

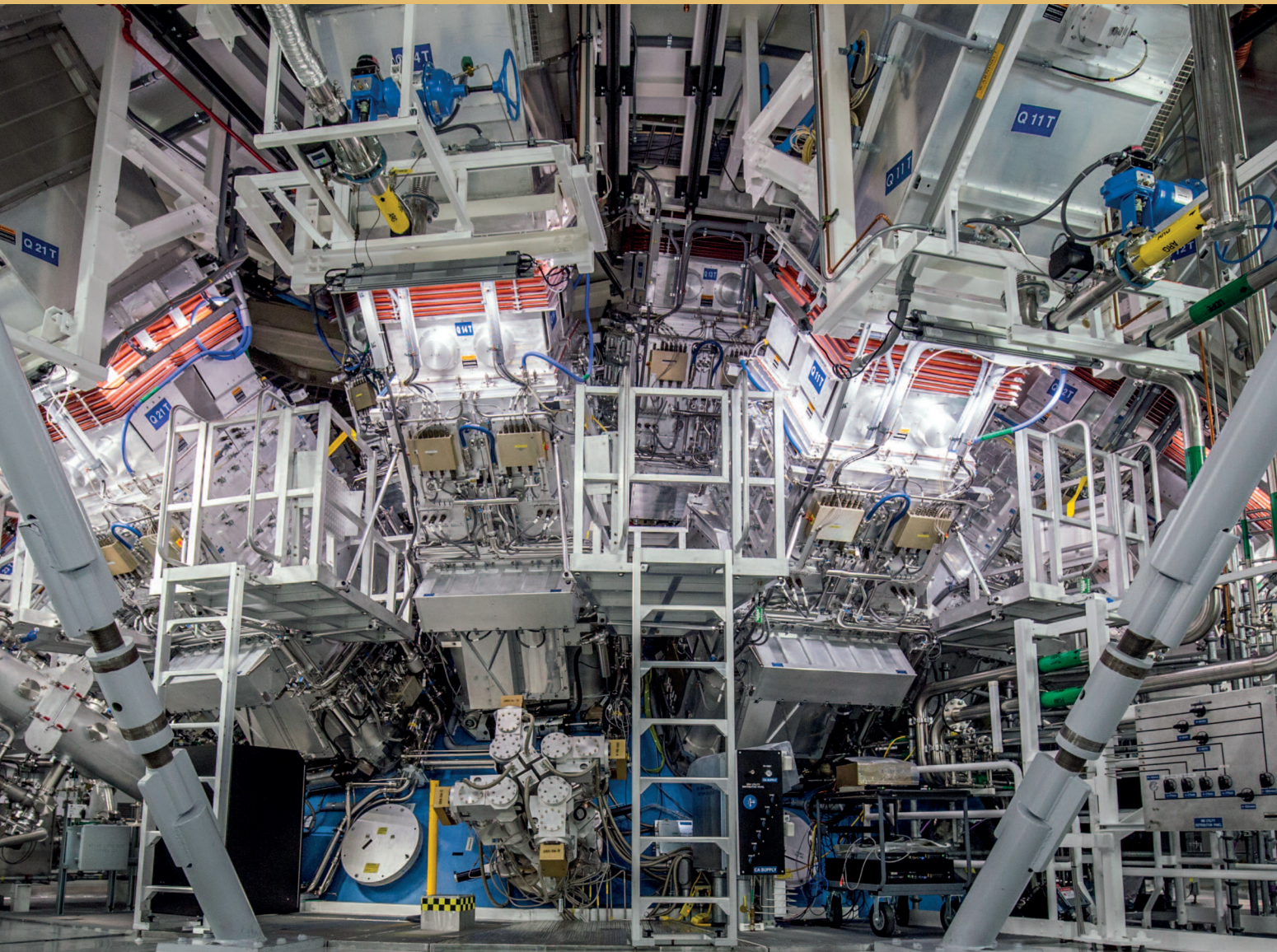
A TARTALOMBÓL:

- Washingtoni séták a tudomány körül
- Áttörés a lézeres termonukleáris fúzióban
- Debye nevéhez fűződő elméletek, egyenletek
- A gyilkos zöld
- Oláh György-emléktáblát avattak Los Angelesben



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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



Lézeres atommagfúzió





Nemzeti Kulturális Alap

A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült



Operando characterization of continuous flow CO₂ electrolyzers: current status and future prospects

Dorottya Hursán  and Csaba Janáky *

The performance of continuous-flow CO₂ electrolyzers has substantially increased in recent years, achieving current density and selectivity (particularly for CO production) meeting the industrial targets. Further improvement is, however, necessary in terms of stability and energy efficiency, as well as in high-value multicarbon product formation. Accelerating this process requires deeper understanding of the complex interplay of chemical–physical processes taking place in CO₂ electrolyzer cells. *Operando* characterization can provide these insights under working conditions, helping to identify the reasons for performance losses. Despite this fact, only relatively few studies have taken advantage of such methods up to now, applying *operando* techniques to characterize practically relevant CO₂ electrolyzers. These studies include X-ray absorption- and Raman spectroscopy, fluorescent microscopy, scanning probe techniques, mass spectrometry, and radiography. Their objective was to characterize the catalyst structure, its microenvironment, membrane properties, etc., and relate them to the device performance (reaction rates and product distribution). Here we review the current state-of-the-art of *operando* methods, associated challenges, and also their future potential. We aim to motivate researchers to perform *operando* characterization in continuous-flow CO₂ electrolyzers, to understand the reaction mechanism and device operation under practically relevant conditions, thereby advancing the field towards industrialization.

Cite this: *Chem. Commun.*, 2023,
59, 1395

Received 9th November 2022,
Accepted 3rd January 2023

DOI: 10.1039/d2cc06065e

rsc.li/chemcomm

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



Journal of Electroanalytical Chemistry 929 (2023) 117113

Journal of Electroanalytical Chemistry

Investigation of poly(3,6-dioxa-1,8-octane-dithiol)-based organosulfur polymer as the positive electrode material in rechargeable Li-S battery

Derek Ovc-Okene^{a,b}, Angamuthu Gnanavel^b, Ákos Szabó^c, Györgyi Szarka^c, Béla Iván^c, Robert Kun^{a,b,*}

^a Department of Chemical and Environmental Process Engineering, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3, H-1111 Budapest, Hungary

^b Solid-State Energy Storage Research Group, Institute of Materials and Environmental Chemistry, Research Centre for Natural Sciences, H-1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2, Budapest, Hungary

^c Polymer Chemistry and Physics Research Group, Institute of Materials and Environmental Chemistry, Research Centre for Natural Sciences, H-1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2, Budapest, Hungary



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



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

Szerkesztőség:

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

Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
DOBÓ DORINA, KEGLEVICH KRISTÓF,
LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR,
PAP JÓZSEF SÁNDOR, ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Szerkesztőbizottság:

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

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

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

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

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

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

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

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

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2023.05

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



fix pontok közé tartozik. Hónaptól hónapra megjelenik szokott izléses külalakjában, színes és sokrétű tartalommal.

Ez alkalommal törzs szerzőink érdeklődésének megfelelően a historikus témák kerültek előtérbe. Folytathatjuk washingtoni sétánkat a Hargittai házaspár vezetésével (természettudományos turizmus). Választ kapunk arra a kérdésre, miért nem szoktak a nagy divatházak zöld színű női ruhákat készíteni. Ennek oka Scheele 18. századi szabadalma, a később Scheele-zöldnek vagy svédzöldnek nevezett festék, mely fő összetevőként réz(II)-arzenitet tartalmazott, és ennek mérgező hatása folytán egyfajta „gyilkos divatot” teremtett. Liebig munkásságán keresztül a 19. század közepének kémiai problémáfelvetéseibe nyерhetünk betekintést, a Debye nevéhez fűződő elméletek, egyenletek, mennyiségek pedig a 20. század fizikai kémiájáról szólnak. Hídként köti össze a múltat (muzeális tárgyak) a jellel (környezetszennyezés) a Braun Tibor hagyatékából való írás, amelyből kiderül, milyen sokféle, bonyolult módon károsodhatnak a műtárgyak a múzeumi környezetben. A jövővel kapcsolatos az energiatermelés új lehetőségét magában hordozó lézeres termonukleáris fúzió új fejleményeit bemutató tanulmány.

Számomra – kémia-történelem szakos tanárként – igen érdekesnek ígérkezik ez az összeállítás. Az az idő, amit az olvasásával töltöttem, jótékonyan kiszakított a közoktatás világából és hangulatából. Ez utóbbi kérdéskörrel e helyütt nem írok. Haldoklókról, halálraítéltekről jót vagy semmit. Annyit mégis, hogy az áprilisi, Debrecenben megrendezett Irinyi-döntő is szép élményem: a kollégákkal való találkozás, tehetséges és motivált diákok százas nagyságrendje. Ők a jövő záloga. Azt hiszem, a Magyar Kémikusok Lapjának szerkesztősége inkább ilyesfajta pozitív, építő jellegű, esetleg szakmódszertani szemléletet föltételez rólam, azért kért fel tagjának. Ezirányú tevékenységemben a kémiatanár társadalmat igyekszem majd képviselni.

Kívánom, forgassák örömmel és haszonnal a lap májusi számát!

2023. május

Keglevich Kristóf

Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium

TARTALOM

SÉTÁK A TUDOMÁNY KÖRÜL

Hargittai István, Hargittai Magdolna: Washingtoni séták a tudomány körül. Második rész **134**

HONNAN LESZ ENERGIÁNK?

Földes István, Tóth Zsolt: Áttörés a lézeres termonukleáris fúzióban **138**

KITEKINTÉS

Intel György: Kiről nevezték el? Debye nevéhez fűződő elméletek, egyenletek, mennyiségek **141**

Braun Tibor: Muzeális műtárgyak légköri környezetvédelme **146**

OKTATÁS

Kutasi Csaba: Gyilkos zöld ruhák, függönyök és tapéták az 1800-as években **149**

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Ménes András: Százötven éve hunyt el Justus Liebig **154**

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata **156**

A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA

A HÓNAP HÍREI **158**

A HÓNAP HÍREI **159**



Címlapunkon:
A Lawrence Livermore
Nemzeti Laboratórium
igníciós egységének
(NIF) targetkamrája,
ahol 192 lézernyaláb
több mint kétféle joule
energiája indított el atom-
magfúziót egy kis üzemi-
anyag-kazettában 2022
végén (fotó: LLNL, NIF)



A tudomány az utcán is velünk van

A Hargittai házaspár az utóbbi években nagy sikerű útikalauzokat írt Budapesten, New Yorkban, Moszkvában és Londonban „sétálva a tudomány körül”. A sorozat most az MKL-ben folytatódik rövidebb utakat bejárva – és reményeink szerint újabb szerzők bevonásával. Kérjük Önöket, írjanak egy-egy magyarországi vagy külföldi város néhány vagy akár csak egyetlen, utcán vagy középületben látható tudományos emlékééről, amelyre szívesen gondolnak személyes élményeik és/vagy olvasmányaik kapcsán.

Az áprilisi számban elkezdődött sorozat a washingtoni National Museum of American History, az Air and Space Museum, a Smithsonian Institution, Albert Einstein és a Nemzeti Tudományos Akadémia kapcsán villantott fel képeket, tárt fel apró részleteket.

Reméljük tehát, hogy elképzelésünk elnyeri olvasóink egyetértését; érdeklődéssel várjuk képekkel illusztrált visszaemlékezéseiket tudományos sétáikról.

A szerkesztőség

Hargittai István – Hargittai Magdolna

■ BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

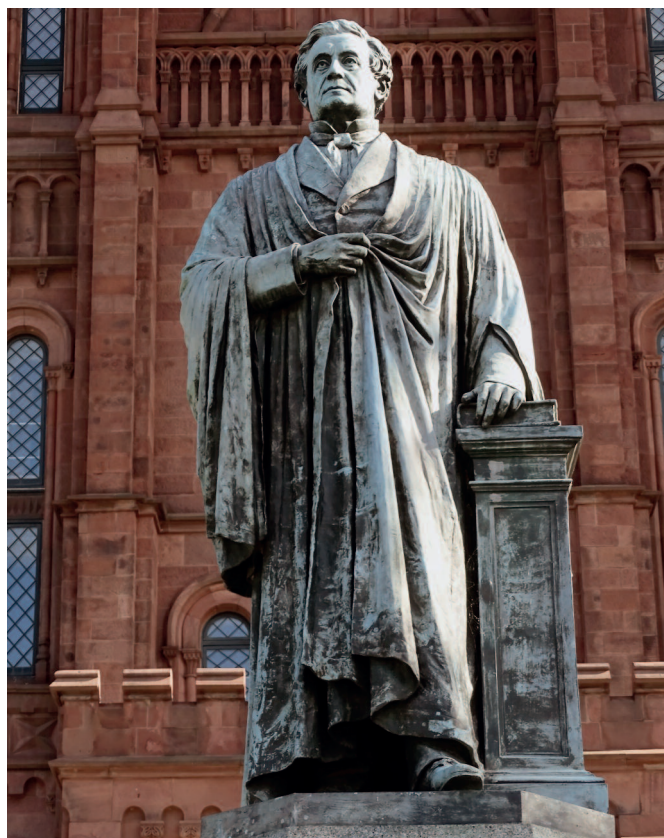
Washingtoni séták a tudomány körül¹ Második rész

Fizikusok

Joseph Henry (1797–1878) szegény családból származott, a nagyanyja nevelte. Matematikát és természetfilozófiát (mai szóhasználatnál fizikát) tanított egy továbbtanulásra előkészítő fiúiskolában. Kísérletezett a mágnességgel és az elektromágnességgel. Egyes felfedezései a brit Michael Faraday felfedezéseivel azonosak voltak, de a két tudós egymástól függetlenül dolgozott. Találmányaiban Henry az elektromágnességet gyakorlati problémák megoldására alkalmazta. 1831-ben kifejlesztett egy olyan szerkezetet, amely elektromágnessel hozott létre mozgást. Elektromágneses reléje segítette Samuel F. B. Morse és Charles Wheatstone elektromos távírójának megalkotását. Henry kutatta a különböző napfizikai jelenségeket. Emlékét őrzi az induktivitás mértékegysége, a *henry*, az SI-rendszerben. Henry kezdeményezte a Princeton Egyetem elődjében a természettudományos oktatást és kutatást. 1846-ban ő lett a Smithsonian Institution első titkára és más tudományszervezési feladatokat is megoldott. Tíz éven át volt az USA Nemzeti Tudományos Akadémiájának elnöke.

Henryt követően az Egyesült Államok még hosszú ideig nem számított vezető hatalomnak a fizikában, és ami fizika volt, az is inkább kísérleti fizika, hangsúlyval a közvetlen gyakorlati alkalmazásokra. Az 1920–1930-as években az Európából Amerikába menekült tudósok megjelenése is segítette a változást, köztük az eredetileg Magyarországról Németországon keresztül menekült magyar tudósoké. Az 1930-as évek közepére a washingtoni George Washington Egyetem (GWU) ambiciózus vezetője, Cloyd H. Marvin elhatározta, hogy erős fizika tanszékot hoz létre az egyetemén. A GWU akkor már kiemelkedő volt a jogtudományok és az orvostudományok területén. Marvinnak 100 000 dollár állt rendelkezésére, ami akkor hatalmas összegnek számított. Azonban még ennyi pénz is csak egy korszerű *elméleti* fizika tanszék kialakítására futotta. 1934-ben meghívta George Gamowot (1904–1968), a nemzetközileg elismert orosz fizikust, aki akkoriban menekült el a Szovjetunióból. Gamownak partnerre volt szüksége, ezért Teller Edét is meghívták, aki így már 27 éves korában egyetemi tanár lett.

