, hangyasavra 28, ecetsavra 39, benzolra 49, nitrobenzolra 70,5, etilén-dibromidra 117. Ha ezeket a számokat elosztjuk a megfelelő oldószer molekulatömegével (ami ugyanaz, mintha az eredményt arra az esetre vezetnénk vissza, amikor 100 oldószer-molekula tartalmazza a feloldott test egy molekuláját), a hányadosok – a víz kivételével – alig különböznek egymástól. Tehát víz 37:18 = 2,050; hangyasav 28:46 = 0,608; ecetsav 39:60 = 0,650; benzol 49:78 = 0,628; nitrobenzol 70,5:123 = 0,600; etilén-bromid 117:188 = 0,623. A víz sem lesz kivétel, ha figyelembe vesszük, hogy fizikai molekulái három kémiai molekulából képződnek, legalábbis a fagyáspont közelében. A következő törvényt fogalmazhatjuk tehát meg: Bármely vegyület egy molekulája, mely tetszőleges, a vegyülettől különböző folyadék 100 molekulájában van feloldva, ennek a folyadéknak a fagyáspontját közel állandó mennyiséggel, 0,62 fokkal csökkenti.”

Raoult az oldatok gőznyomására is hasonló törvényt állapított meg, vagyis az oldószer gőznyomása csökken az oldott anyag koncentrációjával, és a csökkenés arányos az oldott anyag molekulatömegével. Az oldatok gőznyomásának csökkenése a forráspont emelkedésével járt, amire ugyanazok a szabályok vonatkoznak [10].

Megint érdemes az erre vonatkozó cikk magyar fordításából [11] idézni: „Az oldatok K gőznyomásának molekuláris csökkenése, vagyis a nyomásnak az a relatív csökkenése, amelyet egy anyag egyetlen molekulája idéz elő 100 gramm illékony folyadékban, a következő képlet alapján számítható ki:

$$K = \frac{f - f'}{fp} \times M$$

ahol f a tiszta oldószer gőznyomása, f' az oldat gőznyomása, M az oldott anyag molekulatömege, p ennek az anyagnak a súlya 100 gramm oldószerezrel készült oldatban, ha feltesszük, hogy a nyo-



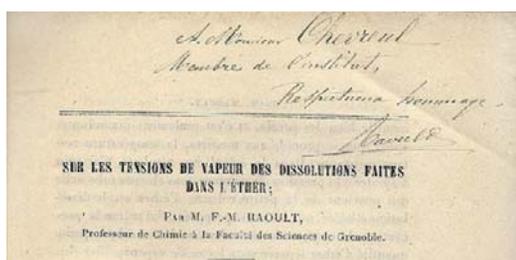
más relatív csökkenése, $(f - f')/f$ arányos a koncentrációval. Mivel ez az arányosság még híg oldatok esetében is ritkán érvényesül szigorúan, ezekben az összehasonlító vizsgálatokban olyan oldatokat kellett használnom, amelyek molekuláris koncentrációja szinte mindig azonos, és az oldatokban az illékony oldószer 100 molekulájára az oldott anyag négy-öt molekulája jut. Nagyobb hígítás esetén nem végezhetnék kellően pontos méréseket. Az összes mérést a barometrikus módszerrel hajtottam végre, és ugyanúgy jártam el, mint az éteres oldatok esetében. A csövek párhuzamos üveglapokkal határolt, folyamatosan kevert, tetszés szerint fűthető vízfürdőbe merültek. [...] Tizenkét különböző, illékony folyadékot használtam oldószerként, nevezetesen vizet, foszfor-kloridot, a szén szulfidját, kloroformot, pentént, benzolt, metil-jodidot, etil-bromidot, közönséges étert, acetont, metil-alkoholt. Vízben a következő szerves anyagokat oldottam fel: nádcukrot, glükózt, borkősavat, citromsavat, karbamidot. Az összes anyag érzékelhetően ugyanazt a molekuláris gőznyomáscsökkenést idézte elő: $K = 0,185$. Az ásványi anyagokat egyelőre félretettem; ezen anyagok hatásának megállapítására Wüllner, jómagam és nemrégiben M. Tamman végzett elegendő eredményes kísérletet.

A víztől különböző oldószerekben a lehető legkevésbé illékony anyagokat oldottam fel. A következők közül válogattam: terpen-tinolaj, naftalin, antracén, szén-szesszviklorid [C_2Cl_6], metil-szalicilát, etil-benzoát, antimon-klorid, higany-etil, benzoesav, valeriánsav, triklór-ecetsav, timol, nitrobenzol és anilin. A vegyületek gőznyomása miatti hiba rendszerint elhanyagolhatóan tekinthető. Az oldott anyagok gőznyomását nagy oldószerfelesleggel készült keverékek valójában jelentősen csökkentik; ahhoz, hogy az eredményt ne befolyásolja számottevően, mindössze annyi szükséges, hogy a kísérleti hőmérsékleten az oldott anyagok gőznyomása ne haladjon meg az 5–6 millimétert.

Ugyanabban az oldószerekben a különböző testek által okozott molekuláris gőznyomáscsökkenés két érték körül mutatkozik. Ezek egyike, amelyet normálisnak nevezek, a másik kétszerese. Az egyszerű és klórozott szénhidrogének, valamint az éter mindig normális csökkenést idéz elő, míg a savak szinte mindig anómális csökkenést produkálnak. Vannak azonban olyan oldószerek is, amelyekben az összes oldott test ugyanolyan molekuláris nyomáscsökkenést okoz; ilyen például az éter és az aceton. Az illékony oldószerek közül két anyag, a víz és a benzol esetében a fagyáspontcsökkenést is alaposan tanulmányoztam. Az eredmények összehasonlítása azt mutatja, hogy az azonos oldószerekkel készült összes oldat esetében a molekuláris fagyáspontcsökkenés és a molekuláris gőznyomáscsökkenés csaknem állandó viszonyban van egymással. Vízben ez az arány 100, benzolban 60.”

Ebből az időből származik az a cikke is, amelyek címlapjának részletét a dedikációval érdekessége miatt bemutatom. A tiszte-

3. ábra. F.-M. Raoult, *Sur les tensions de vapeur des dissolutions faites dans l'éther* című cikkének címlapja, az Eugène Chevreulnak írt ajánlással (Ann. Chim. Phys. (1888) 15, 375 407.)

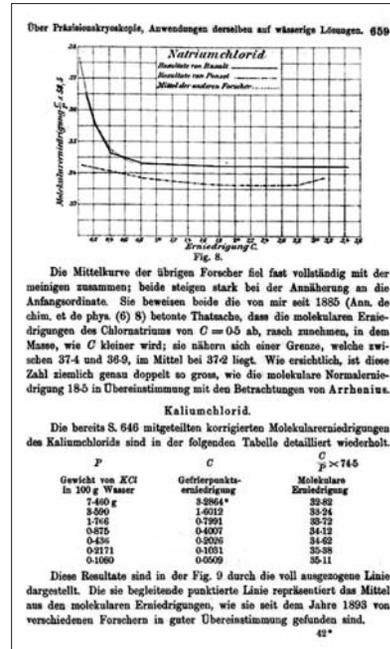


letpéldányt az akkor 102 éves Michel-Eugène Chevreul (1786–1889) akadémikusnak küldte (3. ábra). Chevreul a zsírsavak, a szappan- és gyertyagyártás (sztearin- és viaszgyertyák gyártására Gay-Lussackkal alapított manufaktúrát), a színezékek és a színskála területén végzett úttörő munkát, előállította és elnevezte a margarint, a kreatint, a glicerint és a koleszterint, szerepe volt a vegyület fogalmának meghatározásában. Kora gyakorlatilag minden akadémiájának tagja volt, és minden rangos kitüntetés megkapott.

Raoult több összefoglaló cikket is írt. Az egyik ilyen, kivételesen német nyelvű cikkéből mutatunk be részleteket a 4. és az 5. ábrán.

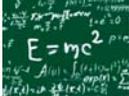


4. ábra. Raoult vizes oldatok precíziós krioszkópiás vizsgálatáról szóló összefoglaló cikkének címlapja (Zeitschrift für Physikalische Chemie Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre (1898) 27, 617–661.)



5. ábra. A 4. ábrán bemutatott cikk egyik oldala

Raoult folyamatosan javította módszerét, egyre pontosabb eredmények elérése érdekében. A fagyáspontcsökkenés és a forráspont-emelkedés méréseiben sokat jelentett az Ernst Otto Beckmann (1853–1923) német vegyész által kifejlesztett hőmérő (6. ábra), ami kis hőmérséklet-különbségek pontos mérésére is alkalmas volt [12–14]. Beckmann az 1912-ben alapított berlin-dahle-mi Kaiser Wilhelm Fizikai Kémiai és Elektrokémiai Intézet első igazgatója volt. A Beckmann-hőmérő mellett a Beckmann-átrendezőzés névadója.



6. ábra. A Beckmann-féle differenciális hőmérő (1918) felső részének rajza (E. S. Ferry, Handbook of Physics Measurements (1918) 67.)

Raoult módszere új utat nyitott oldott anyagok molekulásúlyának meghatározására. A vizes elektrolitoldatok esetében még híg oldatok esetében is elterést észleltek: a vártnál nagyobb érték adódott. Ez azonban nem cáfolta Raoult törvényét, hanem egy régen feltételezett hipotézist erősített meg: az elektrolitos disszociáció létezését. Ugyanis ha például egy só a víz, mint oldószer, hatására egy anionra és egy kationra bomlik, akkor a részecskék száma megkétszereződik, így a mért fagyáspontcsökkenés nagysága is kétszeres lesz. Részleges disszociációnál pedig a szorzószám 1 és 2 közé esik. Így került Raoult kapcsolatba van 't Hoff-fal, aki rövidesen megadta a híg oldatok törvényeinek termodinamikai levezetését, és Wilhelm Ostwalddal, aki ezen a területen dolgozott, és felismerve Raoult módszerének hasznosságát, valamint eredményeinek fontosságát népszerűsítette a tudóst és munkáját. (Erre céloz van 't Hoff, amikor megemlékezésében arról ír, hogy Raoult hírneve először külföldön alapozódott meg.)

1892-ben Raoult megkapta a Royal Society tagságát és a Davy-érmet. Ez a kitüntetés igencsak jelentős pénzdíjjal, 1000 angol fonttal járt. De ahhoz, hogy ezt igazán értékelni tudjuk Raoult esetében, érdemes megnézni, hogy kik kapták előtte és utána. Első ízben 1877-ben adták át Bunsennek és Kirchhoffnak. A teljes felsorolást mellőzve 1881-ben Adolf

von Baeyer, 1882-ben Mengyelejev és Lothar Meyer megosztva, 1888-ban William Crookes, 1889-ben William Henry Perkin, 1890-ben Emil Fischer kapta meg. Csak Raoult után nyerte el 1893-ban van 't Hoff és Joseph Le Bel megosztva, 1894-ben Per Theodor Cleve, 1895-ben Sir William Ramsay, 1896-ban Henri Moissan, 1902-ben Arrhenius, 1903-ban Pierre Curie és Marie Curie. Raoult-t élete utolsó tíz évében Franciaországban is elismerték a következő kitüntetésekkel: Prix International de Chimie LaCaze (1889), Francia Tudományos Akadémia levelező tagsága (1890), Prix de l'Institut de France (1895), Commandeur de la Légion d'Honneur (1900)]. Ritkaság volt az is, hogy a Grenoble-i Egyetem 70 éves korában nem nyugdíjazta.