**Joseph Henry szobra (William Wetmore Story, 1883)
a Smithsonian Institution „Castle” épülete előtt, Jefferson Drive SW**



¹ A címmel utalunk korábbi könyveinkre, *Budapesti séták a tudomány körül* (Akadémiai Kiadó, 2015), *New York-i séták a tudomány körül* (Akadémiai Kiadó, 2017), *Moszkvai séták a tudomány körül* (Akadémiai Kiadó, 2018) és *Londoni séták a tudomány körül* (Akadémiai Kiadó, 2021).

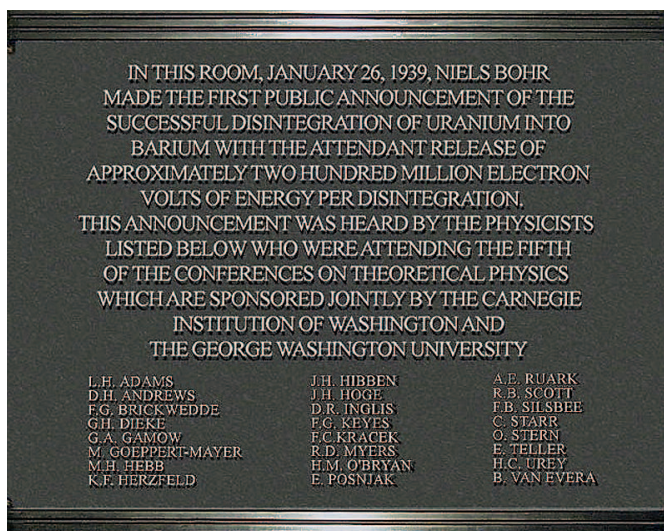
Ebben a részben is az összes fényképet a szerzők készítették (© Hargittai István és Hargittai Magdolna).



George Gamow és Teller Ede emléktáblája a George Washington Egyetemen

Gamow és Teller együttes kutatásuk eredményeként több alapvető felfedezést tett a nukleáris fizikában. Azzal is igyekeztek felpezsdíteni a helyi tudományos életet, hogy minden évben egy-egy kiemelt téma köré elméleti fizikai konferenciát szerveztek. Mivel Amerikában az elméleti fizika akkor még nem volt erős, ezek a konferenciák messze túlmutattak a helyi jelentőségen, és nemzetközi szinten is sokban hozzájárultak az elméleti fizika fejlődéséhez. Az 1939-es ötödik konferencia kiemelt témájával az alacsony hőmérsékletek fizikáját és a szupravezetést választották, de a maghasadás felfedezése alaposan átírta a programot.

1939. január 29-én Niels Bohr meglepetésszerű bejelentést tett az egyetem 209-es termében. Ez Otto Hahn és Fritz Strassmann Berlinben tett kísérleti megfigyeléséről, és annak a két menekült tudós, Lise Meitner és Otto Robert Frisch által adott magyarázatáról szólt. A felfedezés és világtörténelmet befolyásoló követ-



Niels Bohr 1939. január 29-én jelentette be a maghasadás felfedezését. Ezt idézi fel az emléktábla, amely azokat is felsorolja, akik jelen voltak az eseményen

kezményei bőven indokolják, hogy ma a 209-es terem előtti falon az eseménynek emléktábla tiszteleg, amely a Bohr bejelentésén jelen levő fizikusok nevét is megőrökíti.

Bié, a görög mitológiában a hatalom és az erő istene, az atomenergia istenének is tekinthető. A „Chthonodynamis” című emlékmű azt sugallhatja, hogy Bié a nukleáris energiát szimbolizáló atomot öleli magához. Az emlékművet az Energiaügyi Minisztériumnál helyezték el, mert ennek a minisztériumnak az elődje volt annak idején az Atomenergia Bizottság.



Az atomenergia felszabadtását jelképező „Chthonodynamis” című emlékmű (Robert I. Russin, 1992) az Energiaügyi Minisztériumnál, James V. Forrestal épület, Independence sugárút 1000 SW



Villamos energia



Balra: Az elektromos energiát „képvisező” Thalész szobra a Union Station pályaudvar előtt (Louis Saint-Gaudens, 1908). Jobbra: Az egykori Potomac villamosenergia-ipari vállalat székháza (Waddy B. Woods építész, 1929), 10. utca és E utca NW

A villamos energia és a történetében szereplő tudósok bőségesen jelen vannak az emlékművek között. Egyik példánk a washingtoni központi pályaudvar, a Union Station Thalész görög természetfilozófust megjelenítő szobra. A másik példánk egy majdnem százéves épület, a Potomac folyó nevét viselő egykori villamosenergia-ipari vállalat irodaházának domborművei szolgálnak. Az épület 1929–1930-ban épült art déco stílusban. Összesen 18 panel található rajta, amelyek közül 4 szimbólumot ábrázol, 14 panel 25 tudósnak és feltalálónak állít emléket; mind Carl Mose alkotásai. A panelek magasan, a nyolcadik emelet ablakai fölött vannak, ezért az utcáról készült fényképeken rövidülésben látszanak, de azonosításuk így is egyértelmű.

A 10. utcai panelek, balról jobbra: az elsőt Vesta és Vulcanus látható. A többi páronként mutat be tudósokat és feltalálókat, sorrendben: Thalész és Arisztotelész; Alexander Neckham és William Gilbert; Otto von Guernicke és Stephen Gray; Ewald Georg von Kleist és Benjamin Franklin; Alessandro Volta és Humphrey Davy.

Az E utca paneljein tudósok (párosával vagy egyedül) és allegóriák láthatók. Balról jobbra: Hans Christian Ørsted és André-Marie Ampère; Georg Simon Ohm és William Sturgeon; Michael Faraday; William Stanley és Robert W. Bunsen; Thomas Alva Edison; fény; tudás; Charles Proteus Steinmetz; Nikola Tesla és Elihu Thomson; George Westinghouse és Frank Julian Sprague; Alexander Graham Bell és Samuel E.B. Morse, és lezárásul még egy szimbólum. Az épület megnyitásakor a 25 ábrázolt személy közül 5 még élt: Edison, Steinmetz, Tesla, Thomson és Sprague.

Fényképezés

Louis Daguerre (1787–1851) francia művész volt, és a fényképezés úttörője. Fiatalkorában Nicéphore Niépce (1765–1833) asszisztenseként dolgozott, együtt fejlesztették ki a tartós fényképek elkészítésének első technikáját. Egy felületet bitumennel vontak be, és a bitumen fény hatására megszilárdult. A fény által nem ért



Két panel a 18 közül a Potomac-székház homlokzatán.
Balra: Hans Christian Ørsted és André-Marie Ampère.
Jobbra: Nikola Tesla és Elihu Thomson



Louis Daguerre emlékműve (Jonathan Scott Hartley, 1890) az American Art Museum és a National Portrait Gallery közös épületének kertjében, az épület 7. utcai oldalán

területek nem szilárdultak meg, azokat oldószerrel lemosták. A módszer nehézkes volt, nagyon hosszú expozíciós időt igényelt a bitumen megszilárdításához. Daguerre Niépce halála után egyedül folytatta a munkát. Jelentős újítása volt, hogy fényérzékeny ezüst-jodiddal vonta be a papírt, de a szükséges expozíciós idő továbbra is olyan hosszú volt, ami kizárta a sikeres alkalmazást. A döntő lépést az jelentette, amikor Daguerre rájött, hogy már rövid expozícióval is elérheti, hogy az ezüst-jodid bevonaton láthatatlan kép jöjjön létre, amiből aztán megfelelő kémiai eljárással látható képet „hívhat el”. Ezt a már látható képet kellett aztán megfelelő oldattal rögzíteni, hogy ne változhasson tovább a fény hatására. Daguerre nem járt sikerrel, amikor magánbefektetőket keresett a további munka támogatására, és 1839-ben a nyilvánosság elé tárta találmányát. Hatalmas sikert aratott, amikor a Francia Tudományos Akadémia és a Művészeti Akadémia együttes ülésén François Arago bemutatta. A francia kormány Daguerre-nek és Niépce fiának életük végéig rendszeres jövedelmet adományozott, és az egész világ számára díjtalanul rendelkezésre bocsájtotta a nagyszerű találmányt.

Környezetvédelem

Theodore Roosevelt 1901 és 1909 között volt az Egyesült Államok elnöke; elnöksége nagy lendületet adott a természetvédelmi mozgalomnak. Természeti csodák egész sorát, köztük a Grand Canyont nyilvánították védettnek. Természetvédő elnöknek nevezték; erre a címre a legtöbb későbbi elnök is büszke lett volna. Theodore Roosevelt volt az első amerikai Nobel-díjas; a békedíjat 1906-ban kapta az 1905-ös orosz–japán háború befejezéséért tett erőfeszítése miatt.

Az „Extra Mile” különleges emlékmű, amely 34, járdába ágyazott bronz járdajelzőből áll, és egy mérföld (1,6 kilométer) hosszan húzódik a Pennsylvania sugárút, a 15. utca, a G utca, és a 11. utca NW mentén. 2005-ben avatták fel. A 34 kitüntetett között van két kiemelkedő természetvédő. John Muir (1838–1914) természettudós, aktivista és író volt. Eredményesen dolgozott a nemzeti par-



Theodore Roosevelt szobra (Paul Manship, 1967) a Roosevelt-sziget parkjában

kok létrehozásáért. Írásai sok amerikaiat győztek meg a természetvédelem fontosságáról. Rachel Carson (1907–1964) tudományos íróként kezdte pályáját. Felfigyelt a DDT és más növényvédő szerek túlzott használatából eredő környezeti károkra. A *Néma tavasz* címmel magyarul is több kiadást megért könyve a modern környezetvédelmi mozgalom egyik hívószava lett.



John Muir (balra) és Rachel Carson (jobbra) járdajelzője az „Extra Mile” vonalán

Befejező gondolat

Washington tudománnyal kapcsolatos emlékműveiből csak ízelítőt adtunk, és választásunk elismerten szubjektív. Írásunkban nem idéztük azokat a szép szobrokat, amelyekkel a város Benjamin Franklin, John Ericsson, Spencer Baird és Guglielmo Marconi, Samuel Hahnemann és Andrej Szaharov emlékének tisztelg. Ha az egyetemes tudományhoz való amerikai hozzájárulást tekintjük, a főváros sokkal gazdagabb lehetne tudományos emlékművekben. A hatalmas tudományos fellendülést azonban a 20. század és annak is inkább a második fele hozta meg az Egyesült Államokban, és az emlékművek mindig késéssel jelentkeznek. Biztosak lehetünk abban, hogy néhány évtized múlva még gazdagabb választékból állíthat majd össze beszámolót az akkori tudományos turista.





Energiatermelés

Nagyon felértékelődött a különböző energiafajták hozzáférhetősége, gazdaságossága, ára, ökológiai lábnyoma stb. Ezekben a kérdésekben szeretnénk eligazodást nyújtani elsősorban a szakmai oldalra koncentrálni. A politikát nem kívánjuk érinteni, hacsak a gazdasági vonatkozások nem feltétlenül indokolják, hogy utaljunk a politikai tényezőkre. Hiszen a döntéseket természetesen mindig és mindenütt a politikának kell meghoznia. Mi segíteni szeretnénk olvasóinkat, hogy tisztábban lássanak a potenciális lehetőségek sokaságában.

Az áprilisi számban Lente Gábor írt arról a tervezett európai uniós rendeletről, amely szerint 2035 elejétől az Európai Unióban nem adható el benzin- vagy dízelüzemű autó, Harmathy Norbert és Szalay Zsuzsa pedig a „BME a fenntarthatóságért” konferencia előadásairól számolt be. Májusi számunk szerzői a lézeres termonukleáris fúzió új fejleményeivel ismertetik meg az olvasókat. Cikküket a Fizikai Szemle 2023. januári számából vesszük át, a szerkesztőség szíves engedélyével.

Kiss Tamás

Földes István – Tóth Zsolt

■ Wigner Fizikai Kutatóközpont

■ SZTE Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet

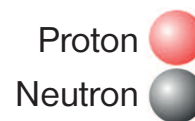
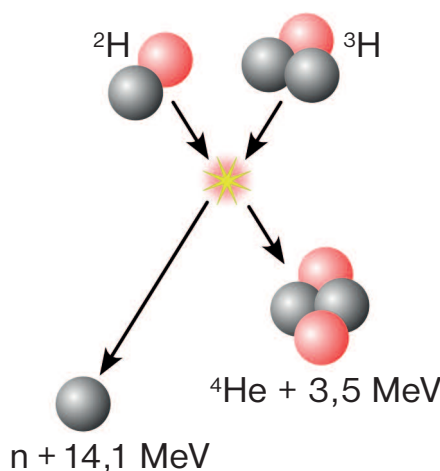
Áttörés a lézeres termonukleáris fúzióban

Az USA Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumában (LLNL), a National Ignition Facility-nél (NIF) 2022. december 5-én sikeres lézeres inerciális (tehetetlenségi összenyomásos) fúziós kísérletet hajtottak végre. Megvalósult a tudományos „break-even”, ami azt jelenti, hogy magas hőmérsékletű plazmában lejátszódó magfúziós folyamatokkal nagyobb energiamennyiséget tudtak termelni, mint a gerjesztésre felhasznált energia.

Magenergia előállítható a nehéz atomok hasadásából, a fissionból, ahogy a hagyományos atomerőművek – mint a paksi is – működnek. Viszont a csernobili és fukusimai katasztrófák óta az ilyen erőművek sokat vesztek vonzerejükéből, több országban leállítják ezeket. A hasadásos erőművek legnagyobb problémája azonban a hosszú felezési idejű radioaktív izotópok tárolása több tízezer évig, amely mindmáig megoldatlan. A magenergia előállításának másik módja, a fissionnál hatékonyabb magfúzió viszont békes alkalmazásokban még nem működik.

Magfúzió könnyű atommagok egyesülésekor megy végbe, és ez a reakció a fissionnál hatékonyabban termelne energiát. Az atommagok Coulomb-taszítása miatt azonban ennek véghezvitele nehezebb, és az atommaghasadással ellentétben energiabevitel igényel, hiszen a Coulomb-gát leküzdéséhez sokmillió fok hőmérsékletre van szükség (ezért termonukleáris), és nincs a folyamatot továbbvivő láncreakció. Magfúzió megy végbe a csillagok belsőjében és a hidrogénbomba robbanásakor, amint azt az 50-es évek óta tudjuk.

A békés termonukleáris fúzió egyik lehetséges módszere, hogy a viszonylag kis sűrűségű plazmaállapotú fűtőanyagot mágneses tér tartja össze. Ez az alapja a készülő európai nagyberendezésnek, az évtized közepére elkészülő ITER tokamaknak is. Az ITER már tartalmazza a majdani reaktor működéséhez szükséges mérnöki tervezés alapjait is. Egy fúziós erőmű nem tud megszabadni, mint a csernobili, hiszen nincs láncreakció, és nem termelne hosszú felezési idejű radioaktív hulladékot sem. A deutérium-trícium (DT) fúziós magreakció (1. ábra) megy végbe a legalacsonyabb

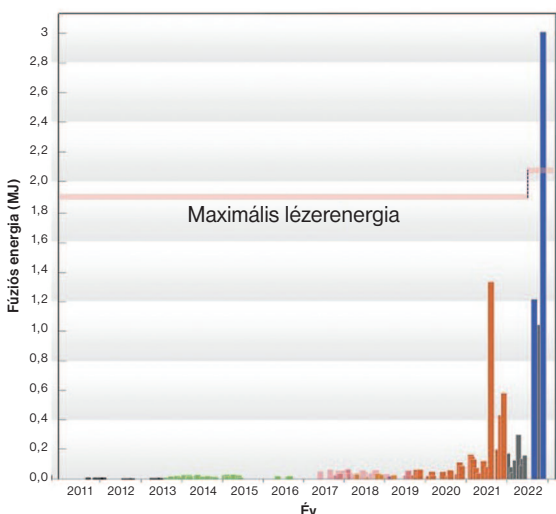


1. ábra. A deutérium-trícium (${}^2\text{H}$ - ${}^3\text{H}$) magreakcióban neutron és alfa-részecske (${}^4\text{He}$ -atommag) keletkezik

hőmérsékleten, de ehhez is mintegy 100 millió kelvin szükséges. Ha ezt a hőmérsékletet kizárólag külső fűtéssel akarjuk elérni, akkor – akár lézeres, akár mágneses fúzió esetében – nagyon sok energiára lenne szükség. A fúziós reakcióban viszont egy 14,1 MeV energiájú neutron és egy 3,5 MeV energiájú alfa-részecske keletkezik. A majdani reaktorban a vákuumkamra falát lítiummal veszik körül, és a neutron energiája ott változik termikus energiává. A plazma effektív felfűtéséhez viszont az alfa-részecskék energiáját lehet kihasználni. Azért nagyon nagy méretű berendezés az ITER, hogy a keletkező alfa-részecskék még a fűtőtérben, a plazmát továbbfűtve veszítsék el energiájukat.