Halála után olyan nagyság búcsúztatta, mint a friss Nobel-díjas Jacobus van 't Hoff (7. ábra) [3]. Van 't Hoff, akit szakmai kapcsolat fűzött Raoult-hoz, így jellemezte Raoult egyéniségét, életét és tudósi nagyságát: „Bár szeretetreméltó, társaságkedvelő ember volt, úgy tűnik, hogy inkább a visszavonultságban lelte kedvét. Ritkán hagyta el Franciaországot, élete nagyobb részét egy mindentől távol eső városban, Grenoble-ban élte le. Raoult élete kevés vonzó elemet mutat, nem volt romantikus, románcot a hosszú évek munkája után a majdnem hirtelen felemelkedés jelentette a hírnév magaslatára, ami a világ egy eldugott sarkából egyre terjedt, először saját hazája határain túl, majd Franciaországban is, és így vált kora egyik legkiválóbb tudósává.”

Nemcsak Európában, hanem az Atlanti-óceán túlsó partján is megemlékeztek Raoult-ról [2]. Ennek utolsó mondatában megemlíti a szerző, hogy „bár [...] mások is értek el eredményeket ezen a területen, de említésre méltó, általánosan érvényes következtetést nem tudtak levonni”. Pedig a sikernek mindig sok gaz-

RAOULT MEMORIAL LECTURE.

(DELIVERED ON MARCH 26TH, 1902.)

By J. H. VAN 'T HOFF, Member of the Prussian Academy of Science, and Professor in the University of Berlin.

THE foreign honorary member whom the Chemical Society lost a year ago, although of an amiable, social character, seems to have been a man of retiring disposition. He rarely left France, and for the larger part of his life lived in that somewhat out of the way town, Grenoble.

Raoult's life thus offers little of attractiveness; it is not romantic; yet, after many years of work, the romance of his life was that almost sudden rise to fame, spreading from this nearly unknown corner, first over the frontier of his country, and then back to France, which made him one of the most prominent men of science of his age.

François-Marie Raoult, born on the 10th of May, 1830, in Fourmes, in the département du Nord, in France, was of modest origin, his father having been an employé des Contributions. It was intended that he should enter the Bureaux de l'Enregistrement, but this career did not satisfy his aspirations, so he left the Enregistrement and obtained permission to go to Paris, there to pursue his studies. Without fortune or patronage, young Raoult was a student struggling for a livelihood, unable to finish his studies without himself providing the means.

So he gave up studying at Paris, some years later, in 1853, after presenting to the Académie des Sciences a short communication, probably his first, containing observations on the transport of electrolytes by the action of the galvanic current as well as on electrical endosmosis (*Compt. rend.*, 1853, 36, 826). Characteristic of the circumstances in which he pursued these investigations are his concluding words: "Je laisse à d'autres plus fortunés que moi le soin de mener la science plus avant dans la voie nouvelle que je viens de lui ouvrir."

It was in the same year, 1853, that Raoult accepted the appointment of *Aspirant répétiteur* in the Rheims Lycée, becoming in 1855 *Régent de physique* in the Collège of St. Dié; in 1856, *Professeur adjoint*, and subsequently *Chargé de cours de physique* in Rheims again; in 1860 in Bar-le-Duc; his leisure having been employed in obtaining his degree as *Licencié ès-sciences physiques* and *Agrégé de l'Enseignement secondaire spécial*. In 1862, he left Bar-le-Duc for a corresponding position in Sens, and in this small country town, with no intellectual resources, left to his own initiative amid adverse material surroundings, forced

VOL. LXXXI.

3 T

7. ábra. Van 't Hoff emlékezésének első oldala [3]

dája van. Nem szerepel a *Science*-cikk (8. ábra) névsorában Wilhelm Ostwald, pedig ő is úgy érezte, hogy neki is része volt a történetben, sőt legalább annyi, mint Raoult-nak. Ugyanis könyvé-

8. ábra. A *Science* megemlékezése Raoult-ról [2]

FRIDAY, JUNE 7, 1901.		FRANÇOIS MARIE RAOULT.	
CONTENTS:			
<i>François Marie Raoult</i> : PROFESSOR H. C. JONES.....	881	THE death of Raoult, on April 1, 1901, removes from France one of her most brilliant investigators. Raoult was born at Fourmes (Nord) on May 10, 1830, and was, therefore, nearly seventy-one years old when he died. After finishing his academic training in Paris, he began his career as a teacher in the Lycée at Reims at the age of twenty-three. In 1870 he was called to the chair of chemistry at Grenoble. In 1880 he was elected dean of the Faculty of Sciences in Grenoble—a position which he held until his death.	
<i>Charles Hermite</i> : JUAN J. DURAN-LORIGA.....	883	The earlier work of Raoult was devoted to problems of a purely physical nature. His thesis, presented for the degree of Doctor of Science was on 'The Electromotive Force of Voltaic Cells,' and much of his earlier work had to do with the phenomena connected with electrolysis.	
<i>The Extra-Nuptial Nectaries in the Common Brack, Pteridium aquilinum</i> : PROFESSOR FRANCIS E. LLOYD.....	885	His most important work, however, and that with which his name will always be connected, was done after 1870, while at Grenoble. When Raoult took up the study of the lowering of the freezing-point and of the vapor-tension of solvents by dissolved substances, our knowledge of these phenomena was hardly more than qualitative. A few regularities had been pointed out by Blagden, Coppet, Wällner, Emden, Rüdorff and others, but scarcely any generalization worthy of the name had been reached.	
<i>The British National Antarctic Expedition</i> : PROFESSOR EDWARD B. FULTON.....	890		
<i>First Report of the Limnological Commission of the American Microscopical Society</i> : PROFESSOR A. E. BIGGE, PROFESSOR C. H. EIDEMANN, PROFESSOR C. A. KOPECKI, DR. G. C. WHIPPLE, PROFESSOR H. B. WARD.....	897		
<i>North Carolina Section of the American Chemical Society</i> : DR. C. B. WILLIAMS.....	899		
<i>The American Association for the Advancement of Science</i>	902		
<i>Scientific Books</i> —			
<i>Ward on the Mesquite Flora of the United States</i> : PROFESSOR D. P. PESHLOW. <i>Ken's Stimulant Economy</i> : PROFESSOR E. H. THURSTON. <i>Dodge's Reader in Physical Geography</i> : DR. J. PAUL GOODE. <i>Air, Water and Food</i> : PROFESSOR WILLIAM F. MASON. <i>Books Received</i>	904		
<i>Scientific Journals and Articles</i>	908		
<i>Societies and Academies</i> —			
<i>Biological Society of Washington</i> : F. A. LUCAS. <i>Chemical Society of Washington</i> : DR. L. S. MERRISON. <i>Torrey Botanical Club</i> : PROFESSOR E. S. BERGESS. <i>The Onondaga Academy of Sciences</i> : DR. PHILIP F. SCHNEIDER.....	909		
<i>Discussion and Correspondence</i> —			
<i>The Lyceum as an Instrument of Music</i> : PROFESSOR E. W. SCRIPTURE. <i>Physiology in the Schools</i> : PROFESSOR THEODORE HOUGH.....	913		
<i>Shorter Articles</i> —			
<i>The General Equations of Rotation of a Rigid Body</i> : PROFESSOR C. BARUS. <i>On a Crisoidal Horizon in the Upper Carboniferous</i> : DR. CHARLES R. KEYS. <i>The Process of Freezing in Plants</i> : JAMES B. DANFORD.....	914		
<i>The American Mathematical Society</i>	917		
<i>Scientific Notes and News</i>	917		
<i>University and Educational News</i>	920		
<small>MSS. intended for publication and books, etc., intended for review should be sent to the responsible editor, Professor J. McKee Cattell, Garrison-on-Hudson, N. Y.</small>			



ben [15] így írt: „Találkozni akartam vele [Adolf Wüllner], mert átszámoltam vizes sóoldatok gőznyomáscsökkenésére vonatkozó eredményeit, amire ki akartam térni a tankönyvemben, és azt találtam, hogy azonos összetételű sók egyenértékű koncentrációban ugyanazt a hatást váltják ki. Ez előfutára volt Raoult munkájának, amely vizes oldatok gőznyomáscsökkenésére vonatkozott, és amiért egyedül ő kapta az elismerést. Majdnem mindig ez a helyzet, ha egy új felfedezés egy vastkos könyvben jelenik meg. A tudományos közösség hozzászólt, hogy új dolgok csak cikkekben jelenhetnek meg.”

Bizony igazi ritkaság, hogy egy tudós, aki ritkán mutatkozik a tudományos-társadalmi élet rendezvényein, csak szorgalmasan, kitartóan és célratorően dolgozik, aki hisz abban, hogy a pontos megfigyelés és a független gondolkodás egy kutató feladata, végül világhírű lesz.

IRODALOM

- [1] Erdy-Grúz T., Schay G., Elméleti fizikai kémia II. Tankönyvkiadó, Budapest, 44–85.
[2] H. C. Jones, Francois Marie Raoult. Science (1901) 13(336), 881–883.

- [3] J. H. van 't Hoff, Raoult Memorial Lecture. London Chemical Society on 26 March 1902. Journal of the Chemical Society, Transactions (1902) 81, 969–981.
[4] H. Chisholm (szerk.), Raoult, François Marie. Encyclopaedia Britannica. Vol. 22 (11th ed.). Cambridge University Press, 1911, 898.
[5] A. G. Morachevskii, Francois Marie Raoult (To 175th Anniversary of His Birthday). Russian Journal of Applied Chemistry (2005) 78, 856–858.
[6] F.-M. Raoult, Sur la tension de vapeur et sur le point de congélation des solutions salines. Comptes rendus (1878) 87, 167–169.
[7] F.-M. Raoult, Loi de congélation des solutions benzéniques des substances neutres. Comptes rendus (1882) 95, 187–189.
[8] F.-M. Raoult, Loi générale de congélation des dissolvants. Comptes rendus (1882) 95, 1030–1033.
[9] <https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/vegy/raoult.html>
[10] F.-M. Raoult, Loi générale des tensions de vapeur des dissolvants. Comptes rendus (1887) 104, 1430–1433.
[11] <https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/vegy/raoult2.html>
[12] E. Beckmann, „Modifikation des Thermometers für die bestimmung von Molekulargewichten und kleinen Temperaturdifferenzen.”. Zeitschrift für physikalische Chemie (1905) 51, 329–343.
[13] E. Beckmann, Bestimmung des Molekulargewichts aus Siedepunktserhöhungen. Zeitschrift für physikalische Chemie (1889) 3, 603–604.
[14] E. Beckmann, Studien zur Praxis der Bestimmung des Molekulargewichts aus Dampfdruckerniedrigungen. Zeitschrift für physikalische Chemie (1889) 4, 532–552.
[15] W. Ostwald, The Autobiography. (R. S. Jack, F. Scholz szerk.) Springer, 2017, 103.

Kutasi Csaba

Miért ráz a ruha?

A textíliák elektrosztatikus feltöltődésének oka, hatása és a védekezés lehetőségei

Sztatikus elektromosság akkor lép fel, ha az elektromos töltések nincsenek egyensúlyban egy anyagban vagy a felületén. Az egyensúlyt elektromos áram, elektromos kisülés állíthatja helyre. Amikor kétféle felület érintkezik, sűrűdők egymással, majd elválik egymástól, elektronok lépnek át egyikből a másikra, és az egyik felület pozitív, a másik negatív töltésű lesz.

A két különböző anyag összedörzsölésekor kiváltott hatást triboelektromos hatásnak nevezik. (A triboelektromos kifejezés görög eredetű, a „tribo” tag a dörzsölésre, az „elektromos” a borostyánra – elektron – utal.) A triboelektromos hatás a mindennapi életben megfigyelhető statikus elektromosság fő oka (1. ábra).

1. ábra. Példa elektrosztatikus feltöltődésre

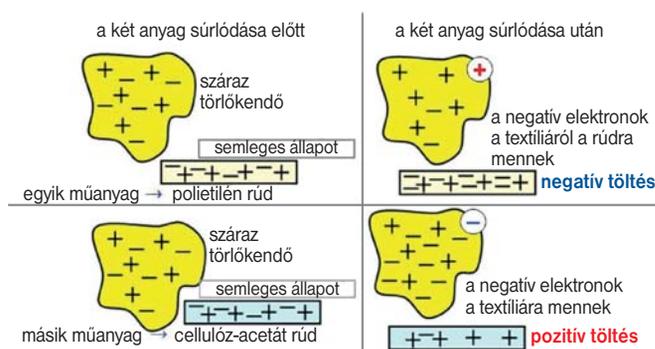


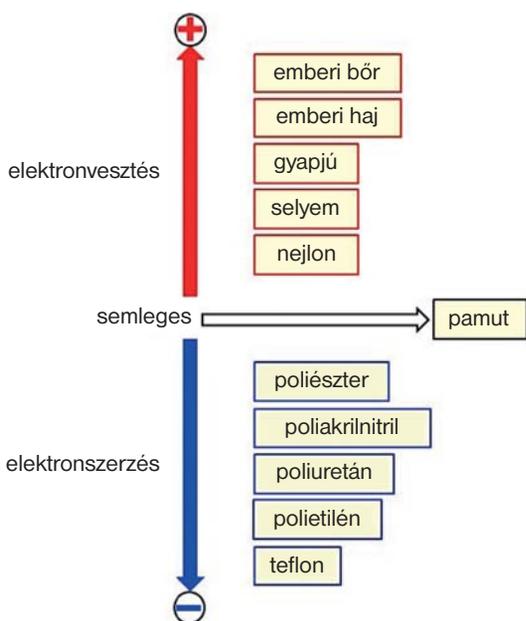
műanyag csúzda szintetikus ruházat

Az elektrosztatikusan érzékeny eszközök – például integrált áramkörök – gyártása során akár 5 V feszültség is a *tönkremenetelüket* okozhatja. Egyébként az emberek a „fő generátorok”, így 10–20%-os relatív légnedvességű térben a padlószőnyegen áthaladó személy akár 35 000 V-ot, a padon ülő dolgozó pedig 6000 V-ot generálhat, de mivel kisüléskor nagyon kicsi az áramerősség, az ember számára nem jelent veszélyt.

A szálanyagok döntően kiváló elektromos szigetelők, ezért elterjedt a villamos ipari alkalmazásuk is. Ezeknek a *dielektikumoknak* (amelyek kevés szabad töltéshordozót tartalmaznak) a fajlagos ellenállása $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ -nél nagyobb. A szigetelők fontos jellemzője a permittivitás (dielektromos állandó) is, amely megadja, hogy hányszorosára nő egy kondenzátor kapacitása, ha fegyverzetei közé a vákuum helyett ilyen anyag kerül. A szálanyagok kedvező szigetelőképesége ugyanakkor – az anyagminőségtől, felvett adalékoktól függően – változó mértékű elektrosztatikus feltöltődéssel párosul. Ez a hatás nemcsak a feldolgo-

2. ábra. Töltésmegoszlás két anyag összedörzsölése során





3. ábra. Néhány anyag triboelektromos tulajdonsága

zásuk (pl. fonás) során, hanem a textiltermékek használatakor is problémákat, kellemetlenségeket okoz. Amennyiben a szigetelő jellegű anyagokat *dörzsölésnek, nyomásnak, érintkezésnek és szétválasztásnak* teszik ki, úgy a töltések megoszlanak (ahogy már utaltunk rá), és a két anyag azonos nagyságú, de ellentétes töltést mutat. Az így kialakuló töltésfelesleg rövidebb-hosszabb ideig megmarad (2–3. ábra).

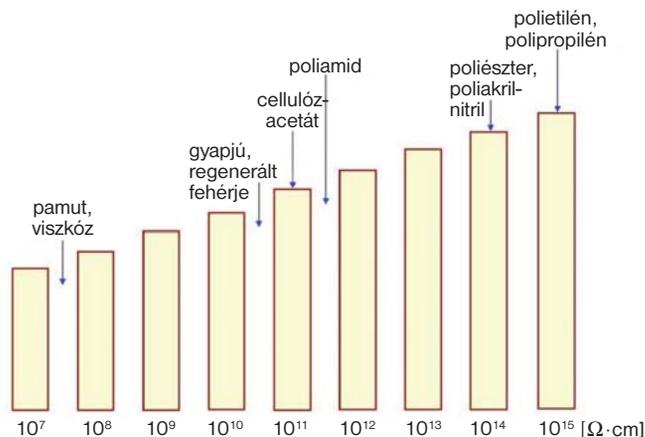
A szálanyagok feltöltődése

Szárazabb légtérben a szálanyagok vezetőképessége kismértékű, ezért a *töltésfelesleg* tovább megmarad. Nagyobb relatív légnedvesség esetén viszont növekszik a textíliák elektromos vezetőképessége, így fokozódik a töltéselvezetés (a töltésvesztés nagyobb).

A természetes eredetű szálanyagok optimális nedvességtartalmú közegben csekély elektrosztatikus feltöltődést mutatnak, viszont a mesterséges – főleg *szintetikus* – textilipari nyersanyagok számottevő sztatikus elektromosságot produkálnak. Utóbbi a rendkívül kicsi vezetőképességgel függ össze. Megjegyzendő, hogy 65% relatív páratartalmú légtérben a cellulózsálak fajlagos elektromos ellenállása 10^5 – $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, a gyapjúé kb. $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ (azonban amfoter jellege következtében a feltöltődés nem jelentős), a szintetikus szálaké 10^{10} – $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$.

A nagy ellenállású szálak erőteljesebben töltődnek fel sztatikus elektromossággal, mint a kisebb ellenállásúak. A zárt szerkezetű, kismértékű vízfelvételre képes szálanyagokra (pl. cellulóz-triacetát, poliészter, poliakrilonitril, polivinil-klorid stb.) főleg a negatív feltöltődés jellemző, a kedvezőbb nedvességfelvételre képesek (pl. gyapjú, egyes poliamidok stb.) pozitív töltést mutatnak. A szálanyagot felépítő láncmolekulák kémiai hovatartozása mellett az egyéb jelen levő vegyületek (szálbevonati anyagok, színezékek, elektrolitok, kikészítési segédanyagok stb.) befolyásoló hatása is számottevő. A színezővegyületek esetenkénti töltésfelesleg-növelő hatása egyértelmű, például egyes színezékek magasabb koncentrációjú alkalmazása akár több tízszeresére növelheti a kelme fehér állapotú feltöltődési képességét (4. ábra).

A feltöltődés tehát számos kellemetlen hatással párosulhat a termékek feldolgozása és használata során. A textilanyagok felületén nem egyenletes a sztatikus töltés eloszlása, akár pozitív és



4. ábra. A szabványos légkörben tömegállandóságig pihentetett különböző szálanyagok fajlagos ellenállása

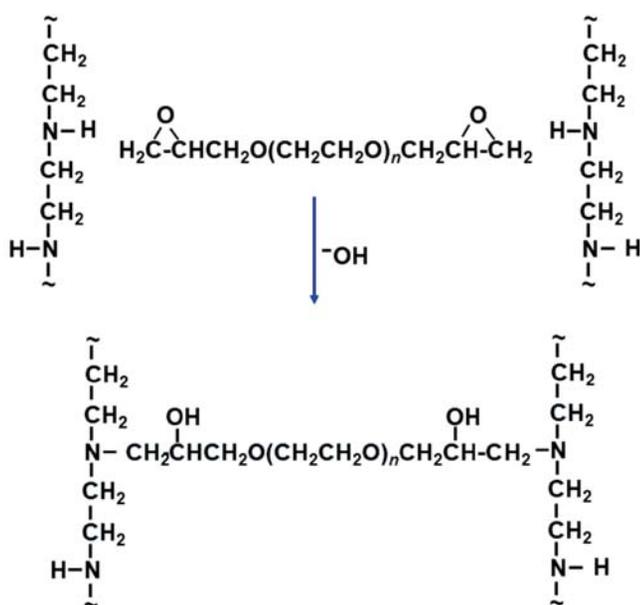
negatív töltésű területek is előfordulhatnak. A textíliák legnagyobb *töltéssűrűsége* $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ C/cm}^2$ alatti ($\text{C} = \text{coulomb}$, az elektromos töltés mértékegysége), amelynek kialakulásakor már *fényjelenséggel* járó kisülés következik be (a mikroamperes nagyságrendű áramerősség miatt csekély hatású). A gyártás során a töltésfelesleggel bíró szálak egymást tasztíják és borzolódnak, a töltéssel teli anyagrétegek nemkívánatosan elmozdulhatnak, valamint az arra hajlamos kötött kelmek szélbesodródási hajlama fokozódik. A feldolgozási műveletek során bekövetkező elmozdulások számos hiba forrásává válnak. A szintetikus alapanyagú multifilamentek és kis sodratú filamentfonalak mintegy felfúvódnak (a szálak körüli elektromos mező hatására az ágak szétválva eltávolodnak). A jelentősen feltöltődő nyersanyagú textiltermék a viseléskor fokozottan magához vonzza a szennyezőanyagokat, továbbá az így rákerült idegen szál- és fonaldarabokat nehéz eltávolítani. A feltöltődött kelmerétegek erőteljesen egymáshoz tapadnak, az erővel szétválasztott textilfeületek szikrázhatnak. Az elektrosztatikusan aktív, töltésfelesleggel rendelkező textilanyaghoz hozzáérő személyt önmagában *veszélytelen* – ugyanakkor ijesztő hatású – áramütés éri, ebből egyéb veszélyhelyzetek (pl. hirtelen mozdulat), kellemetlenségek származnak.

Az elektrosztatikus feltöltődés kezelése

Az elektrosztatikus feltöltődés megakadályozására és mértékének csökkentésére a gyártóműveletek során a szálanyag és a környező levegő *vezetőképességét* növelni kell, és a szálfelület sűrűségi tényezőjét is célszerű csökkenteni. A jobb vezetés érdekében a környező légtér vezetőképességét a relatív légnedvesség fokozásával vagy ionizálással növelik. Előbbi klimatizálással vagy ennek hiányában légnedvesítő berendezéssel érhető el, utóbbihoz koronakisülést előidéző berendezés (pl. egy rúdon elhelyezett hegyes tűk ionizáló hatása alkalmas). Az elektrosztatikus feltöltődés csökkentése – a vezetőképesség növelése – érdekében már a szintetikus szálak gyártásakor is be lehet avatkozni. Főleg olyan adalékok kerülnek a szálképző anyagba, amelyek kötődnek a polimerláncokhoz és szabadon maradt, funkcionális részük vízmegkötésre alkalmas. A *bikomponens* (kétféle szálképző anyagból készülő) szálváltozatoknál a megfelelő vezetőképességű magot veszi körül a szintetikus polimer rész. A szálakra felvitt fémbevonatok (réz, ezüst stb.) kiváló vezetőképességet biztosítva fejtenek ki aktív antisztatizálást. A nagy elektromos ellenállású szálanyagokból készülő fonalak testébe bedolgozott fémszál hatékonyan gátolja a töltésfelesleg kialakulását.