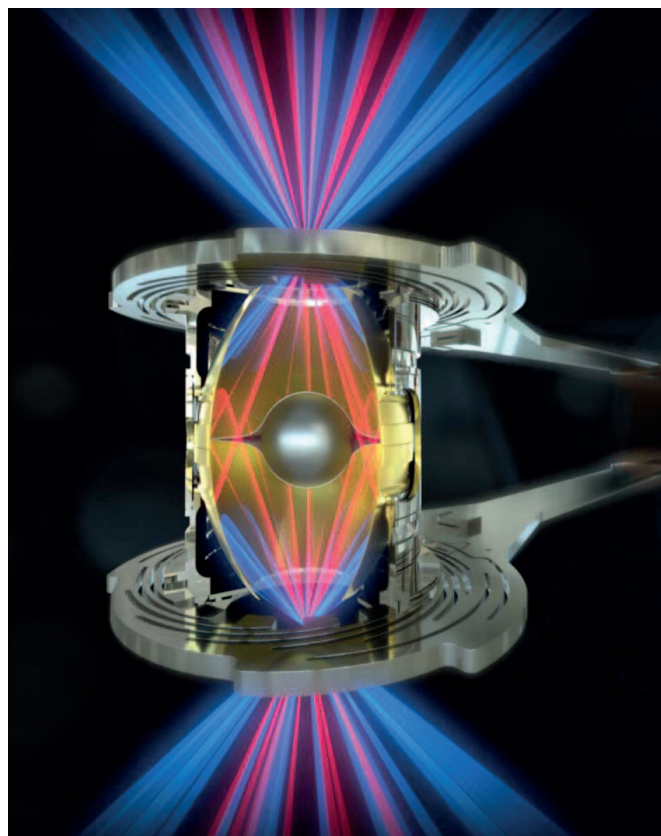


A kutatókat már a hidrogénbomba megalkotása óta foglalkoztatta az a kérdés, hogy lehetséges-e a robbantást kicsiben megcsinálni. Ennek folyományaként született meg egy másik alternatíva, a lézeres fúzió, amelynek lehetőségét először *John Nuckolls* és munkatársai írták le 1972-ben [1]. Lézerimpulzusok segítségével mikrorobantást hoznak létre, amely során egy DT-fűtőanyagot tartalmazó kis, pár milliméter átmérőjű céltárgyat a másodperc milliárdod része alatt magas hőmérsékletre fűtenek fel. A DT-üzemanyag egyúttal nagy sűrűségűre nyomódik össze, és közép-pontjában beindul a fúzió. Az itt keletkező alfa-részecskék fűtik fel a környező összenyomott DT-keveréket olyan hőmérsékletre, hogy a külső tartományokban is végbemehessen a magfúzió. A folyamatot egy 1990-es, *Fizikai Szemlében* közölt cikk részletesen tárgyalta [2]. E módszerrel értek el tudományos áttörést az LLNL-ben a NIF lézerral. Tudományos áttörésnek tekintjük azt, ha a fűtőtérbe befektetett fűtési energiánál több fúziós energiát nyerünk. Az emberiség történelmében ez először 2022. december 5-én 1 órakerült, amikor a 2,05 MJ lézere energiával 3,15 MJ fúziós energiát hoztak létre (2. ábra).



2. ábra. A NIF kutatói sok erőfeszítést tettek az évek során a fúziós hatások növelése érdekében. Az áttörést hozó kísérletben 2,05 MJ-ra növelték a korábbi években elért 1,9 MJ lézere energiát. A grafikon oszlopai különböző technikai megoldásokkal elért fúziós energiát jelölnek. Az utolsó oszlop jelzi az áttörést jelentő kísérlet során elért 3,15 MJ fúziós energiát (<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.6.2.20221213a/full/>)

A NIF lézer 2009 óta működik, de eleinte nem váltotta be a reményeket. Az eredmény több mint 10 év intenzív tudományos és technológiai fejlesztésnek köszönhető. A fúziós kísérletben a 192 lézernyaláb egy centiméter hosszúságú aranyhenger falára fókuszálják, ahol a keletkező plazma röntgensugárzása szimmetrikusan világítja meg a henger belsejében elhelyezett fúziós kapszulát (3. ábra). A fúziós kapszula kívül gyémántszerű szén van borítva, ez az úgynevezett ablátor. A lerepülő ablátor, mint egy rakéta, visszarúg, és összenyomja a fúziós fűtőanyagot. Ezért hívják a lézerfúziót tehetetlenségi összetartású vagy inerciális fúzióknak. A fúziós fűtőanyag kriogén deutérium-trícium keverék, amelyet egy vékony, 2 mikrométer átmérőjű (!) csövön töltenek a henger és a szénablátor belsejébe. A szimmetrikus összenyomás a folyadék sűrűségének ezerszeresére nyomja össze a szilárd DT-keveréket. A gömbszimmetria következtében a kapszula közepén található részecskék érik el először a fúziós begyűjtőhöz szükséges hőmérsékletet.



3. ábra. Az aranyüregbe két oldalról, alulról és felülről lövik be a 192 lézernyaláb. Az egyes lézernyalábok hullámhossza különböző lehet, hogy elkerüljék a nemlineáris kölcsönhatásokat. Az üreg falán keltett röntgensugárzás nyomja össze a kriogén fúziós kapszulát. Az elrendezés fényt árnyékoló ernyőket és „hideg-ujjat” is tartalmaz (<https://lasers.llnl.gov/science/pursuit-of-ignition>)

A NIF lézer azért keltett csalódást 2010 és 2012 között, mert a gyenge szimmetria miatt nem sikerült elérni az alfa-részecskével való fűtést. A szimmetriát ronthatja az aranyüreg faláról és az ablátorról lepárolgó plazma, ezért az üreg He-gázzal van töltve, a lézernyalábok az üregbe egy vékony ablakon keresztül lépnek be. Jelentős előrelépés volt, amikor gyémántból sikerült előállítani az ablátort a korábbi plasztik helyett, mert az kevésbé párolog, így a gáznyomás alacsonyabb lehet, nem lépnek fel lézer-plazma instabilitások. Az üreg alakja is sokat változott, nem egyszerű henger, hanem olyan alakú, ami lehetővé teszi a kapszula szimmetrikus megvilágítását. Az egyes lézernyalábok frekvenciáját is úgy hangolták, hogy a lézer-plazma instabilitások következtében visszaszóródó fényt redukálják. Alapvető fontosságú a kapszula szimmetriája. Kiderült – ha el akarjuk kerülni az aszimmetriát –, hogy a kriogén fűtőanyagot csak a fent említett, rendkívül vékony töltőcsövön lehet betölteni. Az elmúlt években nagyságrenddel sikerült csökkenteni a kapszula felszínén levő mikrométernél is kisebb hibák számát.

Mindezeknek a fejlesztéseknek, erőfeszítéseknek tudható, hogy 2021 elején már több mint 100 kJ fúziós energiát sikerült előállítani [3]. Ezekben a kísérletekben már jelentős alfa-részecske-fűtés is megfigyelhető volt, de a forró anyag sugárzási vesztesége meghaladta azt. A nagy ugrást a 2021. augusztus 8-i kísérlet jelentette, ahol 1,9 MJ lézere energiából 1,35 MJ fúziós energiát sikerült kinyerni [4, 5]. Ekkor már egyértelmű volt az erős alfa-részecske-fűtés, amelynek mértéke meghaladta a sugárzási veszteségeket. A sikeres kísérletet majdnem egy éven át nem tudták



megismételni, de 2022 őszére sikerült megoldani a problémákat, és a lézerenergiát is 2,05 MJ-ra tudták növelni. Ennek következménye a mostani tudományos áttörés, azaz a kinyert 3,15 MJ fúziós energia, amit a céltárgyat körbevevő neutrondetektorokkal – hiszen a fúziós neutronok energiája ismert – mértek. Az eredmények azt mutatták, hogy az intenzív alfa-részecske-fűtés 150 millió kelvinre fűtötte fel a kapszula deutérium- és tríciumatommagját. A kísérlet során a DT keverék 4%-át égették el, tehát van még lehetőség az előrelépésre, a hatások további növelésére.

Érdeemes elgondolkodni, mit jelent ez a nagyszerű eredmény, és hogyan lehet továbbhaladni. A lézer még egy régi technológiával, azaz nem száloptikával vagy diódapumpálással működik, ezért több mint 300 MJ energia kell egy lövéshez. A mintegy 2 MJ lézerenergiából a röntgenkonverzió után csupán 200–300 kJ energia jut el a kapszulába, és a rakéta-effektus alacsony hatásfoka miatt az összenyomó és fűtő kinetikus energia kevesebb, mint 20 kJ. Ebből keletkezett a 3,15 MJ fúziós energia.

A tudományos áttörés valós, de mi kell ahhoz, hogy a lézeres fúzió energiát termeljen? A lézerek hatásfoka sokat nőtt az elmúlt évtizedekben, ma már a 10% feletti hatásfok érhető el. Ennek ellenére a fúziós céltárgyból a jelenlegi másfélszeres helyett legalább százszoros energiahozamra van szükség. Várhatóan 2023 nyarára sikerül a lézer energiáját újabb 8%-kal megnövelni (az energia növelhetőségét a jobb minőségű, nagyobb roncsolási küszöbvel rendelkező optikák teszik lehetővé), amivel a jelenlegi hatásfok növelhető. Említettük, hogy a jelenlegi kísérletben a fúziós fűtőanyag csak 4%-át égették el, a reaktorszerű működéshez ezt mintegy 30%-ra kell növelni. A jelenleg alkalmazott indirekt, röntgensugárral végzett összenyomás hatásfoka is alacsony. A direkt, lézerrel történő összenyomás, ha nehezebb is végrehajtani, hatékonyabb lehet, ami csökkentheti a szükséges lézerenergiát.

A reaktorműködés nehezen képzelhető el a jelenlegi rendkívül bonyolult, összetett céltárgyakkal. Hiszen, ha egy lövésből sikerülne is 100 MJ fúziós energiát előállítani, akkor is másodpercenként legalább 10 ilyen céltárgyra van szükség van szükség egy GW teljesítményű energiablokkhoz (a lézer 10 Hz-es működése ma már nem jelent problémát). Egy sima, a direkt összenyomáshoz tervezett kriogén gömb 10 Hz-es beinjektálása a vákuumtérbe talán még megoldható. A direkt összenyomás azért problémás, mert nincs meg a röntgensugárzás szimmetrizáló hatása. Szimmetrikus megvilágítás csak a sok nyaláb egymással való kölcsönhatásakor fellépő nemlinearitások kiküszöbölésével valósulhat meg. Továbbá a lézerek – hosszabb hullámhosszuk miatt – nem elég mélyen hatolnak az ablátorba, így a hidrodinamikai hatások is ala-

csony. E problémák megoldása a következő évek intenzív kutatását igénylik.

Ebbe az irányba illeszkednek a Szegedi Tudományegyetem Fizikai Intézet Nagyintenzitású Lézerlaboratóriumának (HILL) kutatásai, alternatív hullámhosszakon (193 nm és 248 nm) működő ArF és KrF excimer lézerforrások vizsgálatával. A fúziós kísérletekhez jelenleg az infravörös tartományban működő szilárdtest-lézerek frekvenciatöbbszörözött (355 nm hullámhosszú) impulzusait használják. Maga a frekvenciatöbbszörözés is alacsony (körülbelül 30%) hatásfokú. Az excimer lézerek ezzel szemben már eleve ultraibolya hullámhosszon működő impulzusüzemű fényforrások, amelyekkel rövidebb hullámhosszon érhető el a szilárdtest-lézerek frekvenciatöbbszörözés utáni hatásfoka [6]. Az excimer lézerek alkalmazása azért is lehet ígéretes, mert szimulációk azt mutatják, hogy a 193 nm hullámhosszúságú impulzusokat kibocsátó ArF lézer esetében a fúziós céltárgy összenyomása során kevésbé lépnek fel instabilitások, mint hosszabb hullámhosszak esetén [7].

Az európai kutatók nem akarnak a probléma megoldásával az Egyesült Államokra várni. Próbálják újraéleszteni a HiPER+ programot, egy közös európai, direkt összenyomású módon megvalósítandó, kizárólag békés lézerfúziós berendezést. A HiPER lézer korábban benne volt az Európai Unió kutatási-fejlesztési tervében (roadmap), de a NIF lézer korai balsikere miatt nem kapott anyagi támogatást. Most újra lehet, sőt újra kell éleszteni egy módosított, új projekttel, amiben remélhetőleg Magyarország is érdemben részt fog venni. ●●●

IRODALOM

- [1] J. Nuckolls, L. Wood, A. Thiessen, G. Zimmerman: Laser compression of matter to super-high densities: Thermonuclear (CTR) applications. *Nature* (1972) 239/5368, 139; <http://www.nature.com/articles/239139a0>
- [2] Földes István: Termonukleáris fúzió mikrorobbantással. *Fizikai Szemle* (1990) 40/7, 203; <http://fizikaizemle.hu/old/archivum/fsz9007/tart9007.html>
- [3] A. B. Zylstra, et al.: Burning plasma achieved in inertial fusion. *Nature* (2022) 601/7894, 542; <http://www.nature.com/articles/s41586-021-04281-w>
- [4] A. L. Kritcher, et al.: Design of an inertial fusion experiment exceeding the Lawson criterion for ignition. *Physical Review E* (2022) 106/2, 025201; <http://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.106.025201>
- [5] A. B. Zylstra, et al.: Experimental achievement and signatures of ignition at the National Ignition Facility. *Physical Review E* (2022) 106/2, 025202; <http://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.106.025202>
- [6] I. B. Földes, S. Szatmári: On the use of KrF lasers for fast ignition. *Laser and Particle Beams* (2008) 26, 575–582.
- [7] S. P. Obenshain, A. J. Schmitt, J. W. Bates, M. F. Wolford, M. C. Myers, M. W. McGeoch, M. Karasik, J. L. Weaver: Direct drive with the argon fluoride laser as a path to high fusion gain with sub-megajoule laser energy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* (2020) 378/2184, 2020003; <http://royalsocietypublishing.org/toc/rsta/2020/378/2184>