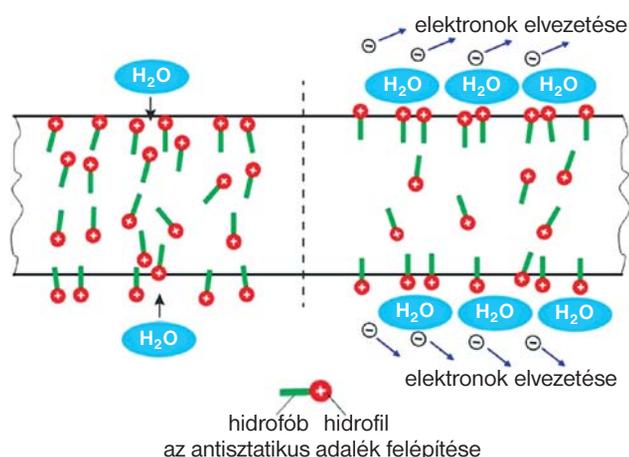
A textiltermék használata során fellépő elektrosztatikus hatások csökkentésére/megakadályozására a szálasanyag felületére utólag felvitt *antisztatizáló* készítmények főleg higroszkópos anyagok és elektrolitok keverékei alkalmasak (amelyek a levegőn nem száradnak ki, inkább elfolyósodnak); ezek színtelenek, szagtalanok és az egészségre veszélytelenek. Így – a nem mosásálló hatások elérésére – többek között alkalmas szerzetlen sókat (lítium-klorid stb.), sztearátokat, glicerint, egyes polioxi-etilén-glikol-éter vegyületeket használnak. Amennyiben a lágyító és antisztatizáló hatás együttes érvényesülése fontos, úgy ásványi és növényolajokat és a vezetőképességüket növelő felületaktív anyagokat alkalmaznak. Tartós hatást oldható, polietilén-oxid-szegmenseket tartalmazó térhálós *poliaminokkal* lehet elérni, mert a polielektrolit mozgékony ellenionja és a víz optimális elektromos vezetést biztosít (5. ábra).



5. ábra. Polietilén-oxid-szegmensekkel térhálósított poliamin

Lényeges kritérium, hogy a kikészítőszer a szál felületére rakódjon (miután a töltésfelesleg is itt koncentrálódik) és tartósan ott maradjon. Az antisztatikus adalék molekularéteget képez a határfelületen, polárossá teszi felületet. Ez magához vonzza a nedvességet a környezetből, és molekuláris vízréteget biztosít a felületen, így a nedvesség felhalmozódása segít elvezetni a feltöltődést. Amennyiben a tároláskor és az idő múlásával a hatást ki-

6. ábra. Az antisztatizáló vegyi anyag hatásmechanizmusa

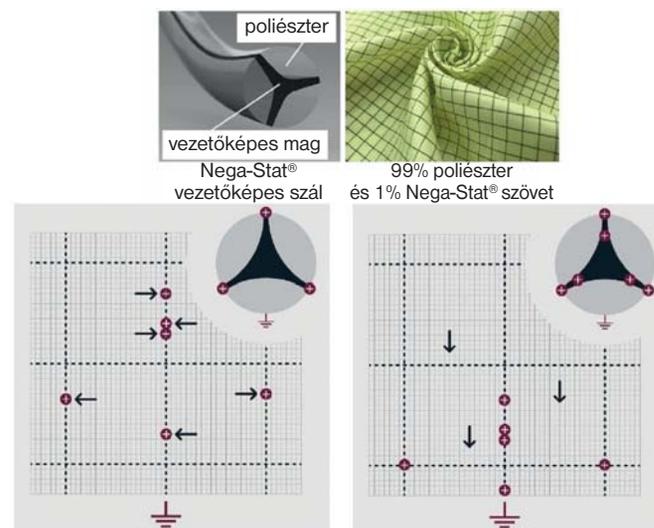


fejtő vegyület a szál belsejébe vándorol, úgy az antisztatizáló képesség romlik. Külön megjegyzendő, hogy a cellulózalapú szálasanyagok (amelyek a szintetikus szálak melletti keverőkomponensként gyakoriak) használati tulajdonságait javító térhálósító kikészítések anyagai (*műgyanták* mint szigetelőanyagok) fokozzák a textilanyag elektrosztatikus feltöltődési hajlamát (6. ábra).

Védőruhák, tárgyvédő munkaruházatok

Az elektrosztatikusan vezető védő- és munkaruházatok a tűz- és robbanásveszélyes területeken (pl. olyan gázelegyek közelében, amelyiket egy szikra begyújthat), valamint egyes további iparágakban (pl. mikroelektronikai alkatrészgyártás) káros kislések elkerülésére alkalmasak. A megfelelő textíliák *vezetőképes* szálak/fonalak bekeverésével készülnek. Olyan kelmeanyagokat állítanak elő, amelyekben például rácsszerűen elosztva vannak jelen vezetőképes fonalak. Ezek távolsága a 10 mm-t nem haladhatja meg, az ilyen kelmefelület ellenállása nem lehet nagyobb $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ -nél.

A gyűjtő kislések elkerülése érdekében az elektrosztatikus töltéseket levezető védőruházatot vezetőképes szálakkal/fonalakkal kiegészített textilanyagokból készítik. A *Nega-Stat*® szálakat például egyedi, trilobális alakú vezetőmaggal képzik, amelyet poliészter réteg burkol (7. ábra).



7. ábra. Töltéselvezetés vezetőképes szálát tartalmazó szövettel

A kelme alkalmasságát (disszipatív) a felületi ellenállás és töltéscsillapodás mérésével kontrollálják. Az MSZ EN 1149 *Elektrosztatikus tulajdonságok mérése* tárgyú szabványsorozat tartalmazza a különböző vizsgálati eljárásokat. Az ilyen védőruházatok esetében csak a külső borítóanyagnál fontos az *antisztatizáló képesség*, a belések és aláöltözetek anyaga esetében nincs ilyen követelmény. Például a petrokémiai iparban dolgozók, benzinkutasok védőruházatában az elektrosztatikus töltések levezetése mellett lényeges a *láng hatás elleni védelem* is.

Az elektrosztatikus kislést levezető, ún. *tárgyvédő munkaruházat* egy- vagy kétrészes lehet, de mindig alkalmasnak kell lennie a test, a karok és a lábak befedésére. A munkaruházat anyagának vezetőképes fonalainak közvetlenül kell érintkezniük az emberi bőrfelülettel (pl. nyaki részen, csuklónál, nadrágszárvegeknél). A kizárólagosan vezetőképes beszövésű, (pl. szénszállal) vezetővé tett szövetből készült köpeny önmagában nem elégíti ki a védőruházati követelményeket. Többek között fontos, hogy az



öltözék a ruházat alsó rétegeit teljesen befedje, továbbá a kétrészes védőruhadarab zubbonya annyira fedje a nadrág felső részét, hogy a viselő személy lehajlásakor se forduljon elő fedetlen felület. Az elektrosztatikus kisülés angol elnevezése (electrostatic discharge) alapján ezek *ESD-ruházatként* is ismertek. Az MSZ EN 61340 *Elektrosztatika* tárgyú szabványsorozat foglalkozik döntően a különböző mérési módszerekkel. Természetesen lényeges az elektrosztatikus képességű öltözékek esetén a viselet, illetve viselő földelése (flexibilis elektromos vezetővel be kell kötni *EPH* – egyenpotenciálra hozó – hálózatba), és fontos a lábbeli, a padozat, a munkavégzéshez szükséges bútorok/eszközök hasonló képessége is (8–10. ábra).



elektrosztatikus kisülés ellen védő munkaruházat



elektrosztatikus töltéseket levezető munkaruházat

8. ábra. Példa a munka- és védőruházatokra

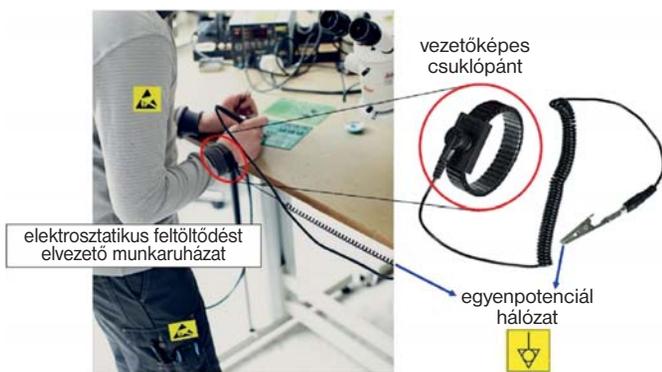


ESD (Electrostatic Discharge) elektrosztatikus kisülések elleni védelem



EPA (Electrostatic Protected Area) ESD-védett terület

9. ábra. Védelmi jelzések



elektrosztatikus feltöltődést elvezető munkaruházat

vezetőképessé csuklópánt

egyenpotenciál hálózat

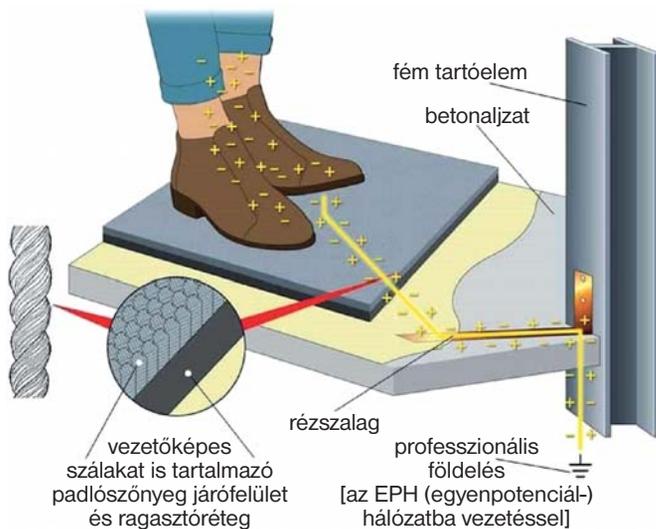
10. ábra. Munkavégzés ESD-védett területen (EPA)

Padlószőnyegek feltöltődése

A textilanyagú járófelülettel rendelkező padlóburkolatok esetében előtérbe kerül a hatékony antisztatizálás igénye. A padlószőnyeg járáskor, tárgyakkal való érintkezéskor olyan igénybevételek érik, amelyek *töltésmegoszláshoz* vezetnek, ahogyan már utaltunk rá. A padlószőnyegek főként fonaltűzéssel, tűnemezeléssel, esetleg flockozással készülnek, részben különböző ragasztási

technikákkal, ritkán kötéssel kialakítva. Korábban például a hagyományos poliamid szálakból képzett járófelületű szőnyegekbe vezetőképes szálak is kerültek, hogy a töltéselvezetés lehetőségét valamennyire biztosítsák. A korszerű, fokozott biztonsági képességgel tanúsított típusok (pl. számítógép-terembeli felhasználás, repülőgépen padlóborítás stb.) főrrétegét eleve vezetőképes szálakból alakítják ki. A felületi töltéssűrűsödés enyhítése érdekében olyan bikomponens szálakat fejlesztettek ki, amelyek háromágú, mintegy küllős magprofilú *szénzálból*, kopásálló szálanyagú köpennyel kialakítva készülnek. Az említett szénzálmag éles hosszirányú végződéseinek vonalai mentén érvényesülő csúrcsúcs hatás hatékonyan vesz részt a sztatikus elektromosság – *szikraképződést gátló* – elvezetésében. A feltöltődéssel kapcsolatban megemlítendő, hogy a terem relatív légnedvesség-tartalma fontos befolyásoló tényező (pl. a padlószőnyegen járáskor 10–20% páratartalom esetén 35 000 V, 65–90 % páratartalom esetén 1500 V feszültséggel kell számolni). A padlószőnyegek antisztatizáló képességét több kategóriába soroltan minősítik. A legegyszerűbb és minimális eredményt elérő változatnál a padlón járó személyt nem érheti 20 000 V-nál nagyobb kisülési feszültség (természetesen a rendkívül kis áramerősség következtében ez a hatás csak kellemetlen, de veszélytelen). A speciális, szigorú kritériumoknak megfelelő változatok sokkal hatékonyabbak. Ezeknél nemcsak a szálak optimális vezetőképpessége szükséges, hanem a vezetőképes ragasztók (aktív szénzálmag van a diszperzióban) alkalmazása is lényeges. A burkolat *részszalagos* alátámasztása és bekapcsolása útján tökéletes töltéselvezetést kell megvalósítani. Ilyenek kerülnek például a mikroelektronikai és gyógyszeripari tisztaterembe, ahol az elektrosztatikus feltöltődés elkerülése és a szállópor előfordulásának kizárása alapvető követelmény. A disszipatív képességű (az elektromos energia termikus energiává alakulását és „szétszóródását” elősegítő) padlószőnyegek ellenőrző mérésekor műszeres szondát helyeznek a szőnyeg járófelületébe, mert 10^6 – $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ közötti tartományban (főleg $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ alatt) előforduló ellenállást kell elérni. A legnagyobb képességű, elektrosztatikusan „levezető” tulajdonságú textilpadlóburkolatoknál $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ alatti ellenállás a követelmény. Visszatérve a maradéktalan töltéselvezetésre, a teremben az aljazaton például átlósan lefektetett részszalagot elektromos vezetővel kell csatlakoztatni az *egyenpotenciálra hozó hálózatba* (EPH). Ennek érdekében az épületen belül minden nagy kiterjedésű fémszerkezetet, csövet be-

11. ábra. Példa padlószőnyeg földelésére





kötnek ebbe a rendszerbe, így csökkentik a veszélyes mértékű feszültség kialakulását. Ismeretes, hogy a nulla vezetőt is földelik a villamos hálózat több pontján, azonban az egy helyen becsatlakozó egyenpotenciálú EPH-vezeték nem azonos az érintésvédelmi védővezetével (11. ábra).

A textíliák elektrosztatikus feltöltődésének meghatározása

A feltöltődött textilanyagok felületén kialakuló *elektromos mező intenzitásának* méréséből meghatározható a *töltésfelesleg*. A feltöltődési hajlam a textilanyag fajlagos ellenállásának meghatározásával is becsülhető. Ennek lényege, hogy a mérendő anyagot sorbakapcsolják az ismert kapacitású kondenzátorral, ezután a kondenzátort feltöltik adott feszültségű egyenáramú áramforrással. A feltöltéshez szükséges idő mérése alapján határozható meg az egyedi fajlagos ellenállás. Textil járófelületű padlóburkolatok esetében elektromosan izolált helyiségben járási teszttel egybekötött méréssel, ponttól pontig végzett felületellenállás- és töltéscsillapítóképeség-meghatározással folyik az ellenőrzés (12. ábra).



textilanyag ellenállásmérése

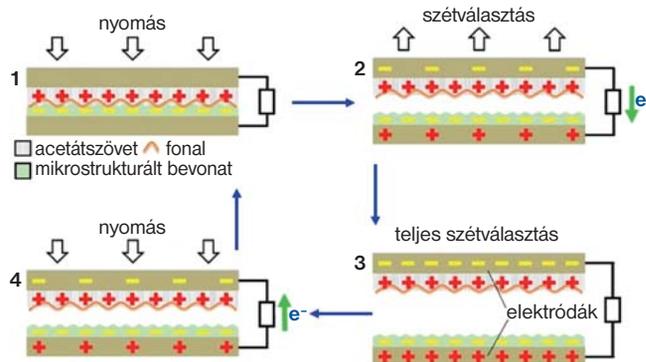


szikrakísülés jel

elektrosztatikus feltöltődést elvezető védőruházatok jelölése



12. ábra. Az elektrosztatikus feltöltődést elvezető textilanyagok vizsgálata, védőruházat alkalmasságának meghatározása



13. ábra. Egy triboelektromos nanogenerátor felépítése és működése

Példa a triboelektromosság hasznosítására

Az érintkező-szétválasztó üzemmódban működő *triboelektromos nanogenerátorban* (TENG) az elektrodokra cellulóz-acetát szövetet és mikrostrukturált bevonatot visznek fel. Amikor az elektrodok nyugalomban vannak, nincs töltés az érintkezési felületen. Külső erő (pl. nyomás) hatására a textíliák negatív, ill. pozitív töltésűek lesznek. A két triboelektromos anyag *szétválasztásakor* az ellentétes töltések gyorsan elválnak egymástól, mozgás közben az elektrodok között potenciálkülönbség alakul ki, és az elektronok a felső elektrodtól az alsóhoz áramlanak. A részfolyamatok ismétlésével több száz fénykibocsátó diódát lehet működtetni, illetve a rendszer *áramforrásként* áll rendelkezésre különböző műveletekhez (egy modellben 361,4 V maximális feszültségű és 58,2 μ A erősségű áramot előállítva) (13. ábra).

IRODALOM

Rusznák István (szerk.): *Textilkémia II.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
 Jederán Miklós – Tárnoky Ferenc (főszerk.): *Textilipari Kézikönyv*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
https://www.researchgate.net/figure/Electrostatic-properties-of-clothing-and-fabric-from-the-chair-tested_tbl3_229052351
<https://physicsworld.com/a/carbon-fibres-have-directional-electrical-properties/>
<https://www.barnet.com/products/nega-stat/>
<https://textilelearner.net/antistatic-finishes-on-fabric/>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138589472204222X>
 MSZ EN 1149 – Elektrosztatikus tulajdonságok mérése tárgyú szabványsorozat
 MSZ EN 61340 – Elektrosztatika tárgyú szabványsorozat
 Speciális munka- és védőruha-alapanyagok – gyártói műszaki leírások

Kutatók éjszakája, 2024



KRK SZILÁDY ÁRON GIMNÁZIUM ÉS KOLLÉGIUM, KISKUNHALAS





TÚL A KÉMIAÁN

Kőkorszaki szakik az építőiparban

A Spanyolország déli részén mintegy 6000 évvel ezelőtt épített Menga Dolmen alkotói a legújabb elemzések eredményei szerint minden bizonnyal jól értették a fizika, a geometria és a geológia alapjait is. A nagy kőkamra a nevezetes angliai Stonehenge előtt egy évezreddel épült, s ahhoz hasonló technológiával készíthették el. Az építmény 32 hatalmas kőtömbből áll, amelyek egy 28 méter hosszú, 6 méter széles és 3,5 méter magas fülkét fognak közre. A legnagyobb tömb tömege 150 tonna körül lehet. Az építőelemek helyszínre szállítása és pontos beillesztése a szerkezetbe elképzelhetetlen részletes természettudományos ismeretek nélkül. *Sci. Adv.* 10, eadp1295. (2024)



Fentanilfüggés

A fentanil hasonlít a morfinhoz, de annál kisebb dózisokban is hatásos, Magyarországon elterjedten használt kábító fájdalomcsillapító: az utóbbi évtizedben az opioidok közül a legtöbb túladagolásos halálesetet okozta. Egy közelmúltban megjelent tanulmány a fentanilfüggést új megvilágításba helyezte. Eddig azt gondolták, hogy a pozitív (eufóriát okozó), illetve negatív (elvonási tünetekhez kapcsolódó) hatások oka nagyon szoros kapcsolatban van. A kísérletsorozatban olyan egereket hasonlítottak össze, amelyek az élettani hatás szempontjából kulcsfontosságú μ -opioid receptorok több változatát is tartalmazták. Ha a középagyban gátolták a receptorokat, a pozitív hatások visszaszorultak, de a negatívak szinte változatlanul megmaradtak. Ha az amigdalában tették ugyanezt, akkor viszont a függőséggel kapcsolatos hatások csökkentek. A megfigyeléseknek fontos terápiás következményük is van: ha a kétfajta hatás független egymástól, akkor kezelni is külön érdemes őket.

Nature 630, 141. (2024)



CENTENÁRIUM



Theodore Lyman: Series in the Spectra of Aluminum and Magnesium in the Extreme Ultra-Violet
Nature Vol. 114, pp. 641–642 (1924. november 1.)

Theodore Lyman IV (1874–1954) bostoni születésű fizikus és spektroszkópus volt. A Harvardon szerzett diplomát fizikából, professzor is ott lett. 1906-ban ő fedezte fel a hidrogén atomspektrumának ultraibolya tartományában a ma Lyman-sorozatnak nevezett jelcsoportot, amely a Bohr-féle atommodell megalkotása során vált nagyon fontossá.

Kígyóméreg-védekezés

A korallkígyó-marás – bár ritkán halálos kimenetelű – évente néhány ezer embernek okoz komoly kellemetlenségeket. A közelmúltban készült el a korallkígyók mérgeének új típusú ellenanyaga. Egy kutatócsoport tagjai először a jellegzetes toxinkhoz nagyon hasonló szerkezetű molekulákhoz kötődő antitesteket kerestek és találtak olyan alakak és lámák vérében, amelyek előtte kis mennyiségű kobra- és mambamérget kaptak. Ugyanazt az eljárást megismételve a korallkígyók mérgeanyagával egy másik antitestet is azonosítottak. A kettő kombinációja egérvizsgálatokban hasznosnak bizonyult a kígyómarás hatásainak enyhítésére.

Nat. Comm. 15, 4310. (2024)



Az Új-Kaledónia szigetén honos, *Tmesipteris oblancoolata* latin nevű páfrányféléségnek van a legnagyobb ma ismert genomja: 160 milliárd bázispárt tartalmaz, ez az emberi genom mértékének ötvenszerese.