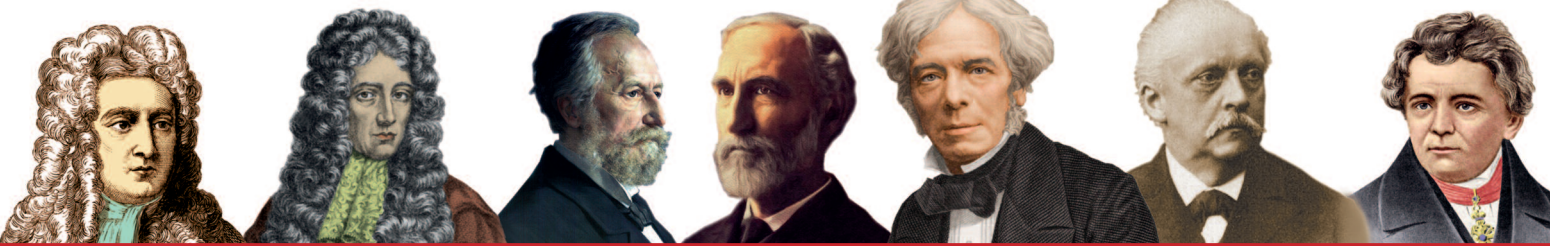
Akkumulátorgyártás Magyarországon

A Debreceni Egyetem korábbi rektora, Fábián István vegyészprofesszor *Magyarország akkumulátor-nagyhatalom lesz! Megéri?* címmel tartott nagy érdeklődéssel kísért szakmai előadást a Debreceni Akadémiai Bizottság Székházában (korábban a TTIK dékánja nem engedélyezte az előadás megtartását a Debreceni Egyetemen). Az előadó leszögezte: az értelmiség felelősségének tartja, hogy megszólaljon a szakterületét érintő kérdésekben. Mint mondta, nagyon sok tévhit, félinformáció és téves információ látott napvilágot a témában, ő ugyanakkor megbízható nemzetközi szakirodalomra és hivatalos megnyilvánulásokra támaszkodott az előadás készítése során. *(Debreciner)* Az előadás felvé-

tele elérhető a YouTube-on: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=B9cCdpaxESE&fbclid=IwAR3m67ZDaPNXBhTvE-APTj2cTcBe6v97s4xCilym2qzTHG5JQLmnb-5sKON8>

*

A Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont főmunkatársa, Éltes Andrea az elérhető információk, elemzések alapján járja körül az akkumulátorgyártás fokozásának kérdését új tanulmányában, amelyből az üzemek mai működése mellett kirajzolódik „a hiteles és rugalmas kormányzati stratégia és a tényalapú tájékoztatás hiánya”. (https://vgi.krtk.hu/wp-content/uploads/2023/03/Elteto_MT_147.pdf)



KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

Debye nevéhez fűződő elméletek, egyenletek, mennyiségek

A 19. század végén Arrhenius elmélete, amely szerint az oldatokban töltött részecskék (pozitív és negatív ionok) léteznek, és ezek bizonyos anyagok (elektrolitok) oldódása során keletkeznek, forradalmi változást hozott az elektrokémiában. Ezzel nemcsak az áram vezetését lehetett megmagyarázni, hanem az úgynevezett kolligatív tulajdonságokat (fagyáspont-csökkenés, forráspont-emelkedés, ozmózisnyomás), amelyek nagysága az oldatokban lévő részecskék számával változik. Az elektrolitot diszociáció során pedig legalább kétszer annyi részecske keletkezik, mint volt, ha a diszociáció teljes. Azt tapasztalták, hogy sok elektrolitnál a hatás kisebb, tehát kettőnél kevesebb ion keletkezik egy molekulából. Ezt úgy magyarázták, hogy a diszociáció egyensúlyi folyamat, tehát maradnak nem diszociált molekulák is. Ez nagyon jól illett az egyensúlyi termodinamika koncepciójába, amely az elektrokémiával párhuzamosan fejlődött ugyanabban a korban. A teljes diszociáció elképzelése viszont nem illett ebbe a felfogásba, ezért Svante Arrhenius (1859–1927, Nobel-díj: 1903) és mentora Wilhelm Ostwald (1853–1932, Nobel-díj: 1909) ezt el is utasította. Hiába küzdött éveken keresztül több tudós, például a dán Niels Bjerrum (1879–1958) azért, hogy igenis létezik a teljes diszociáció, és az elektromos vezetésben és más tulajdonságokban észlelt eltéréseket az ionok közti kölcsönhatásokkal, illetve asszociációs folyamatokkal megmagyarázhatók.

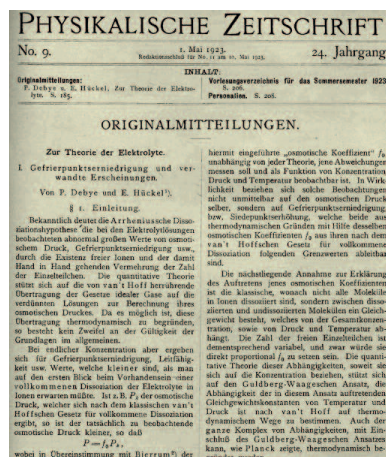
Bjerrum szerint „az elektrolitikus diszociációt legjobban úgy magyarázhatjuk, ha Arrhenius hipotézisét a következő módon változtatjuk meg. Feltesszük, hogy az erős elektrolitok mindig teljesen ionokra bomlanak.” „Ha ez az elgondolás helytálló, akkor a molekuláris vezetés csökkenése és a fagyáspont-csökkenés, amely a koncentráció növekedésével kapcsolatos, eltéréseinek okát az ionok elektromos töltéseinek egymásra gyakorolt hatásában találhatjuk meg.” [1, 2].

Érdeemes megnéznünk Bjerrum 1909 és 1929 között megjelent jelentősebb, az ünnepi kötetben foglalt előadásainak címeit e témában [2]: A New Form for the Electrolytic Dissociation Theory (1909), The Dissociation of Strong Electrolytes (1916), On the Activity Coefficient for Ions (1919), On Electric Forces Between Ions and Their Effects (1925), Investigations on Association of Ions. I. The

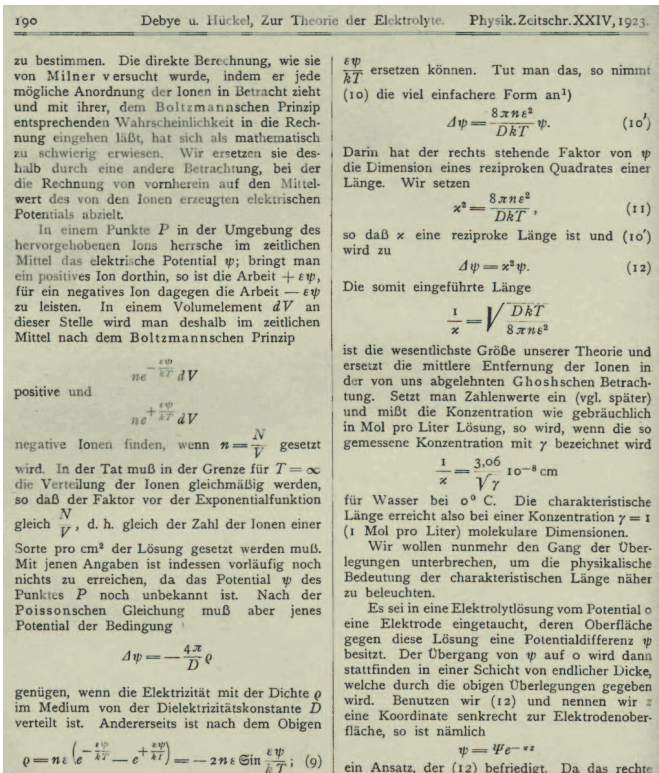
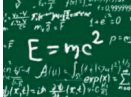
Influence of Association of Ions on the Activity of the Ions at Intermediate Degrees of Association (1926), The Theory of Ion-Distribution Coefficients, Their Determination and Use (1926), Recent Views on Electrolytes (1929). Debye és Hückel a Bjerrum által megnyitott úton haladt, amit cikkükben [3] (1. ábra) is elismertek. Meg kell még említenünk, hogy a Poisson-egyenlet és a Boltzmann-eloszlás kombinációját Louis Georges Gouy (1854–1926) [4] és David Leonard Chapman (1869–1958) [5] alkalmazta már korábban az elektrokémiái kettős réteg, azaz egy végtelen kiterjedésű töltött felülettel szemben kiépülő ioneloszlás leírására. Debye és Hückel egy adott iontól való gömbszimmetrikus töltéseloszlásra használta az eljárást.

Az erős elektrolitok Debye–Hückel-féle elmélete

Debye és Hückel 1923-ban közzétett elméletükben [3, 6] csak az ionok közötti elektrosztatikus kölcsönhatást vették figyelembe a többi intermolekuláris kölcsönhatást elhanyagolták (1. és 2. ábra). A tiszta oldószer dielektromos permittivitásával számoltak, ennek változását az elektrolit koncentrációjával nem vették figyelembe. Az ionokat gömbszimmetrikus elektromos mezejű, pontszerű, nem polarizálódó töltéseknek tekintették. Az egyes ionokat körülvevő többi, ellentétes töltésű iont folytonos eloszlá-



1. ábra. A híres Debye–Hückel-cikk első oldala



2. ábra. Sorok a Debye–Hückel-cikk egy jellemző oldalából, a levezetés részletével

sú töltésfelhővel (ionatmoszféra) írják le. Az ionok közötti vonzási potenciál kicsi a hőmozgás energiájához képest. Az elektrolitokat teljesen disszociálnak tekintik, tehát az elmélet alapján véve csak az erős elektrolitokra vonatkozik.

Az elektroneutralitás elvének megfelelően bármely oldat dV térfogatelemében a töltés időbeli átlaga ($\sum n_i z_i e = 0$), ahol n_i és z_i az ionok száma, illetve a töltése, e pedig az elemi töltés; és az elektromos potenciál (Ψ) is nulla az oldat más térfogatelemével szemben, mert az adott térfogatelemben a pozitív és negatív töltésű ionok töltései kiegyenlítik egymást. Ha viszont az adott térfogatelemben egy központi ionnal összekötvé képzeljük el, ekörül több ellentétes ion lesz, amelyek mennyisége az elektromos ($z_i e \Psi$) és a hőenergia (kT) viszonyától függ, és elektromos potenciál is rendelkezünk a központi iontól különböző távolságokhoz. A töltéssűrűség (ρ) időbeli átlaga az egyes ionok töltésének összegződéséből adódik:

$$\rho_j = \sum n_i z_i e \exp[-z_i \Psi_j / kT] \quad (1)$$

A j alsó index a központi ionra, míg i az ionatmoszféra ionjai-ra vonatkozik.

Mivel feltételezték, hogy $z_i e \Psi \ll k_B T$, az exponenciális sorbafejtésénél elég a lineáris tagot megtartani. Ez az egyszerűsítés ahhoz vezet, hogy az egész modell csak híg oldatokra érvényes. Az elektroneutralitás elvét figyelembe véve a továbbiakban azzal számoltak, hogy ρ lineárisan függ a potenciáltól. Az elektrosztatika törvényei szerint a töltésekből származó potenciálok lineárisan összegződnek, tehát a Boltzmann-féle exponenciális eloszlás nem lenne használható, mert ellentmond a Poisson-tételnek. Mivel a sorbafejtés után lineáris összefüggést kapunk, a Poisson-féle differenciálegyenlet alkalmazva gömbszimmetrikus töltésselosztás esetére a tértöltés sűrűsége és a potenciál közötti összefüggés megkapható. A részletes levezetés könyvekben megtalálható [7–10].

A levezetés végén megkapjuk az erős elektrolitok Debye–Hückel-féle elméletének alapegyenletét, amelyből az ionok közötti elektrosztatikus kölcsönhatásokból származó jelenségek levezethetők:

$$\Psi_j = \frac{z_j e}{4\pi\epsilon} \frac{\exp(\kappa a) \exp(-\kappa a)}{1 + \kappa a} \frac{1}{r}, \quad (2)$$

ahol a az ionok középpontjának egymástól való legkisebb távolságát, vagyis az oldatbeli effektív sugaruk összegét jelenti. Ez is elég durva közelítés, mert például az ionmozgékonyaságok alapján a eltérő a különböző ionokra. Az r a központi ion középpontjától számított távolság, az ϵ a dielektromos permittivitás.

A κ reciproka ($L_D = 1/\kappa$) az ún. karakterisztikus távolság (az ionatmoszféra sugara vagy vastagsága), amelyet **Debye-hossz**-nak (Debye–Hückel-hossz, Debye–Hückel-paraméter) hívunk:

$$\kappa = (2F^2 I_c / \epsilon RT)^{1/2}, \text{ ahol } F \text{ a Faraday-állandó, és } I_c = 1/2 \sum c_i z_i^2 \text{ az ionerősség.}$$

A Debye–Hückel elmélet első nagy sikerét az hozta, hogy az ideális viselkedéstől való eltérést kifejező aktivitási tényezőt ki lehet számítani, ha az ideális viselkedéstől való eltérés csak az elektrosztatikus kölcsönhatásnak tulajdonítható és az oldat híg ($c < \sim 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$), ahogy azt az elmélet feltételezi.

A közepes aktivitási tényező (γ_{\pm}) logarimusa gyökösen függ az ionerősségtől:

$$\ln \gamma_{\pm} = -A z_+ z_- \sqrt{I} (1 + B a \sqrt{I})^{-1}, \text{ ahol} \quad (3)$$

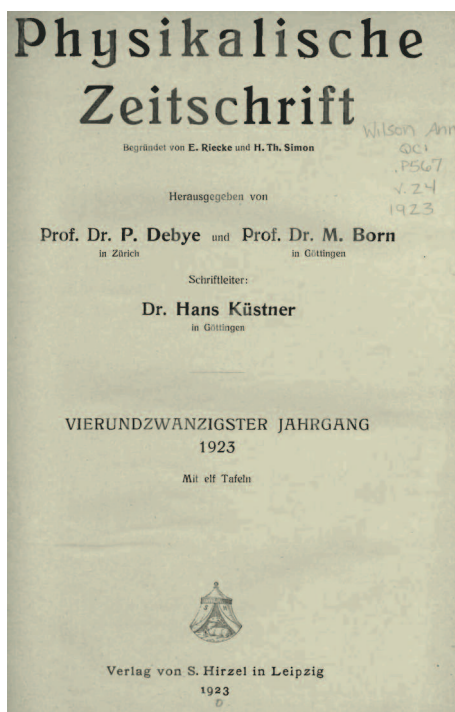
$$A = 1,825 \times 10^6 (\epsilon_r T)^{-3/2} (\text{dm}^{3/2} \text{mol}^{-1/2}), \text{ illetve } B = 5,03 \times 10^{10} (\epsilon_r T)^{-1/2} (\text{dm}^{1/2} \text{mol}^{-1/2}).$$

Nagyon híg oldatokban egyszerű gyökös függés adódik:

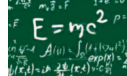
$$\ln \gamma_{\pm} = -A z_+ z_- \sqrt{I}$$

(Töményebb oldatokban γ_{\pm} még nőhet is a koncentrációval!)

Látható, hogy Debye is egyik főszerkesztője volt annak a folyóiratnak, ahol a cikkük megjelent (3. ábra). A másik Max Born (1882–1970, Nobel-díj: 1954), aki szintén nagyban hozzájárult az elektrolitok elméletének megértéséhez. Különösen a hidratációs



3. ábra. A Physikalische Zeitschrift címlapja, ahol Debye és Hückel cikke is megjelent



elmélete bizonyult gyümölcsözőnek. A következő témánk szempontjából ennek az elméletnek az a jelentősége, hogy az ionok hidratburkukat is magukkal viszik vándorlásuk során, és ez is hat a mozgékonyaságukra.

Az erős elektrolitok elektromos vezetéseinek koncentrációfüggésére vonatkozó Debye–Hückel–Onsager-féle határtörvény

Az erős elektrolitok Debye–Hückel-féle elméletének másik nagy sikere az volt, hogy a Friedrich Kohlrausch (1840–1910) által kísérleti eredmények alapján meghatározott törvénynek elméleti magyarázatát tudták adni [8, 11, 12, 13]. Kohlrausch szerint az erős (teljesen disszociáló) elektrolitok híg oldataiban az elektromos vezetése a koncentrációval való változását az alábbi egyenlet adja meg:

$$\Lambda_o - \Lambda_c = A \sqrt{c}, \quad (4)$$

ahol Λ_o és Λ_c a „végtelen hígítású” oldat (extrapolációval határozható meg) illetve a c koncentrációjú oldat moláris vezetése, A pedig egy állandó.