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

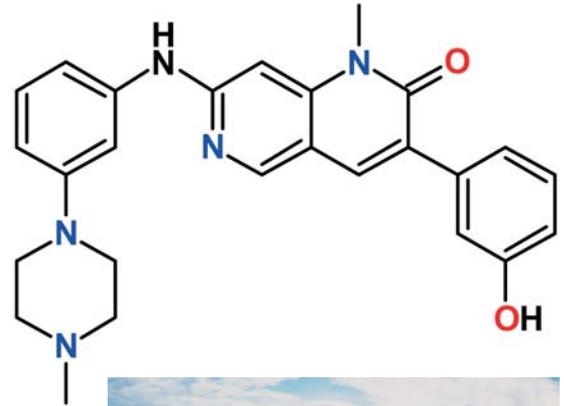
A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html



A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az UH15-38 (C₂₆H₂₇N₅O₂) a szerin/treonin protein kináz 3 enzim inhibitora. Egérkísérletekben kiemelkedően hatékonyan bizonyult az influenza A vírus ellen. Korábban nem gondolták gyógyszermolekulák megfelelő célpontjának ezt az enzimet, mert más folyamatokban is jelentős szerepe van. Az UH15-38 humán hatékonyságát szerényebbnak várják, de megnyitotta az utat a hasonló hatásmechanizmusú, új molekulák kifejlesztése előtt.

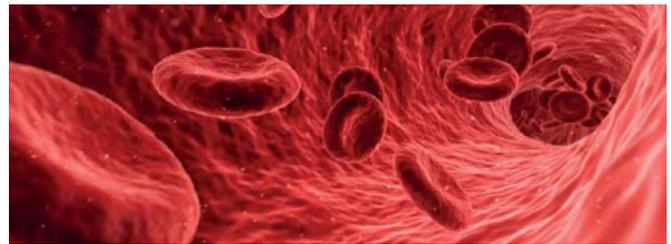
Nature 628, 835. (2024)



Lítiumforrás Pennsylvániában

Az USA Pennsylvania államában jelentős új lítiumkészleteket tartak fel. Ezeken a területeken a szénbányászat már két évszázados múltra tekint vissza, míg a speciális technológiát használó földgázbányászat néhány évtizede kezdődött. Ez utóbbi során a földbe nagy nyomású vizet juttatnak, amivel kőzetrétegeket repesztenek meg, hogy a földgáz útját megnyissák fölfelé. A folyamat során szennyvíz keletkezik; ebben időnként számottevő mennyiségű lítium is van. A koncentráció ritkán haladja meg azt a küszöbértéket, amely a gazdaságos kinyeréshez szükséges, viszont az egyébként intenzív földgázbányászat miatt a Pennsylvania állambeli forrásokban olyan össz mennyiségű lítium lehet, amely az egyesült államokbeli igény majdnem felét önmagában is fedezné.

Sci. Rep. 14, 8813. (2024)

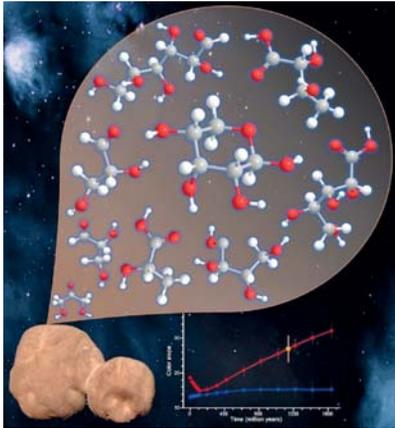


Bakteriális vérkezelés

Az emberi vérre nagy szükség van a különböző műtétek és egyéb kezelések során. Régóta ismeretes, hogy mindenki csak olyan vért kaphat, amely a neki megfelelő vércsoportba tartozik. Emiatt akkor is előfordulhatnak ellátási problémák, ha összességében a készlet elegendő lenne. Szükséghelyzetben nulla vércsoportú vért bárki kaphat, így aztán nagy haszna van egy olyan eljárásnak, amely A vagy B vércsoportból nullást állít elő. Pontosan ez sikerült egy dán kutatócsoportnak: az *Akkermansia muciniphila* nevű, emberi emésztőrendszerben élő baktériumból izoláltak enzimeket, amelyek a vörösvértestekből eltávolították az A és B típusra jellemző cukoregységeket. Az így előállított vér az eddigi vizsgálatok szerint a nulláshoz nagyon hasonló tulajdonságokat mutat, bár azt még nem lehet egész biztosan tudni, hogy az enzimkeverék hatására bekövetkezik-e más, lényeges változás az összetételben.

Nat. Microbiol. 9, 1176. (2024)

Ürcukrok



2019-ben az amerikai űrügynökség, a NASA New Horizons űrszondája a Naptól hat és fél milliárd kilométerre elrepült egy nagyobb darab vörös szikla mellett, amelyet később Arrokothnak neveztek egy észak-amerikai indián nyelv

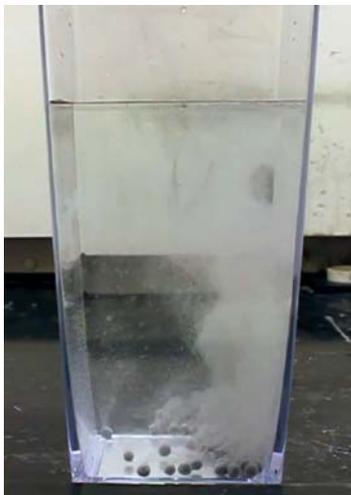
„ég” jelentésű szavát kölcsönvéve. A szonda által visszaküldött adatok alapján megtervezett modellkísérletek elemzése azt mutatta, hogy az égitest felszínén cukormolekulák is lehetnek. Az Arrokoth anyagában sok a fagyott metanol, amely ionizáló sugárzásnak kitéve színessé válhat. A laborkísérletekben ezt utánozták vákuumban, -230 °C hőmérsékleten. Besugárzás hatására vörös színű anyag jött létre a fagyott metanol felszínén; ennek kémiai analízise során a ribózt és a glükózt is egyértelműen azonosították. Úgy tűnik, hogy ha az univerzumban valahol van szén, hidrogén, oxigén és energiaforrás, ott cukrok is lesznek.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 121, e2320215121. (2024)

Zöld hidrogén

Sokan emlékezhetnek rá egyetemi tanulmányaikból, hogy az alumínium elég intenzíven fejleszt hidrogént a vízből – ha a felületén kialakuló oxidtartalmú védőréteget sikerül eltávolítani. Erre dolgoztak ki egy új technológiájú megoldást, amelynek első fázisában megfelelő összetételű gallium-indium ötvözetből álló bevonatot visznek fel az alumíniumdarabok felszínére. A bevonat az esetleg képződő oxidrétegben csatornákat képez, és folyamatosan fenntartja a hidrogéngépződési reakciót. Nemrég sikerült megoldani azt is, hogy a katalitikus hatású bevonatot használat után kinyerjék és visszaforgassák, így a módszer nagy lépéssel került közelebb a gyakorlati felhasználáshoz.

Cell Rep. Phys. Sci. 5, 102121. (2024)





Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott aktuális három publikáció közül az elsőben a szerzők hexapeptidek amiloidszerkezeteit vizsgálták. A második közleményben a szerzők a leucin, izoleucin és valin klórozását vizsgálták hipoklórossav-felesleg mellett. A harmadik publikációban pedig bemutatták, hogy a MnO-hordozóra felvitt Pt(110)nanorészecskék között kialakuló speciális hibahelyek fontos szerepet játszanak a CO₂-hidrogénezési reakcióban.

Perczel András

az MTA rendes tagja, osztályelnök

Oldószer által kiváltott amiloid-polimorfizmus és a rejtélyes 3. osztálybeli amiloidtopológia megtalálása

Communications Biology, 2024

<https://www.nature.com/articles/s42003-024-06621-8>

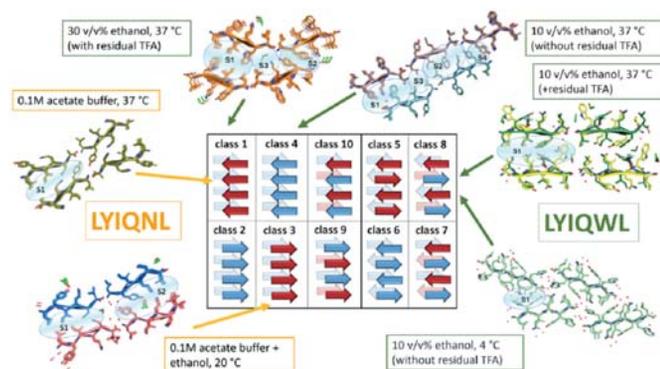
Zsolt Dürvanger^{1,2}, Fruzsina Bencs^{1,3}, Dóra K. Menyhárd^{1,2}, Dániel Horváth², András Perczel^{1,2}

¹ Laboratory of Structural Chemistry and Biology, ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary.

² HUN-REN-ELTE Protein Modeling Research Group ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary.

³ Hevesy György PhD School of Chemistry, ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary.

A szerzők az LYIQWL és LYIQNL hexapeptidek amiloidszerkezeteit vizsgálták. Hasonlóan a fehérjék amiloid-polimorfizmusához az oldatbeli körülmények kismértékű megváltozása jelentős szerkezeti változásokkal járt, melyek oldat- és kristályos fázisban is megfigyelhetők. Az LYIQNL egyik polimorf szerkezete egy korábban nem látott topológiai osztályba sorolható. Az eredmények hozzájárulnak az amiloidképződés és -polimorfizmus szekvenciától és kísérleti körülményektől való függésének megértéséhez.



Elágazó láncú aminosavak oxidációja hipoklórossavval: kinetika és mechanizmus

Journal of Hazardous Materials, 2024

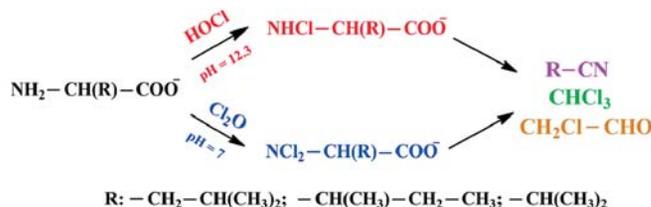
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389424007246>

Simon Fruzsina¹, Fábíán István^{1,2}, Szabó Mária^{1,2}

¹HUN-REN-UD Mechanisms of Complex Homogeneous and Heterogeneous Chemical, Reactions Research Group, University of Debrecen, Debrecen, Hungary

²Department of Inorganic and Analytical Chemistry, University of Debrecen, Debrecen, Hungary

A szerzők a leucin, izoleucin és valin klórozását vizsgálták hipoklórossav-felesleg mellett. Semleges és lúgos körülmények között a reakciók eltérő jellemzőket mutatnak. Mind a két pH-n részletes képződés- és bomláskinetikai vizsgálatokat végeztek, valamint leírták a reakciók részletes mechanizmusát. Az eredmények hozzájárulnak a víztisztítási technológiák során keletkező N,N-diklor-aminosavak reakcióinak megértéséhez.