Lars Onsager (1903–1976, Nobel-díj: 1968) felhasználta a Debye–Hückel-féle elméletet, és alapvetően két tényezőt vett figyelembe. A központi ion és az ionfelhő ionjai lévén ellentétes töltésűek, és így ellentétes irányba vándorolnak az elektromos potenciálgradiens hatására. Ezáltal az ionok ellenáramban mozognak, ami csökkenti a mozgékonyaságukat. A mozgékonyaság csökkenéséhez vezet az is, hogy a mozgás során az ionatmoszféra deformálódik, és az ellentétes töltésű ionok egymásra gyakorolt vonzó hatása is gátolja az ionok mozgását.

Debye neve még számos egyenletben szerepel, amelyek közül néhányat felsorolunk: **Debye–Clausius–Mossotti-egyenlet** (a Clausius–Mossotti-egyenlet kiterjesztése poláris molekulákra) [14, 15], **Debye–Falkenhagen effektus** (nagy frekvenciás váltóáram hatására nő az ionok vezetése) [16]. A szilárd anyagok fajlagos hőkapacitásával kapcsolatos **Debye-egyenlet**, **Debye-hőmérséklet** [17]. **Debye–Waller-tényező** (a röntgensugárzás szóródásának módosulása a hőmozgás miatt). **Debye–Scherrer pordiffrakciós röntgentechnika**, **-gyűrű**. **Debye-szórás** (makromolekulás oldatok fényszórási tartománya). A molekuláris dipólmomentum nem hivatalos egysége (nem SI-egysége) a **debye** (**D**), de az IUPAC megengedi a használatát [18].

Peter Joseph Wilhelm Debye

Petrus Josephus Wilhelmus Debije (Maastricht, Hollandia, 1884. március 24. – Ithaca, USA, 1966. november 2.) (**4. ábra**) a helyi vasárugyárban művezetőként dolgozó Joannes Wilhelmus Debije (1859–1937) és Maria Anna Barbara Ruemkens (1859–1940) első gyermekeként született. A Debije család már több generáció óta Maastrichtban élt, katolikusok voltak (mint a többség Limburg tartományban) és a helyi nyelvjárást beszélték. Peter Debye is ezt a nyelvjárást beszélte, sőt élete végéig a barátaival való kommunikációban is ezt használta, nem a hivatalos holland nyelvet. Az általános iskolát, különösen a természettudományi tárgyakból, kiváló eredménnyel végezte. Ugyan négy nyelvből is vizsgázott, de latinból és görögből nem, ezért nem mehetett holland egyetemre. Az Aacheni Műszaki Főiskolára iratkozott be, és naponta ingázott, mert a család a tanulmányai költségeit is nehezen fedezte, ottani szállást pedig végképp nem tudtak volna finanszírozni. Ekkor került sor arra is, hogy elkezdte használni nevének

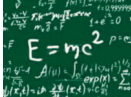


P. Debye

4. ábra. Peter Joseph Wilhelm Debye

eredménye mellett a legjelentősebb a szilárd anyagok állandó térfogaton mért fajlagos hőkapacitásának hőmérsékletfüggésére levezetett T^3 -ös összefüggés [17]. Megemlíjtjük, hogy a kiváló magyar fizikus, Ortway Rudolf (1885–1945) zürichi tanulmányútja során mellette dolgozott. Debye-t 1912-ben az Utrechti Egyetemen találjuk. Valószínűleg azért ment oda, hogy kísérleti munkára (például dipólmomentum mérésére) is legyen lehetősége. Mivel ez a célja nem vált valóra, 1914-ben Göttingenbe ment. Többek között itt dolgozta ki Paul Scherrerrel (1890–1969) a rólu elnevezett röntgendiffrakciós technikát. Scherrert sem érintette a katonai behívó, mert ő svájci állampolgár volt. A háború utáni rossz körülmények miatt 1920-ban Debye Zürichbe ment. Zürichben születtek Hückellel az elektrolitok szerkezetével és vezetésével foglalkozó nagy hatású cikkeik; ez a terület új kutatási irányt jelentett a tevékenységében. 1923-ban publikált egy jelentős cikket „X-ray scattering and quantum theory” címmel, amelyben a Compton-effektus (a röntgensugárzás hullámhosszána változása az elektronon való szóródás miatt) elméleti magyarázatát fejt ki. A röntgendiffrakcióval kapcsolatos kutatásait 1927-től Lipcsében folytatta, ahol a Lipcsei Egyetem Fizikai Intézetének professzori és igazgatói állását töltötte be. A dipólusmomentummal és a röntgendiffrakcióval kapcsolatos kutatásaiért nyerte el a kémiai Nobel-díjat 1936-ban a következő indokolással: „for his contributions to our knowledge of molecular structure through his investigations on dipole moments and on the diffraction of X-rays and electrons in gases” [22]. Debye Nobel-díjáról Erdey-Grúz számolt be [23]. [Arthur H. Compton (1892–1962) a röntgenszóródás kutatásaiért – megosztva – az 1937-es fizikai Nobel-díjat kapta meg.] 1935-től Debye a berlini Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Intézet Fizikai Intézetének igazgatói állását foglalta el, és professzorként tanított a Berlini Egyetemen. Az igazgatói állás, amellyel lakás is járt, élethossziglan szólt. Holland állampolgárságáról sem kellett lemondania. Berlinben egy másik neves fizikusunk, Budó Ágoston (1914–1969) dolgozott Debye laboratóriumában, ahol a dielektromos relaxáció és a molekulaszerkezet összefüggéseit vizsgálta az 1937–38-as tanév során.

Debye nem igazán törődött azokkal az eseményekkel, amelyek a náci Németországban történtek, sőt a háború kitörése után is maradt. Végül 1940-ben hagyta el az országot, egy svájci konfe-



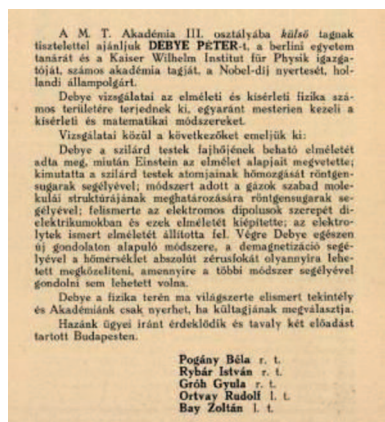
renciaira utazott, majd onnan az Egyesült Államokba. 1940 decemberében feleségét is kiengedték utána. Egyik fia már ott volt, de a másik és két lánya csak a háború után követhette. Debye a Cornell Egyetem Kémiai Tanszékének vezetője lett. Haláláig itt dolgozott, 1952-től professzor emeritusként. Főleg makromolekulás oldatok fényszórásával foglalkozott. A háborúval kapcsolatos kutatásokba nem vonták be. 1946-ban kapta meg az amerikai állampolgárságot.

Debye magatartása a náci Németországban később sok kritika tárgya lett. Az pedig, hogy az USA azonnal befogadta, egyik jelentős egyetemén azonnal professzor lett, szintén kérdéseket vet fel [24, 25]. 1939 őszén a berlini kutatóintézetét bízták meg az uránalapú atomreaktor építésével. Saját visszaemlékezése szerint Debye ebben nem vett részt, mivel nem volt hajlandó felvenni a német állampolgárságot, amire most már kötelezték volna, be sem léphetett a laboratóriumba [26].

Amit később leginkább felrögtak neki, az egy 1938. december 9-ei levele volt. Ebben mint a Német Fizikai Társaság (DPG) elnöke írt a zsidó származású tagoknak, és abban a nürnbergi törvényekre hivatkozva lemondásra szólította fel őket. A levelet „Heil Hitler”-rel fejezte be. (Az állami hivatalnokoknak ez kötelező volt.) Hosszú vita bontakozott ki arról, hogy a róla elnevezett fizikai intézeteket átnevezzék-e. Végül mind az Utrechti Egyetem, mind a Cornell Egyetem megfelelő intézetei megtartották a nevét, és a Maastrichti is hasonlóan járt el a róla elnevezett díj esetében.

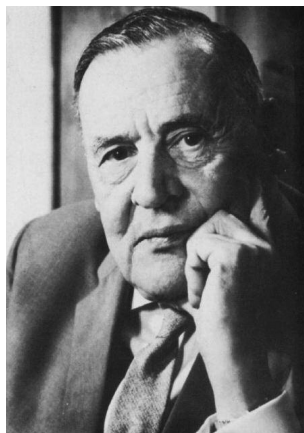
A holland NIOD Intézet, amely a háború, a holokauszt és a népirtás kutatására alakult, úgy fogalmazott 2007-es jelentésében, hogy Debye oportunista ember volt, aki először a náci Németországnak, utóbb az Egyesült Államoknak vallott hűséget. Ez alapvetően túlélési stratégiát szolgált. A holland Terlouw Bizottság 2008-ban szintén arra a következtetésre jutott, hogy Debye kétségtelenül nem volt ellenálló, de nem volt náci párttag, nem volt antiszemita, nem segítette a német háborús törekvéseket sem. Feltehető, hogy mindent annak rendelt alá, hogy tudósi tevékenységét folytathassa és családját megóvja.

Debye Pétert, Bodenstein Miksa, Bragg Lawrence Vilmos, Ostwald Farkas és Planck Miksa (abban az időben – ahol tudták – magyarosították a keresztneveket) társaságában, 1940. április 26-án a Magyar Tudományos Akadémia külső tagjának választotta (5. ábra).



Erich Hückel

Erich Hückel (Stuttgart, 1896. augusztus 9. – Marburg, 1980. február 16.) (6. ábra) apja, Armand Hückel a tudomány iránt is érdeklődő orvos volt. Nagy hatással volt három fia, Walter Hückel (1895–1973), Erich Hückel és Rudi Hückel (1899–1949) pályavá-



Erich Hückel

6. ábra. Erich Hückel (T. Binz felvétele, Mannheim, 1965)

lasztására is. Walter gyógyszerészprofesszor lett Tübingenben, Rudi orvosi praxist folytatott [27].

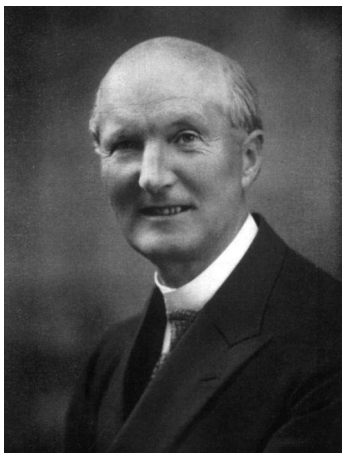
Az első világháború kitörésekor Erich Hückel Göttingenben fizikát tanult. A háború alatt Ludwig Prandtl (1875–1953) aerodinamikai laboratóriumában dolgozott. [Prandtl doktorandusza volt Kármán Tódor (1881–1963) 1906 és 1908 között. Míg Kármán 1930-tól az amerikai aerodinamika vezető személyisége lett, és nagyban hozzájárult a repülőgépek és a rakéták fejlesztéséhez, Prandtl 1925 és 1946 között a Vilmos Császár Áramlástan Intézetet vezette, és a második világháború alatt, 1942-től ő lett a német légielő kutatóintézetének vezetője.]

A háború után Hückel a Göttingeni Egyetemen folytatta fizikai és matematikai tanulmányait. Doktori fokozatát 1921-ben szerezte meg röntgensugárzás szóródása témában Debye professzorral együttműködve. A Göttingeni Egyetemen David Hilbert (1862–1943) matematikus asszisztense lett. Max Bornnal (1882–1970) is dolgozott. 1922-ben követte Debye-t Zürichbe, ahol 1927-ig dolgozott. Itt született az erős elektrolitok Debye–Hückel-féle elmélete. 1925-ben megnősült. Elvette egykori göttingeni professzora, Richard Zsigmondy (Bécs, 1865 – Göttingen, 1929, Nobel-díj: 1925) Anne nevű lányát. A házaspárnak három fia és egy lánya született. Az 1928-as és 1929-es éveket a Rockefeller Alapítvány ösztöndíjával Frederick G. Donnannál (1870–1956) Londonban, majd Niels Bohrnál (1885–1962) Koppenhágában töltötte. Ekkor kezdett kvantummechanikával foglalkozni. 1929-től német ösztöndíjjal Lipcsében dolgozott Werner Heisenberggel (1901–1976) és Friedrich Hunddal (1896–1997). A kettős kötés (π -elektronrendszerek) leírásával foglalkozott, habilitációját a benzolból írta. 1937-ben a Marburgi Egyetemre nevezték ki rendkívüli professzornak. Kiemelkedő tevékenységét igazából csak az 1950-es évektől ismerték el. Hunddal és Mullikannel együtt a molekulapálya-elmélet egyik alapítójaként tisztelik.

Niels Janniksen Bjerrum

Niels Janniksen Bjerrum (Koppenhága, 1879. március 11. – Koppenhága, 1958. szeptember 30.) (7. ábra) édesapja, Jannik Petersen Bjerrum szemészprofesszor volt. Apja nővére, Dr. Kirstine Meyer pedig kiváló fizikus volt [28]. Bjerrum Dánia legelőkelőbb iskolájába, az 1209-ben alapított koppenhágai Metropolitanskolnbe (8. ábra) járt.

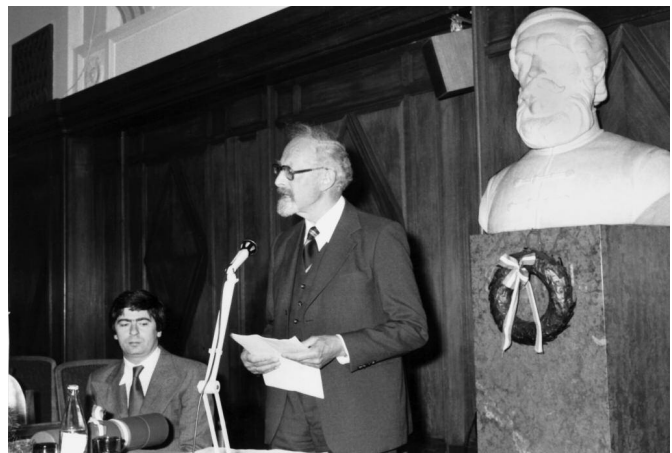
1897-ben kezdte el természettudományi egyetemi tanulmányait a Koppenhágai Egyetemen, főtárgyul a kémiát választva. Sophus Mads Jørgensen (1837–1914) témavezetésével a koordinációs komplexekből írta MSc-dolgozatát 1902-ben, majd szerezte meg a doktori fokozatot 1908-ban. Ezután Robert Luthernél (1868–1945) dolgozott Lipcsében (1905), Alfred Wernernél (1866–1919, Nobel-díj: 1913) Zürichben (1907), Jean Baptiste Perrinnél (1870–1942, Nobel-díj: 1926) Párizsban (1910), majd Walther Nernstnél (1864–1941, Nobel-díj: 1920) Berlinben (1911). 1912-ben docensnek nevezik ki a Koppenhágai Egyetemen. 1914-ben a kémia professzora lett koppenhágai Royal Agricultural College-ban,



7. ábra. Niels Janniksen Bjerrum [28]

Hívták a Koppenhágai Egyetemre, de olyan jól érezte magát itt, hogy inkább maradt. A legnehezebb időkben, a német megszállás alatt, 1939 és 1946 között ő volt az igazgató. 1949-ben ment nyugdíjba, de változatlanul bejárt a tanszékeére, még 1958. szeptember 25-én is dolgozott, amikor a végzetes agyvérzés érte.

1907-ben feleségül vette Ellen Dreyert (1885–1934). Fiuk, Jannik Bjerrum (1909–1992) a Koppenhágai Egyetem Szerzetlen Kémiai Tanszékének professzora lett.



9. ábra. Jannik Bjerrum díszdoktori avatása a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen (1979)



8. ábra. A Metropolitanskolen épülete 1728 és 1938 között, ma a Koppenhágai Egyetem Jogi és Teológiai Kara

A már fentebb ismerttetett elektrokémiai tevékenységén kívül jelentőset alkotott más területeken is [2, 28], így a hőkapacitás hőmérsékletfüggésének kvantumelméleti és az infravörös spektrum forgási finomszerkezetének magyarázata, az aminosavak semleges formájának értelmezése fűződik a nevéhez.

Bjerrumról nevezték el a **Bjerrum-hosszt** (λ_B), $\lambda_B = e^2/\epsilon_r k_B T$, ahol e az elemi töltés, ϵ_r a relatív dielektromos permittivitás, k_B a Boltzmann-állandó és T a hőmérséklet. Ez a töltések közötti elektrosztatikus kölcsönhatás és a hőmozgás energiájának arányát írja le, amely fontos az elektrolitok, kolloid rendszerek tulajdonságainak kiszámításánál. A dielektromos permittivitás erős csökkenése a hőmérséklettel (például a víznél) azt okozhatja, hogy λ_B nem csökken, hanem nő a hőmérséklettel.

A **Bjerrum-féle ábrázolás** (koncentrációarányok a pH függvényében) igen hasznos például többszörösen disszociáló savak (foszforsav, kénsav, szénsav stb.) disszociációs állandóinak (pK_a értékeinek) meghatározására, komplex és oldhatósági egyensúlyok kiszámításánál.

A komplex egyensúlyok kiszámítását Niels Bjerrum kezdte 1915-ben a króm(III) tiocianáttal képződő komplexek szisztematikus vizsgálata alapján, majd fia, Jannik Bjerrum az 1940-es évektől pH függvényében követte a komplex folyamatok egyensúlyait, és határozta meg a lépcsőzetes képződési állandókat, ezzel új irányt nyitott ezen a fontos tudományterületen. Jannik Bjerrumnál, a Koppenhágai Egyetemen dolgozott ösztöndíjasként az 1960-as évek elején a hazai koordinációs kémia kiválósága, Beck Mihály (1929–2017), ahol fő témája a nikkell(II) egyes ligandumú komplexei stabilitási állandóinak meghatározása

volt. A magyar kutatók támogatását a debreceni egyetem később díszdoktori címmel ismerte el (9. ábra).

A 70. születésnapjára kiadott kötet bevezetőjében Niels Bohr ezt írta: „an edition of a selection of the papers of Niels Bjerrum by which he has erected himself a lasting monument in science, would be the most fitting way to express the indebtedness we owe to him” [2].

IRODALOM

- [1] N. Bjerrum, A New Form for the Electrolytic Dissociation Theory. Proceedings of the Seventh International Congress of Applied Chemistry, London (1909) Section X. 55–60.
- [2] N. Bjerrum, Selected papers. Edited by friends and coworkers on the occasion of his 70th birthday. Előszót Niels Bohr írta. Einar Munksgaard, Koppenhága, 1949.
- [3] P. Debye, E. Hückel, Zur Theorie der Elektrolyte I. Physikalische Zeitschrift (1923) 9, 185–206.
- [4] G. Gouy, Sur la constitution de la charge électrique à la surface d'un électrolyte (On the constitution of the electric charge on the surface of an electrolyte). Journal de Physique Théorique et Appliquée (1909) 9(4), 457–468.
- [5] D. L. Chapman, A contribution of the theory of capillarity. Philosophical Magazine (1913) 25, 475–481.
- [6] P. Debye, E. Hückel, Zur Theorie der Elektrolyte II. Physikalische Zeitschrift (1923) 24, 305–325.
- [7] Erdey-Grúz T., Schay G., Elméleti fizikai kémia III. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962. 57–70.
- [8] Erdey-Grúz T., Transzportfolyamatok vizes oldatokban. Akadémiai Kiadó, 1971. 267–298, 361–398.
- [9] Kiss L., Láng Gy., Elektrokémia, Semmelweis Kiadó, Budapest, 2011. 227–237.
- [10] Inzelt Gy., Az elektrokémia korszerű elmélete és módszerei I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999. 33–44.
- [11] L. Onsager, R. M. Fuoss, Journal of Physical Chemistry (1932) 36, 2689–2778.
- [12] L. Onsager, Physikalische Zeitschrift (1927) 28, 277–298.
- [13] L. Onsager, S. K. Kim, Journal of Physical Chemistry (1957) 61, 215–229.
- [14] P. Debye, Physikalische Zeitschrift (1912) 13, 97–100.
- [15] P. Debye, Polare Molekeln. Hirzel, Leipzig, 1929.
- [16] P. Debye, H. Falkenhagen, Physikalische Zeitschrift (1928) 29, 401–426.
- [17] P. Debye, Annalen der Physik (1912) 789–839.
- [18] IUPAC Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry. E. R. Cohen, T. Cvitas, J. G. Frey, et al. (eds), 2006. 24.
- [19] P. P. Ewald, Obituary, Peter Debye March 24 1884 – November 2 1966. International Union of Crystallography (1967) 947–949.
- [20] M. Davies, Peter Joseph Wilhelm Debye 1884–1966. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society (1970) 16, 173–232.
- [21] J. W. Williams, Peter Joseph Wilhelm Debye. Biographical Memoirs of National Academy of Sciences (1975) 46, 23–69.
- [22] <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1936/debye/biographical/>
- [23] Erdey-Grúz T., Debye Péter, az 1936. évi kémiai Nobel-díj nyertese. Természettudományi Közlöny (1937) 198–200.
- [24] J. Reiding (2010). Peter Debye: Nazi Collaborator or Secret Opponent? Ambix (2010) 57 (3), 275–300.
- [25] S. Rispen, Einstein in Nederland. Ein intellectuele biografie. Ambo/Anthos 2006.
- [26] The collected papers of Peter J. W. Debye. Interscience Publ. Inc. New York, 1954.
- [27] H. Hartmann, C. Longuet-Higgins, Erich Hückel. 9 August 1896 – 16 February 1980. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society (1982) 28, 152–162.
- [28] E. A. G., Bjerrum obituary. Transactions of Faraday Society (1959), 55, X001-X003.



Braun Tibor

dr.braun.tibor@gmail.com

Muzeális műtárgyak légköri környezetvédelme

Előszó

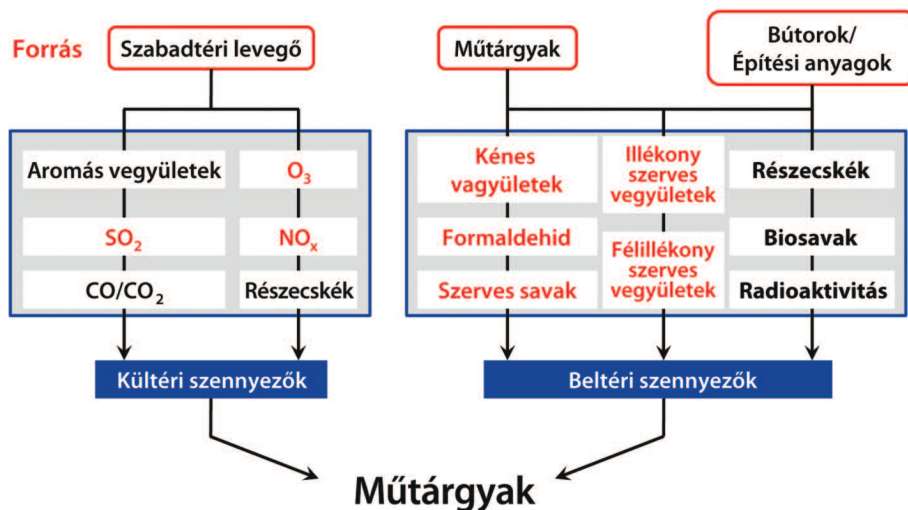
A múlt megőrzése a jövő érdekében a társadalom egyik legjelentősebb felelőssége. [1] A kulturális örökségi műtárgyakat úgy védik a legjobban a környezeti ártalmaktól, hogy ellenőrzés alatt tartják azt a környezetet, ahol bemutatják őket. A károsító faktorok közé beleértendők a fizikai és kémiai tényezők, a fény, a hőmérséklet, a relatív nedvesség és számos más tényező, ami hatással lehet ezekre a tárgyakra létük során. [2]

A múzeumi műtárgyak légköri szennyezők által okozott károsodásának lassítását 1978-ban kezdeményezték hivatalosan *A múzeumi környezet* című könyvben, ami az akkori ismeretek szerint a különböző anyagok viselkedésével foglalkozott, légköri környezetvédelem esetére. Ebben ellenőrzési lépéseket javasoltak a szóban forgó környezet klímájának tekintetbevételével. Ezáltal a műtárgyak iránti figyelmet a restaurálásról a megelőzésre fordították, és ez utóbbi hangsúlyozásával létrejött a megelőzéses védelem fogalma és tevékenysége. [3]

A környezeti körülmények (mikroklíma, mikrobiológiai és kémiai szennyezők) hatásának kutatását műtárgyakra vonatkozóan csak körülbelül 40 éve kezdtek azoknál az anyagfeleségeknél, amelyekből a műtárgyak készülhettek. A legtöbb esetben meglehetősen nehéz a károsodást egyik vagy másik jellegzetes tényezőnek tulajdonítani egy másikkal szemben. Ehhez hozzájárulhat, hogy a műtárgyak idősödésének hatása is sokféle lehet. [4]

Bevezetés

A légkörszennyezés nemcsak a közegészségügynek vagy globális éghajlatnak okoz gondot, hanem a muzeális kulturális örökségnek is. Mint említettük, körülbelül 40 éve kezdtek el foglalkozni az említett kérdéssel, felvetve, hogy mindez hogyan érinti



1. ábra. Kültéri és beltéri levegőszennyezettség múzeumokban [20]

a múzeumi műtárgyakat. [5] A kulturális örökség jellemző műtárgyait veszélyeztető környezetszennyezők nagyjából két csoportba oszthatók (1. ábra):

1. kültérben létrehozott szennyezők és
2. beltérben létrehozottak. [6]

A kültéri légkörszennyezés néhány olyan tényezőtől függ, mint a klíma, a földrajz, az ipari létesítmények száma, a járművek típusa és használt üzemanyag-féleségeik. A szellőztetett múzeumi épületeket, beleértve a történelmieket is, jelentősen befolyásolják a helyi klímakörülmények, amik a beltéri koncentrációkat közelíthetik a kültériekhez. [7] Ezért, amennyiben lehetséges, számos kulturális örökségi intézmény (múzeum) fűtést, szellőztetést és légkondicionálást vesz igénybe annak érdekében, hogy a beltéri szintek szennyezését a kültériek 5%-ánál kisebbre szorítsák.

Bizonyos számú kihívásra tekintettel kell lenni a műtárgyakra ható szennyezők meghatározásánál, illetve mérésénél. Az egyik legnagyobb kihívás a szinergetikus hatások jelenléte. A szennyezők keveredéséből származó veszély nemcsak egyszerűen az egyes légszennyező anyagok összehadható mennyiségének hatása, hanem egy bizo-

nyos számú olyan tényezőtől is függhet, mint a jelen lévő szennyezők egymás közötti reakciója, a relatív nedvesség, a fény és még magának a műtárgynak a története is. Ez majdnem lehetetlenné teszi a mindent magába foglaló védekezés meghatározását. Ebből ered, hogy az elfogadhatónak tekintett lépések állandóan változnak. [8]

Légszennyezők

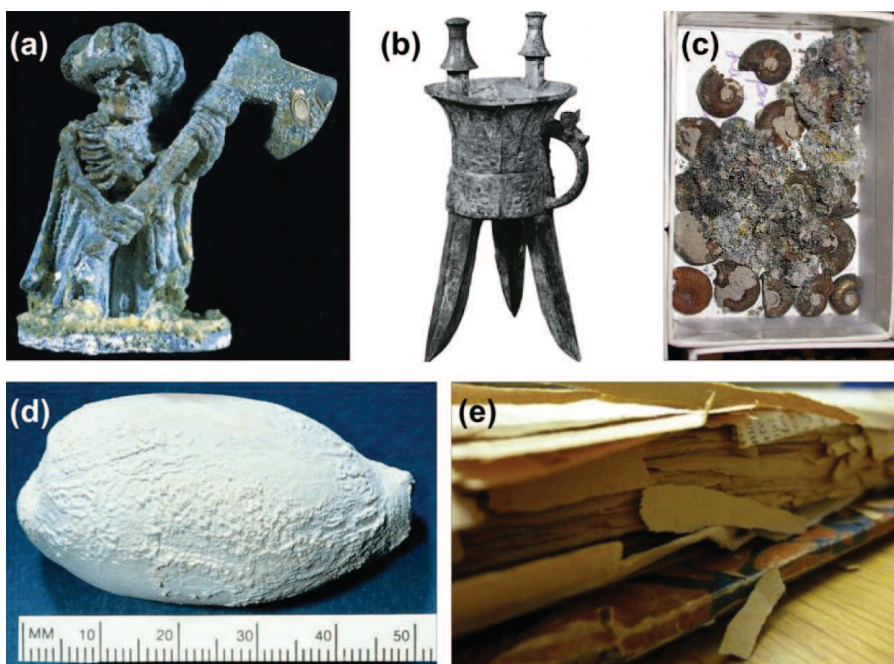
Az 1. táblázat bemutatja a múzeumok beltérben található legfontosabb légkörszennyezőket és azok érzékeny, más műtárgyakra, illetve emberekre ajánlott elfogadható szintjeit. Mint látható, a kulturális örökségi műtárgyakra megengedhető környezetszennyező koncentrációk hatása jelentősen alatta van az élőlényekre engedélyezett értékeknek. Lényegében az érzékeny műtárgyakra való elfogadható szennyezők koncentrációjának a határai körülbelül ppb körüliek, vagy az alatt vannak. Számos szennyezőnél ez csak körülbelül 1%-a az emberekre engedélyezett hatásnak. Bizonyos szennyezőknek, amelyek aggodalomra adnak okot az emberi egészség esetében (például szén-monoxid, könnyebb nemesgázok, nehézfémek), nincs káros ha-



Főbb szennyezők	Javasolt szintek, érzékeny ^a műtárgyak (ppb)	Javasolt szintek, más gyűjteményi anyagok (ppb)	Emberekre engedélyezett szintek (ppb)
NO ₂	0,05–2,6	2–10	5,00
O ₃	> 0,5	0,5–5	1,00
SO ₂	0,04–0,4	0,4–2	5,00
H ₂ S	> 0,1	> 0,1	20,00
ecetsav	> 5	40–280	10,00
hangyasav	> 5	5–20	5,00
formaldehid	> 0,1–5	10–20	750
acetaldehid	> 1–20	n.a.	200

^a Érzékeny műtárgyak azok, amelyeket bizonyos szennyezők jelentősen veszélyeztetnek.