Pt/MnO határfelület által indukált hibák által aktivált fordított vízgáz-eltolódási reakció

Angewandte Chemie International Edition, 2024

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/anie.202317343>

Imre Szent^{1,2}, Anastasiia Efremova¹, János Kiss², András Sági^{1*}, László Óvári³, Gyula Halasi³, Ulrich Haselmann⁴, Zaoli Zhang⁴, Jordi Morales-Vidal^{5,6}, Kornélia Baán¹, Ákos Kukovecz¹, Núria López⁵, and Zoltán Kónya^{1,3}

¹University of Szeged, Interdisciplinary Excellence Centre, Department of Applied and Environmental Chemistry, Rerrich Béla tér 1, H-6720 Szeged, Hungary

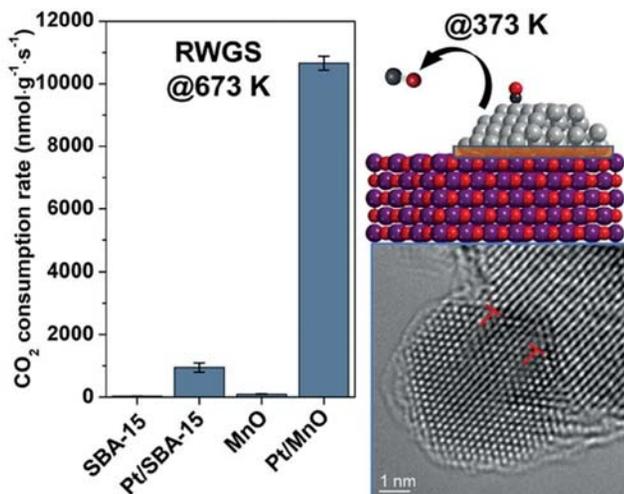
²MTA-SZTE Reaction Kinetics and Surface Chemistry Research Group, Rerrich Béla tér 1, Szeged H-6720, Hungary

³ELI-ALPS, ELI-HU Non-Profit Ltd., Wolfgang Sandner utca 3, H-6728 Szeged, Hungary

⁴Erich Schmid Institute of Materials Science, Austrian Academy of Sciences 8700 Leoben (Austria)

⁵Institute of Chemical Research of Catalonia (ICIQ-CERCA), The Barcelona Institute of Science and Technology Avinguda Països Catalans 16, 43007 Tarragona (Spain)

⁶Universitat Rovira i Virgili Avinguda Catalunya 35, 43002 Tarragona (Spain)



A 37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Kémiai és Vegyipari Szekciója



37. ORSZÁGOS
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI
KONFERENCIA 2025



2025 tavaszán kerül sor a **37. Országos Tudományos Diákköri Konferenciára**. Ezen belül az OTDK Kémiai és Vegyipari Szekciója a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karán, a Kémiai Intézet szervezésében kerül megrendezésre, **2025. április 9–11. között**.

(Honlap: <https://kemia.unideb.hu/37otdk>)

Felhívjuk a figyelmet, hogy a **felsőoktatásban tanuló hallgatók** mellett **magyarországi és külföldi középiskolások** számára is nyitott ez az országos tudományos konferencia, a középiskolások többféle módon vehetnek részt rajta:

- 1) Az OTDK központi felhívásának megfelelően valamely felsőoktatási intézmény által szervezett intézményi TDK-konferenciára pályamunkát nyújtanak be, részt vesznek a konferencián és jelölést szereznek az OTDK-n való részvételre (37. OTDK központi felhívás: <https://otdk.hu/otdk/aktualis-otdk>, **2. számú melléklet**, szekciófelhívás: <https://otdk.hu/szekciofelhivasok/kemiai-es-vegyipari-szekcio>).
- 2) A 37. OTDK-ra pályamunkák delegálására jogosult középiskolai tudományos diákköri konferenciák révén (37. OTDK központi felhívás, **4. számú melléklet**).

Jelenleg az alábbi konferenciák jogosultak delegálásra:

- TUDOK (a Kutató Diákok Országos Szövetsége által szervezett Kárpát-medencei konferencia);
- Országos Diákvegyész Napok;
- Hlavay József Országos Környezettudományi és Műszaki Diákkonferencia;
- Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Verseny;
- MCC Középiskolás Ösztöndíjprogram Zárókonferencia (a Mathias Corvinus Collegium Alapítvány Középiskolás Programja által meghirdetett konferencia);
- Tudományról Diákoknak Kíváncsiságból (TDK) – Tehetségűtlevél a felsőoktatásba (az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem programja).

Azok a középiskolások, akik egy egyetemen/kutatóműhelyben diákköri munkát végeznek, részt vesznek felsőoktatási intézményi vagy egyéb diákköri konferencián (2. pont) és a pályamunkájuk alkalmas az OTDK-n való részvételre, a konferencián egyenrangúan vesznek részt az egyetemista résztvevőkkel (pályamunkájukat bírálók értékelik, az előadásukat különböző tagozatokban mutatják be, és az értékelés is a tagozat összes pályamunkájával együtt történik).

- 3) A konferencián „megfigyelő” középiskolásként való részvétel. A jelentkezés határideje várhatóan január vége lesz. A megfigyelő diákoknak és a középiskolás delegáltaknak is lesz lehetőségük poszterrel nevezni (akár egyénileg, akár 2–3 fős csoportban). A jelentkezések alapján a szervezők hívják meg a középiskolásokat és választják ki a bemutatandó posztereket.

Várjuk a felsőoktatásban részt vevő hallgatók és a középiskolás diákok jelentkezését.

Várnagy Katalin és Lihi Norbert



A fordított vízgázreakció (RWGS), amely szén-dioxidot és hidrogént alakít át szén-monoxidá és vízzé, jelentős potenciállal rendelkezik a CO₂-hasznosítás és üzemanyag-termelés terén. Ebben a tanulmányban a szerzők kimutatták, hogy a MnO megváltoztatja a Pt-részecskék struktúráját, így olyan speciális hibahelyek alakulnak ki a határfelületen, amelyek gyorsítják a CO₂ átalakítását.

Fizikai kémiai konferencia Belgrádban



A Szerb Fizikai Kémikusok Egyesülete 2024. szeptember 23-tól 27-ig rendezte meg Belgrádban a 17th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry című rendezvényt. A két tematikus miniszimpóziumnak is helyet adó konferencián mintegy 40 előadás hangzott el, a bemutatott poszterek száma megközelítette a 150-et. Magyarországi kutatóhelyekről Tóth Ágota (Szegedi Tudományegyetem), Német Norbert (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), valamint Lente Gábor (Pécsi Tudományegyetem) kaptak meghívást előadás tartására.



Vegyipari mozaik

Magyarország napenergia-termelésben Európa élmezőnyébe tartozik. Magyarország az európai élmezőnybe tartozik azzal, hogy – megfelelő időjárási körülmények között – a villamosenergia-fogyasztás több mint kilenczetedét adja a napelemes csúcstermelés.

Az uniós tagállamok egyharmada képes arra, hogy pillanatnyi áramigénye akár több mint négyötödét napenergiával fedezze. Görögországban és Hollandiában a „legderűsebb órákban” a naperművek nemcsak elérik az aktuális szükségletek szintjét, hanem időnként meg is haladják.



Napermű Visontán (CivertanS, CC-BY-SA-4.0)

A paksi atomerőmű megbízható üzemelésének köszönhetően így az ország egyre gyakrabban és mind hosszabb ideig képes a háztartásokat, közintézményeket és gyárakat teljes egészében karbonmentes forrásból, belföldön előállított zöldárammal kiszolgálni, a klímaválságok valóra váltásán túl csökkentve ezzel egyúttal Magyarország importkittenységét és az ebből fakadó kockázatokat is.

(<https://www.tisztajovo.hu/megujulo-energiaforrasok/2024/09/30/magyarország-napenergia-termelésben-europa-elmezonyebe-tartozik>)



A geotermikus energia a zöldgazdaság egyik húzóágazatává válhat. A geotermikus energia Magyarországon a zöldgazdaság egyik húzóágazatává válhat és hozzájárulhat az ország versenyképességének javításához, miközben jelentős mennyiségben válthat ki fosszilis energiahordozókat – mondta Steiner Attila, az Energiaügyi Minisztérium (EM) energetikáért és klímapolitikáért felelős államtitkára a Budapest Geothermal Summit konferencián.

Az Európai Unió minden tagállamában rendelkezésre álló geotermikus energia fontos szerepet játszik a dekarbonizációs célok elérésében – mondta az államtitkár, hozzátéve, hogy az EU végső energiakeresletének mintegy 50 százalékát fűtésre és hűtésre használják és ezzel az üvegházhatású gázok mintegy 35 százalékáért felelős ez a két tevékenység. Magyarország évtizedek óta Európa első öt országa között szerepel a földhő fűtési célú közvetlen hasznosításában, ami már 12 városban érhető el, beleértve Szegedet, ahol Európa legnagyobb ilyen rendszere működik.

A földhő felhasználásával előállítható energia kapacitása meghaladta az 1 gigawattot, és ezen belül a mezőgazdasági hasznosítás mintegy 40 százalék körül van. A geotermikus energia előnye



az időjárásfüggő megújulókhöz képest, hogy folyamatos alapterhelési energiát képes szolgáltatni. A Nemzeti Földhő Stratégia céljaival összhangban a geotermikus energia hazai felhasználása 2030-ig kétszeresére emelkedhet, ezzel az évtized végére 500 millió köbméter, 2035-re pedig mintegy 1,2 milliárd köbméter földgáz váltható ki, ráadásul az energiabiztonság is javul. Steiner Attila megjegyezte: a kormány az engedélyezési keretrendszer átalakításával és rugalmasabbá tételével, valamint pénzügyi támogatásokkal is ösztönzi a geotermikus energia nagyobb arányú hasznosítását. 2023 márciusa óta mintegy 100 kutatási engedélykérelem érkezett be a területet felügyelő Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságához, és ezek közül mintegy 40-ben már el is indult a fúrás.

A beruházók a fúrás pénzügyi kockázatainak mérséklésére állami támogatásra pályázhatnak, továbbá kedvezményes beruházási hitel is igényelhetnek. Steiner Attila kiemelte: a magyar uniós elnökség kiemelt témaként kezeli, és napirendre vette a geotermikus energia hasznosításának kérdését. Magyarország kész együttműködni a többi tagállammal olyan tanácsi következtetések kidolgozásában, amelyek kézzelfogható javaslatokat tartalmaznak. A földhő hasznosítása előtt álló legfőbb akadályok között említette az államtitkár a bonyolult szabályozási környezetet, a fúrással járó pénzügyi és geológiai kockázatokat, valamint az ismeretek hiányát. Elmondta: közös uniós cselekvési terv kidolgozására, valamint a döntéshozókat és az érdekelt feleket tömörítő uniós szintű geotermikus szövetség létrehozására van szükség. A szabályozást összhangba kell hozni más területekkel (bányászat) és a környezetvédelmi előírásokkal, továbbá az iparági szereplők számára iránymutatásra van szükség. Emellett ösztönözni kell az energiaközösségek megalakulását. Kapes Dávid, a MOL Kutatás-Termelés Low Carbon and New Energies vezetője elmondta: a MOL Shape Tomorrow stratégiájában fontos szerep jut a geotermikus energia kiaknázásának. A stratégiai terület további elemét képezi a lítium kitermelése, valamint a szén-dioxid föld alatti tárolása. Magyarországon jelenleg négy geotermikus koncesszióval rendelkezik a MOL, miután a napokban két újabb engedélykérelmet bíráltak el kedvezően. A kutatási időszak 15–27 hónap, az első fúrások pedig jövő év első felében várhatók. Horvátországban korábban már két koncessziót nyert el a társaság.

(<https://www.tisztajovo.hu/megujulo-energiaforrasok/2024/09/25/steiner-attila-a-geotermikus-energia-a-zoldgazdasag-egyik-huzoagazatava-valhat>)



amely egy zöldebb, alacsony szén-dioxid-kibocsátású jövőben hisz és konkrét lépéseket is tesz érte.