1. táblázat. Múzeumi műtárgyakra ható környezeti légszennyezők



2. ábra. Példák környezeti légszennyezési hatásokra múzeumi műtárgyakban. a) Harcos miniatűr ólomszobra, amelyet fehér ólom-karbonát borít, ez utóbbi ecetsav-korróziós szennyezés eredménye [23]; b) fekete réz-szulfid korrózió nyomai Sang-dinasztia korabeli múzeumi bronztárgyon [25]; c) piritbomlás látható nyomait viselő érmék [26]; d) Byne-betegségből (savas korróziótól) eredő rücskök légkörszennyezésnek kitett kagylón [23]; e) légköri szennyezések által károsított angolai papírminták [27]

tásuk kulturális örökségi műtárgyakra. Lényegében a legtöbb illékony szerves vegyület (volatile organic chemicals) sem károsítja a muzeális műtárggyűjteményeket. Alacsony légszennyezési fokon a szennyezők közvetlen hatása történeti vagy kulturális értékű muzeális anyagokra aránylag korlátozott, de hosszabb ráhatási időszakok alatt komolyabb károsodást is okozhatnak, mint például felületváltozást, színváltozást vagy teljes bomlást is. Ezért rendkívül fontos, hogy a károsodó műtárgyakat olyan ellenőrzött feltételek között tartsák, amelyek légszennyezéstől mentesek. Egy műtárgy sokféle, bonyolult módon károsodhat a múzeumi környezetben. Számos ismeret,

ami a károsodás és korrodálódás mechanizmusát illeti, még felfedezésre vár.

A legnagyobb kockázatot a gáznemű szennyezők közül a savasak (ecetsav, hangyasav) jelentik, vagy azok, amik a környező hőmérséklet és nedvesség hatására savas változatokra alakulhatnak (formaldehid, acetaldehid, nitrogén-dioxid és kén-dioxid, mert salétromsavvá és kénsavvá hidrolizálnak nedvesség hatására). [9, 10] A savas anyagok korrozívak, és károsítják bizonyos fémek anyagát (2. ábra). Befolyásolhatják például cellulóztartalmú anyagok hidrolízisét, valamint nedvesség hatására a bomlását. [11]

Károsodás

Oxidálószerke (például ózon, nitrogén-dioxid és peroxi-acetilnitrát) szintén problémát jelentenek a múzeumi környezetben. [12,13] Ezek nem csak a legtöbb szerves anyagban jelen levő szénláncok kettős kötéseinek roncsolását okozhatják, például halványíthatják a festékeket és a pigmenteket. Reakciók nyomán ezek a savak olyan változásokat is okozhatnak különböző anyagok molekuláris szerkezetében, amelyekből azok törékennyé válnak. A piritbomlás (fosszilis betegség) – a számos fosszilis műtárgyban jelen lévő pirittartalmú anyagokban kén-dioxid keletkezik – elszíneződést, bomlást és néha teljes megsemmisülést eredményez. [14] A kéntartalmú vegyületek redukált (kén-hidrogén, karbonil-szulfid), valamint oxidált (kén-dioxid) állapotban különösen veszélyesek fémekre, fekete réz-szulfidhoz vezetnek, aminek penészes kinézete van. A fény és kén-dioxid szinergetikus hatása jelentős a textilszálak bomlásánál. Víz és nitrogén-dioxid jelenléte jelentős károsodást okoz nem pufferezett papírban is. [15,16]

Múzeumok és műtárgyaik esetében a károsodás szintje bizonyos mértékben eltér más műtárgyakétól. Így például a zöldre oxidálódott réztestők nem károsodást jeleznek, hanem kedvező benyomást keltenek valamely épületen, vagy, ugyancsak példaként, egy 18. századbeli tengerügyi egyenruhában a fegyver által okozott lyuk is növelheti annak történeti értékét. [17]

Általában igyekeznek a műtárgyakat érő számos változási lehetőség szétválasztására annak érdekében, hogy az esetleges rendbehozatali, restaurálási szükségleteket prioritási sorba helyezhessék. [18]

Ellenőrzés

Számos szempontot kell tekintetbe venni, amikor a műtárgyak védelmi stratégiáját bizonyos esetekben kidolgozzák. Az első a szennyezők félesége és forrása, a második a szóban forgó műtárgy érzékenysége az adott környezetszennyezővel szemben (1. táblázat).

A környezetvédelmi vizsgálati módszerek két csoportra oszthatók: aktívakra és passzívakra. Ezek igénybevételéhez analitikai berendezések szükségesek, ilyenek például: gázkromatográfia-tömegspektrometria, HPLC, FTIR, SPME. [19–22] A passzív mintavételi berendezések két változata ismeretes:

1. laboratóriumi berendezések, amikhez elemzésre a színhelyről a mintát laboratóriumba küldik tovább,



2. közvetlen leolvasás, ahol a mintát a helyszínen veszik, és ahol az eredmények általában detektoron figyelhetőek meg az esetek többségében színváltozásként. [23]

Míg a közvetlen leolvasásos berendezések csaknem pillanatnyi eredményeket szolgáltatnak, azok nem mindig annyira tájékoztatóak, mint a laboratóriumi elemző berendezések. Ez utóbbiaknak előnyei a nagyobb pontosság és fajlagosság.

A 2. táblázat röviden összefoglalja a passzív mintavételi berendezések előnyeit és hátrányait.

Berendezés típusa	Előnyök	Hátrányok
közvetlen leolvasásos PSB	egységenkénti kisebb költség egyszerű használat, rögtöni eredmények	magas kimutatási szintek alacsonyabb pontosság zavarókra érzékeny
laboratóriumban elemzett PSB	nagy pontosság szennyezőre specifikus, alacsony kimutatási szintek	egységenként magasabb költség bonyolult használat nem rögtöni eredmények

2. táblázat. Passzív mintavételi berendezések (PMB) előnyei és hátrányai [16]

Utószó

A légköri környezetszennyezés jelentős szakirodalommal rendelkezik, de a muzeális műtárgyakat aránylag ritkán említik. Ezért igyekeztünk a fentiekben dióhéjban bemutatni ezt a szintén nagyon káros és tekintetbe veendő változatot.

IRODALOM

[1] P. M. Whitmore, Conservation Science Research: Activities, Needs, and Funding Opportunities, A report to the National Science Foundation, 2005.
 [2] D. Camuffo, R. Van Grieken, H. J. Busse, G. Sturaro, A. Valentino, A. Bernardi, N. Lades, B. Shooter, K. Gysels, N. Wieser, O. Kim, U. Ulrich, Atmos. Environ. (2001) 35, 127.
 [3] L. Molhave, Environ.Internat. (1982) 8, 117.
 [4] W. E. Krumbein, P. Brimblecombe, DE Cosgrove, S. Staniforth, Durability and Change: The Science, Responsibility, and Cost of Sustaining Cultural Heritage, Wiley, Chichester, 1994.

[5] J. McCausland, Conservation and storage, prints, drawings and water-colors. In: Manual of Curatorship: A Guide to Museum Practice.
 [6] V. Desauziers, D. Bourdin, P. Mocho, H. Plaisance, Heritage science (2015) 3, 1.
 [7] A. Schieweck, T. Salthammer, J. Cult. Heritage (2011) 12, 205.
 [8] J. E. Svenson, E. G. Johansson, J. Electrochem. Soc. (1996) 143, 51.
 [9] A. Fenech, M. Strlic, I. Cigic, A. Levart, L. T. Gibson, G. de Bruin, K. Ntanos, J. Kollar, M. Cassar, Atmos. Environ. (2010) 44, 2067.
 [10] L. Salmon, G. R. Cass, Stud. Conservat. (1991) 38, 73.
 [11] J. Pulls, S. A. Wilson, D. Hölter, J. Polym. Environ. (2010) 19, 152.
 [12] G. R. Cass, W. W. Nazaroff, C. Pillar, P. M. Whitmore, Atmos. Environ., Part A, General Topics (1991) 25, 441.
 [13] P. E. Graedel, R. McGill, Environ. Sci. Technol. (1986) 20, 1090.
 [14] W. A. Oddy, Stud. Conservation (1977) 22, 68.
 [15] S. H. Zeronian, K. W. Alger, S. T. Omaye, Proc. Second. Internat. Clean. Air Congress, W. T. Beery (Ed.), Academic Press, 1971, 468.
 [16] L. B. G. A. Havermans, Environmental Influence on the Deterioration of Paper, T. O. Delft, Delft University of Technology, 1995.
 [17] Ashley-Smith, Risk Assessment for Object Conservation, Routledge, 2013.
 [18] M. Strlic, D. Thickett, J. Taylor, N. Cassar, Stud. Conservation (2013) 58, 80.
 [19] A. Schieweck, B. Lohrengel, N. Siwinski, C. Genning, D. Salthammer, Atmos. Environ. (2005) 39, 6098.
 [20] R. M. Riggan, W. Winberry, N. Murphy, Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air, Engineering-Science Inc., USA, 1988.
 [21] J. C. Shearer, D. C. Peters, G. Höpfner, D. Newton, Anal. Chem. (1983) 55, 874A.
 [22] M. Rhyll-Svensen, J. Glostrup, Atmos.Environ. (2002) 36, 3916.
 [23] C. M. Grzywacz, Monitoring for gaseous pollutants in museum environments, Getty Publications, 2006.
 [24] P. B. Hatchfield, Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving, Exhibition and Storage, Archetype Publications, 2002.
 [25] <http://www.britannica.com/technology/copper-processing>
 [26] N. R. Larkin, NatSCA News (2011) 21, 35.
 [27] C. Duffy, Collection care blog, 2013.

Újabb korróziós példák

Számos múzeumi tárgyban fémmel érintkezik az üveg. Idővel az üveg felületén elektrolitfilm képződik, amelyben az abszorbeált víz mellett, többek között, nátrium/kálium- és karbonátionok vannak (utóbbiak a légköri szén-dioxid felvétele miatt). Az elektrolit a fémmel érintkezve korróziót idéz elő. Meglepő módon ezt a jelenséget csak az elmúlt két évtized stuttgarter kutatásai ismerték fel. [1]

FORRÁS

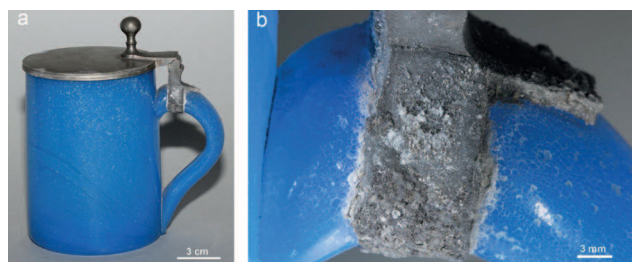
[1] Gerhard Eggert, Andrea Fischer: Corros. Mater. Degrad. (2022) 3, 553–565. <https://doi.org/10.3390/cmd3030030>



Üvegtől (és környezettől) eredő korrózió egy 18. századi ékszeren

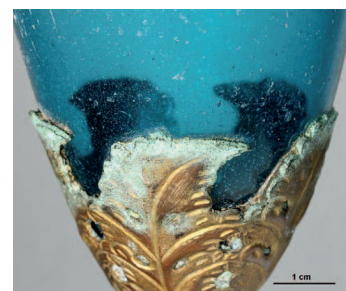


Kalaptű korróziója



Káliüveg sörös korsó kb. 1800-ból és az ön-ólom ötvözet korróziója

19. század közepéről származó kehely aranyozott bronzfoglatának korróziója





Kutasi Csaba

Gyilkos zöld ruhák, függönyök és tapéták az 1800-as években

245 éve fedezte fel Carl Wilhelm Scheele a réz-arzenit zöld pigmentet

A többféle allotróp módosulatban előforduló arzént és vegyületeit igen régóta ismeri és felhasználja az emberiség. Az ókorig viszonyulnak mind gyógyításra, mind mérgezésre való alkalmassága. Gyógyszerként többek között a Salvarsan nevű, szerves arzéntartalmú szer került a köztudatba. Az arzénvegyülettel előidézett tömeges mérgezésekről sokaknak eszébe jut a tiszazugi arzénos asszonyok 1911–1929 közötti bűncselekmény-sorozata. Talán kevesek előtt ismert, hogy egy bizonyos arzénzöld pigment is álnok módon gyilkolta az így színezett textíliák gyanútlan viselőit, felhasználóit. A cikk azoknak az írásoknak a sorába tartozik, amelyek kémia- és kultúrtörténeti hátterük révén segíthetik a tanítást.

A kanárisárga ruhák divatját megelőzően a smaragdzöld színű hódított, azonban abban az időben ennek a színnek az előállítására nagyon nehéz volt. Megoldásnak látszott a svéd kémikus Carl Wilhelm Scheele felfedezése, aki 1776-ban arzénből zöld színezőanyagot hozott létre. Ez tulajdonképpen egy színes pigment volt, nem számított kimondott textilszínezéknek (nem volt kromogén vegyület), így a textilanyagon való tökéletes rögzítésével nem lehetett számolni. Bár már ismertté vált a lakosság körében is, hogy az arzén lenyelve mérgező hatású, az új zöld nem látszott veszélyesnek, miután csak kevesek tudták, hogy porát *belélegezve* vagy az így színezett ruházatot *bőrön viselve* is előidézhet mérgezést, sőt halált is. Ezért egyre jobban használták az arzénal készült zöld festéket többek között ruhák, függönyök és tapéták színezésére. A mérgezéseket, haláleseteket általában nem kötötték a zöld textíliákhoz, inkább betegségekre vagy más mérgező anyag előfordulására gyanakodtak.

Ezek a divatcikkék rendkívül drágák voltak, így csak a leggazdagabb réteg engedhette meg magának, és kizárólag igen különleges alkalmak során viselték. Emiatt náluk jóval később, elhúzódva jelentkeztek a mérgezés tünetei (fáradtság, később a máj károsodása és a csontok degenerációja, az immunrendszer gyengülése, az idegkárosodás, a bénulás vagy daganatos betegség). Emiatt az *úrihölgyek halála* hosszabb elváltozási folyamat végén következett be, így senki nem gyanakodott a ruhákra. Sajnálatosan a *ruhák készítőinél* (szabás, varrás, díszítés) gyors lefolyású halálhoz vezetett az így bekövetkezett arzénmérgezés (**1. ábra**).

Egy ilyen zöld ruhát hordó, majd elhunyt fiatal lány boncolása során *arzént* találtak a gyomorban, a májban és a tüdőben. Ennek kapcsán a halál körülményeit feltárva, a *gyilkos divatról készült* írások felhívták a lakosság figyelmét az arzén ilyen veszélyeire is. Az egyik angol egészségügyi folyóirat hangsúlyozta,



Scheele-zöld



Schweinfurt-zöld



1. ábra. Arzéntartalmú pigmentekkel színezett ruhák

hogy „az arzént viselő nő szoknyájában annyi mérget hordoz, hogy megölhetné a csodálóit felé, akikkel a bálteremben találkozhat”. A médiumok ismeretterjesztésének hatására egyre többen elfordultak az arzénzöld tartalmú termékektől, nemcsak ruháiktól szabadultak meg az emberek, hanem függönyeiktől és mérgező tapétaiktól is. Skandinávia, Franciaország és Németország ezek után betiltotta az ilyen tartalmú festék használatát, azonban Nagy-Britanniában csak évekkel később tűnt el. Ezzel ért véget a 19. század mérgező zöld divatja, ami értelmetlenül okozta ezrek halálát.

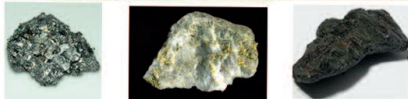
A *réz-arzenitet*, *réz-acetoarzenitet* egyébként közkedvelten használták élelmiszer-színezékként, de gyertyákat is színesítettek vele. Az arzénos gyertya égetése is veszélyt okozott. Sőt ezzel a vegyülettel is színezték az abszintot, így nem a fehér ürömből kioldódó vegyületek tették mérgezővé az italt.

Az arzén felfedezése, tulajdonságai, vegyületei

Az arzén a periódusos rendszer V. főcsoportja 4. periódusának egyik régen felfedezett eleme. Az arzén-szulfid és rokonvegyületei az i. e. 5. század óta jól ismertek az orvosok, a hivatásos mérgekverők körében. Az elem előállítását *Albertus Magnusnak* tulajdonítják, aki auripigmentet (As_2S_3) szappannal hevített, végül 1650 körül egy *Schröder* nevű gyógyszerésznek sikerült elemi állapotban előállítania. Az arzén a latin *arsenicum* szóból, ill. a görög *arszenikon* szóból származik. Ez utóbbi az *-on végződés* hozzáadásával a perzsa *zarnikh* (zar: arany) sárga auripigment kifejezésből ered (**2. ábra**).