A vállalatcsoport kiemelt projektje a 2020 óta működő **co-processing** technológia a százhalombattai Dunai Finomítóban. Ez az innovatív módszer növényi olajokat, használt sütőolajokat és állati zsiradékokat vegyít fosszilis összetevőkkel, hogy fenntarthatóbb dízelüzemanyagot állíthasson elő. A folyamat növeli a megújuló részarányát az üzemanyag-gyártás során, s ezzel akár 200 000 tonnával csökkenti évente CO₂-kibocsátást anélkül, hogy rontaná a MOL üzemanyagainak magas minőségét. További fenntarthatóbb üzemanyagok előállítása érdekében a MOL folyamatosan tesztel új alapanyagokat a co-processing területén, például a használt gumiabroncsokból feldolgozott pirolízisolajat. Emellett a közösen tulajdonolt, komáromi **Rossi Biofuel gyár** is biodízelt szállít a MOL százhalombattai és pozsonyi finomítóinak. A gyár különféle zsíros hulladékokat és maradványokat dolgoz fel, és évente akár 50 000 tonna felett biodízelt képes előállítani.

A MOL a zöldebb légi közlekedés iránti igényekre is választ ad. A vállalat kulcsfontosságú ipari szereplőkkel együttműködve **fenntartható repülőgép-üzemanyagot (SAF)** tesztel, valamint az e-üzemanyagok, konkrétan a nem biológiai eredetű megújuló repülőgép-üzemanyagok, például az **e-kerozin** előállításának lehetőségeit kutatja.

„A MOL-csoportnál úgy gondoljuk, hogy az európai mobilitás jövője továbbra is nagy mértékben az innovációtól függ és összetett megközelítést igényel a fenntartható üzemanyagok területén. Nemrégiben stratégiai megállapodást kötöttünk a piacon meghatározó szereplőkkel, hogy közösen dolgozzunk ki hidrogénmobilitási projekteket. Célunk, hogy hagyományos üzemanyag-szolgáltatásból vezető komplex mobilitási szolgáltatóvá váljunk. Mint a régió vezető integrált vállalata, nemcsak támogatjuk a zöldebb közlekedésre való átállást, hanem aktívan hozzájárulunk a fenntartható energia jövőjéhez Európában” – mondta Bacsa György, a Stratégiai Tevékenységekért és Üzletfejlesztésért felelős ügyvezető igazgatója.

A fenntartható mobilitás iránti elkötelezettség részeként a MOL folytatja a **MOL Plugee** elektromos járműtöltő-hálózatának bővítését, amely immár több mint 400 töltőponttal rendelkezik Európa-szerte. Az elektromos járművek iránti kereslet növekedésével párhuzamosan a MOL gyorsan fejleszti infrastruktúráját, biztosítva, hogy az ügyfelek gyors, megbízható és hatékony töltési szolgáltatásokhoz jussanak. Az európai CEF-program keretében a MOL a közeljövőben ultragyors töltőket telepít (akár 320 kW-ra bővíthetők) hat magyar és egy szlovén autópálya-helyszínen.

A MOL emellett aktívan hozzájárul a fenntartható nagyvárosi mobilitásához, például a népszerű **MOL Limo** autómegosztó szolgáltatásával. A szolgáltatás 600 járműből álló flottával és több mint 100 000 regisztrált felhasználóval rendelkezik, és környezetbarát alternatívát kínál az autózásra, segítve a városi forgalmi dugók enyhítését és a károsanyag-kibocsátás csökkentését.

A **MOL Bubi**, Budapest vezető biciklimegosztó szolgáltatása szintén a MOL által támogatott kezdeményezés, amely zöld alternatívát kínál a városi ingázók számára. A szolgáltatás 2460 kerékpárt kínál 211 helyszínen a városban, lehetővé téve a lakosok számára, hogy könnyen és rugalmasan használható, környezetbarát közlekedési formát válasszanak. (www.mol.hu)

Dobó Dorina összeállítása

MKE-HÍREK

Iparágakon átívelő összefogás indul a kémia népszerűsítéséért



Magyarországon a kémiával szorosan összefüggő iparágak – vegyipar, gyógyszeripar, környezetvédelmi ipar – a feldolgozóipar GDP-jének 11% feletti részét adták az elmúlt évben. A nemzetgazdasági jelentőség mellett mégis átlag feletti a munkaerőhiány ezekben az iparágakban, ráadásul az utánpótlással is gondok vannak: folyamatosan csökken a hazai egyetemek kémiához kapcsolódó szakjain a jelentkező és a felvett hallgatók száma. A negatív trendek elleni fellépést, illetve a kémioktatás általános megbecsülésének javítását tűzte ki célul az az iparágakon átívelő, a Magyar Kémikusok Egyesülete kezdeményezésére létrejött, vállalatokat, érdekvédelmi szervezeteket, szövetségeket, egyetemeket és az MTA-t egyaránt soraiban tudó összefogás, melynek részleteit október 1-én ismertették a kezdeményezés szervezői.



A kémia jelenléte a gazdaságban több területen is meghatározó, ugyanakkor munkaerőhiány sújtja a vegyipart, a gyógyszeripart, a környezetvédelmi ipar pedig biztosan érdemben bővülne, ha lenne elegendő hazai szakember. A munkaerőhiány átlag feletti, ezen ágazatok nemzetgazdasági súlya pedig meghatározó: az elmúlt évben a feldolgozóipar GDP-jének 11% feletti részét tette ki (vegyipar 4,5%; gyógyszeripar 6,9%), ezért a legkisebb változás is komolyan éreztetné a hatását nemzetgazdasági szinten. A munkaerőhiányt vizsgálva a feldolgozóipar komoly problémákkal küzd, idén 13 ezer feletti a betöltetlen állások száma.

A Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE), mint a kémiában és vegyiparban dolgozó egyének civil szervezete, felvállalta egy összefogás megszervezését, amelyben számít az összes, kémiához és vegyiparhoz kapcsolódó magyarországi képzőhely, kutatóhely és vállalat, illetve ezek szövetségeinek részvételére. A tevékenységet egy munkacsoport fogja össze, melynek tagjai az MKE, a Magyar Vegyipari Szövetség (MAVESZ), a Magyarországi Gyógyszergyártók Országos Szövetsége (MAGYOSZ), a BorsodChem, az Egis Gyógyszergyár, az EUROAPI, a MOL Nyrt., a MOL Petrolkémia Zrt. és a Richter Gedeon Nyrt. szakemberei. Az összefogás-hoz eddig már tíz szövetség, tíz egyetem és több mint 10 cég csatlakozott.

A kezdeményezés fő céljai, hogy a következő 3-5 évben 20%-kal növekedjen a szakirányú közép- és felsőfokú oktatásban résztvevők száma a kulcsszakmák területén, a kormányzat figyelmének felhívása a témára, a kémiával kapcsolatos tévhitek eloszlása, inspiráció a tanulóknak, tanároknak és a kémiához kapcsolódó programok-események összegyűjtése, bemutatása.

A kezdeményezést ismertető eseményen bemutattuk a www.kemiamindenkinek.hu névre keresztelt új honlapot is, mely a kémia világával foglalkozó legfrissebb híreket, rendezvényeket és oktatási programokat gyűjti össze, legyen szó kémiatáborról, kémiaversenyekről, workshopokról, laborlátogatásokról vagy interaktív kiállításokról. A szervezők ezzel az új eszközzel azt szeretnék elérni, hogy minden érdeklődő egy helyen megtalálhassa az összefogásban részt vevő szervezetek programjait, híreit, ezzel segítve a tájékozódást. Az összefogás szervezői rendszeres értékelő konferenciával tervezik fenntartani a program lendületét, a csatlakozás pedig folyamatos és nyitott minden szervezet számára.

Szabó János Zoltán

Az MKE rendezvénytárá

Dátum	Rendezvény	Helyszín
2024. november 14.	Kozmetikai Szimpózium	Budapest
2024. november 20.	Borsodi Vegyipari Nap	Miskolc
2024. november 26–27.	Hungarocoat Nemzetközi Festékipari Kiállítás és Konferencia	Budapest
2025. február 11–12.	Analitikai Ankét és Labortechnika-kiállítás	Budapest
2025. március 25–28.	Novel Enzymes 2025	Budapest
2025. május	Biztonságtechnika 2025	
2025. június 1–5.	International Conference on Green & Sustainable Chemistry	Budapest
2025. augusztus 21–24.	Kémiatanári Továbbképzés	Eger

57. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny 2025



Megjelent a 2024/2025 évi versenykiírás!

www.irinyiverseny.mke.org.hu

Jelentkezési határidő: 2024. december 20.

MKE egyéni tagdíj (2025)



Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a 2025. évi tagdíj befizetéséről! A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:

- alaptagdíj: 12 000 Ft/fő/év
 - nyugdíjas (50%): 6000 Ft/fő/év
 - közoktatásban dolgozó kémiatanár (50%): 6000 Ft/fő/év
 - ifjúsági tag (25%): 3000 Ft/fő/év
 - gyesen lévő (25%): 3000 Ft/fő/év
- Tagdíjbefizetési lehetőségek:
- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
 - készpénzes befizetés az MKE Titkárságon (1106 Budapest, Fehér út 10.)

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIX. No. 11. November

CONTENTS

<i>Air transport decarbonisation — a big challenge. Part II. Production of modern, liquid hydrocarbon-based aviation fuels. 1. Fossil energy sources</i>	318
JENŐ HANCSÓK and FERENC HÓKE	
<i>Centennial tradition and renaissance. Interview with Hungarian Chemical Journal's new editors, Lajos Szente and György T. Balogh</i>	323
GÁBOR LENTE	
<i>On the general definition of reaction extent</i>	327
GÁBOR LENTE	
Obituaries	
<i>Sir George K. Radda</i>	329
ISTVÁN HARGITTAI	
<i>Pál Tétényi</i>	332
ISTVÁN HARGITTAI	
<i>Whom is it named after? Raoult's law</i>	333
GYÖRGY INZELT	
<i>"Shocking clothes." How to get rid of static electricity on clothes?</i>	337
CSABA KUTASI	
<i>Chembits</i>	342
GÁBOR LENTE	
<i>Publication of the month</i>	344
<i>News of the month</i>	345

Raman mikroszkópia gyorsan, vizuálisan

A Raman képalkotás korábban specialisták működési területe volt. Mára azonban számos olyan alkalmazási területen is fontos eszközzé vált, ahol a felhasználók nem spektroszkópai szakértők. A **Thermo Scientific DXR™xi képalkotó Raman mikroszkópokban** alkalmazott új műszaki és szoftveres képalkotó megoldások teljesen vizuálissá tették a készülékek használatát, így a technika helyett elsősorban a kérdésekre és a kapott válaszokra lehet fókuszálni.

... kompromisszumok nélkül.

thermoscientific.com/DXRxi



**DXR™xi Raman képalkotó
mikroszkóp**

Nagyteljesítményű, integrált
Raman képalkotó rendszer



**Thermo Scientific
OMNIC™xi Raman
képfeldolgozó szoftver**

Teljesen vizuálisan kezelhető,
gyors, Raman spektroszkópián
alapuló képalkotás

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft., 1144 Budapest, Kőszeg utca 27.

Telefon: +36 1 221 5536 • Fax: +36 1 221 5543

E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu

UNICAM

Magyarország Kft.