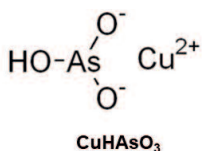
relatív atomtömeg		az elektronok eloszlása az energia-szinteken	
vegyjel		As	
rendszer		szám	
19.32		Azidek	



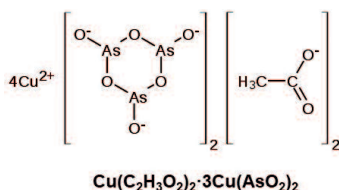
2. ábra. Arzén a periódusos rendszerben és megjelenése

A kristályos arzén nagyon illékony, gőznyomása 615 °C-on éri el az 101 kPa nyomást, jóval a 816 °C-os olvadáspontja alatt. Gáz-halmazállapotban az arzén négyatomos As_4 -molekulák formájában fordul elő. Az elem szublimálásakor sárga színű, köbös módosulat alakul ki, azonban a szerkezetét egylőre még nem tudták igazolni, miután a vizsgálat során alkalmazott röntgensugárnyalásban a kristályok elbomlanak. Az arsenolamprit ásvány, az arzén másik polimorf módosulata valószínűleg az ortorombos foszforral azonos szerkezetű. Amfoter jellege, valamint a fémek és nemfémek közötti természete következtében az arzént a *fél-fémek*hez, nem a valódi fémekhez sorolták be.

Az *arzénsav különböző rézsói* jellegzetes zöld színű anyagok. A $CuHASO_3$ kémiai képlettel jellemezhető vegyületet először 1776-ban Carl Wilhelm Scheele állította elő réz-szulfátból, arzénből és nátrium-karbonátból, ill. kálium-karbonátból. 1778-ban tették közzé a felfedezést, az előállítási folyamat titokban maradt. Így születtek a különböző változatok, például $CuHASO_3$ vagy $Cu_3(AsO_3)_2 \cdot 3H_2O$ összetételben. Ezek együttes szabadalmaztatása 1812-ben Angliában, Parker nevéhez fűződik. Felfedezőjéről – Scheeléről – a sárgászöld anyagot *Scheele-zöldnek*, valamint ásványzöldnek, svéd zöldnek, cuprum arsenicosumnak is nevezték. A sárgászöld szilárd anyag vízben és etil-alkoholban nem oldható, ugyanakkor híg savakban és vizes ammóniaoldatban oldódik (3. ábra).



3. ábra. A Scheele-zöld



4. ábra. A Schweinfurt-zöld

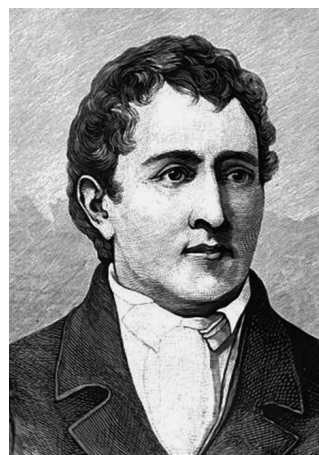
1814-ben a németországi Schweinfurtban *Russ* és *Sattler* próbálta megjavítani Scheele zöldjét, azonban az új vegyianyag jóval *mérgezőbb* pigment lett. Ennek ellenére az élénkzöld szín azonnal népszerű lett a textilfestők, ruhakészítők, tapétatervezők és képzőművészek körében. A *párizsi zöld* [réz-acetát-triarzenit vagy réz-aceto-arzenit] szeretlen vegyület, zöld pigmentként Schwein-

furt-zöld, smaragd zöld vagy bécsi zöld néven szintén ismert. A nagyon mérgező zöld kristályos anyag, hatásos *rágcsáló-* és *rovarirtó szer* lett (pl. a burgonyabogár elleni védekezést is biztosítva), de pigmentként színezésre is használták toxikus hatása ellenére. Ezenkívül alkalmazták az üvegyártásnál, a bőr cserzésénél és a gyógyszeriparban (4. ábra).

Carl Wilhelm Scheele munkássága

A svéd kémikus a kémia több területén maradandót alkotott, számos elem és vegyület felfedezése és kimutatása fűződik nevéhez, nem csak a rosszul végződő, róla elnevezett réz-arzenit összetételű zöld pigmentről emlékezhetünk rá (5. ábra).

1748-ban magániskolában kezdte tanulmányait, 1757-ben pedig *Göteborgban* patikában gyógyszerész tanulóéveit. A gyógyszer-tudományok tulajdonosa felismerte az ifjú tudásvágyát és bevonta a laboratóriumi munkába. 1765-



5. ábra. Carl Wilhelm Scheele (1742–1786) német származású, svéd kémikus

ben kapott a segédlevelet, *Malmöbe* kerülve „A foltos sashoz” elnevezésű patikában helyezkedett el, ahol Kjellström tulajdonos szintén támogatta kutató munkáját. Kísérletei tapasztalatait leírta, azonban a kor akadémiai nagyságai ezeket elutasították. Ugyanakkor *Anders Jahan Retzius*, a malmői Lund Egyetem professzora ösztönözte őt a szisztematikus munkavégzésre és megállapításai pontos dokumentálására. 1768-ban Scheele áttelepült *Stockholmba*, de itt „A hollóhoz” címzett patikában nem volt mód kutatásai folytatására, így két év múlva Uppsalába ment. Itt Christian Ludwig Lökk gyógyszerésznél (patika „Az Uppland címeréhez”) a legjobb feltételekkel tudta folytatni kutatói tevékenységét. Annyi szabadidőt kapott a laboratóriumi munkához, amennyire csak szüksége volt. Megpróbált kapcsolatba kerülni a helyi egyetem tudósaival, s egy véletlen találkozás folytán ismerkedett meg *Tobern Olof Bergmann* professzorral, aki Lökk gyógyszer-tudományokból szerezte be a kemikáliákat. Előfordult, hogy az egyik salétromtétel szokatlanul viselkedett, az egyetemen ennek okát nem tudták megfejteni, ellenben Scheele rájött a megoldásra, ami nemcsak a professzorral való együttműködését eredményezte, hanem munkájának elismertsége más tudóskörében is elterjedt (első tanulmányai az Uppsalai Királyi Akadémia kiadványában is megjelentek). 1772–73-ban felfedezte a levegőben az *oxigént* és a *nitrogént*, de ezt csak 1777-ben publikálta egyetlen könyvében: „Értekezés a levegőről és a tűzről” (Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer). A felfedezés kapcsolódott *Joseph Priestley* nevéhez, mert ő Scheeléhez hasonlóan ugyanarra az eredményre jutott 1774-ben, amit azonnal nyilvánosságra hozott. Scheelét 1774-ben a *Tudományos Akadémia tagságára* jelölték, felvétele a következő évben megvalósult.

1775-től Pohl tulajdonosnál a vezető gyógyszerész első segédjeként dolgozhatott a *Köping* nevű városkában. A hamarosan elhunyt tulajdonos patikáját Scheele vette át. Az ennek jogosságát vitató másik segéd eredménytelen jogi lépései után átvállalta a patika adósságait, sőt az özvegy és annak fia eltartását is. 1777-ben Stockholmban mutatkozott be a *Királyi Tudományos Aka-*



démián, a király jelenlétében, és egy egyéves ösztöndíjhoz jutott. 1782-ben új gyógyszerháza lett egy központi helyen a fővárosban, ahol megfelelő felszereltségű laboratóriuma is működött.

Többek között felismerte a *faszén gázmegkötő* képességét (adszorpció), zárt edényben forralt ecettel egy – a pasztörizáláshoz hasonló – *konzerválási* eljárást talált fel. Először kísérletezett az ezüst-kloriddal – felfedezve annak *fényérzékenységet* –, és felismerte, hogy az ammóniától megfeketedett ezüst-klorid nem oldódik (így jött rá egy *fényképet fixáló* eljárásra). A kémia több területével foglalkozott, így felfedezései széles skálán fordulnak elő. A savak közül a *borkősav*, $C_4H_6O_6$ (1769), az *acetaldehid*, C_2H_4O (1774), a *benzoesav*, $C_7H_6O_2$ (1775), a *húgysav*, $C_5H_4N_4O_3$ (T. O. Bergmannal közösen) és az *oxálsav*, $C_2H_2O_4$ (1776), a *tejsav*, $C_3H_6O_3$ és a *nyálkasav*, $C_6H_{10}O_8$ (1780), a *citromsav*, $C_6H_8O_7$ (1784), az *almasav*, $C_4H_6O_5$ (1785) és a *galluszsav*, $C_7H_6O_5$ (1786) elsőként történő kimutatása fűződik nevéhez. Több új gyártási eljárást tárt fel különböző vegyületek, ill. elemek előállítására, pl. *hidrogén-fluorid*, HF és *foszforsav*, H_3PO_4 (1771), *klór* és *bárium-oxid*, BaO (1774), *oxigén/nitrogén* a levegőben (1777), *hidrogén-arzenid*, AsH_3 és *arzensav*, H_3AsO_4 (oldatban), ill. $H_3AsO_4 \cdot 1/2 H_2O$ (stabil változatban) (1775), *Scheele-zöld*, $CuHAsO_3$, (1776), *hidrogén-szulfid*, H_2S (1777), *molibdén-trioxid*, MoO_3 (1778), *hidrogén-cianid*, HCN (más néven kéksav) (1782), *glicerin* $C_3H_8O_3$ (1783). Felismerte, hogy a *barnakő*, MnO_2 , *mangánt* (1774), a *tungstenit* (később nevről scheelit), $CaWO_4$, *volfrámot* (1781) tartalmaz. Az alkoholos erjedés során képződő *kozmaolaj* (hosszabb szénláncú alkoholok keveréke) (1785) felfedezése is nevéhez fűződik.

1785 ősztén megbetegedett, életének 44. esztendejében elhunyt.

Hogyan okoz mérgezést az arzén?

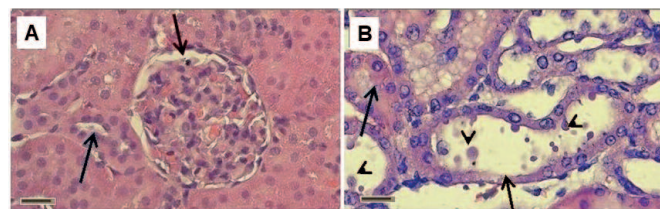
Az elemi arzénnek nincs mérgező hatása, azonban főleg a *három vegyértékű arzénvegyületek* mérgező hatása szempontból veszélyesek az élőszervezetekre. Azok az öt vegyértékű arzénből felépülő vegyületek (pl. arzén-pentoxid, arzénsav) szintén mérgezőek, amelyekből a szervezetbe kerülve három vegyértékű arzén képződik. Az arzén sejtekre mérgező (citotoxikus) hatása szaporodást/burjánzást elősegítő építőelemekben, sejtközi állományokban a legfokozottabb, így például a vérképző rendszer, az embrionális szövetek, a ráksejtkultúrák veszélyeztetettek. A mérgező hatás leegyszerűsítve azon is alapul, hogy az arzén az élő sejtekben képes beépülni a *foszfor helyére*, ezzel gátolva több enzim működését, akadályozva létfontosságú biokémiai reakciók lefolyását. Az enzimbénítással ható arzénvegyületek egyik legagresszívabb gyilkos változata a *harcis anyagok* csoportjába tartozó klór-vinil-diklór-arzin, amely bőrön át is könnyen felszívódó arzéntartalmú, hólyaghúzó hatású vegyület (hólyagos bőrgyulladást okozva, valamely belső szerv vérbőségét radikálisan csökkenti). Az arzén rákkeltő hatása is bizonyított (6. ábra).

6. ábra. Arzénmérgezés okozta bőrelváltozások



A szöveteket károsító arzén a fehérjéket nem csapja ki, nincs maró, ill. helyi irritáló hatása. A toxicitás a mérgezést okozó arzénvegyületek oldékonyságától jelentősen függ. *Kapillárismérgeként* ismertek, miután a hajszálerek bénulását okozva a hajszálcsövecskék maximálisan kitágulnak, faluk a fehérjék számára átteresztő lesz. Így vérnyomáscsökkenés következik be, amit tovább fokoz az arteriolák (az artériák kicsi ágai, amelyek kapillárisokhoz vezetnek) bénulása. Emiatt például a gyomor-bél, vesekapillárisok súlyos elváltozása következik be. A kitáguló erek átteresztik a fehérjéket, a hajszálérgomolyagok megduzzadnak, funkciójuk nagyon leromlik. A vérnyomáscsökkenés, illetve a kiszáradás veseelégtelenséghez vezet. Akut arzénmérgezést okoz a *porinhaliáció* és a *belélegzett gáz*, mert a vörösvérsejtekben felhalmozódó anyag a sejtszinten felszabaduló hidrogén-peroxidtól védő *kataláz enzim* aktiválását gátolja. A felszaporodó peroxidok *hemolízist* (a vörösvértest membránjának sérülése), vesejétpusztulást okoznak. A vérnyomás hirtelen esése *eszméletvesztéshez* vezet, az agyi keringés zavara *kómát* idéz elő. A halál a *sokk* és súlyos agyi *oxigénéltelenség* következménye (7. ábra).

7. ábra. Veséről készült szövettani képek



egészséges vesetést és gyűjtőcsatorna szövettani képe (↑)

az arzén kórszövettani hatásai, tágult gyűjtőcsatornák (↑), citoplazmatikus hólyagok (>)

Hírhedt arzénmérgezések

A mérgezések története – mint sok minden – az ókorig nyúlik vissza; állítólag amikor *Kleopátra* úgy döntött, hogy véget vet az életének, törekedett olyan halált választani, ami után szép holttestet hagyhat hátra. Szolgáin számos mérget kipróbált, többek között az arzént is, majd a kígyóharapást választotta.

A 15. században a *Borgia család* az arzén felhasználásával készítette a *cantarella* nevű mérget. Sertésbelet permeteztek be arzénvegyülettel, és a megszáritott, porrá őrölt anyag került az áldozat ételébe. Az íztelen gyilkolószert tünetei megegyeztek a kolearáéval és az ételmérgezésével, így fel sem merült a mérgezéses halál.

A 17. századi Franciaországban – XIV. Lajos uralkodása alatt – több francia arisztokratát is megvádoltak *arzénnel* (poudre de succession, azaz öröklési por) végrehajtott mérgezéssel, amivel riválisokat és gazdag rokonokat segítettek át a túlvilágba.

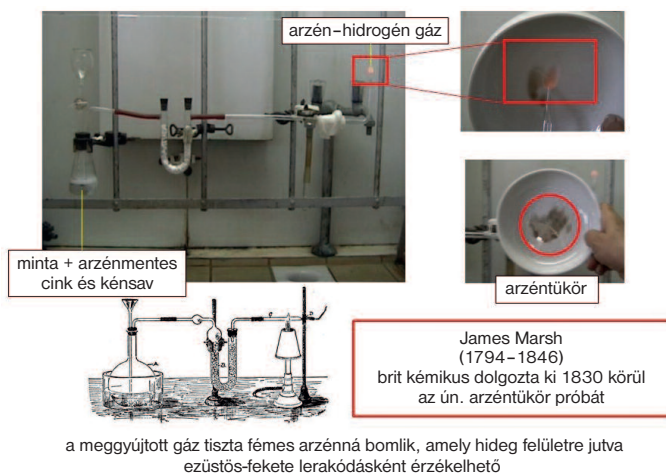
A leghíresebb áldozatnak *Napóleont* tartották, akinek Szent Ilona-szigeti kényszermenedékhelyét Scheele-zölddel színezte tapéta borította. Az volt a feltételezés, hogy a színes pigmentből – a trópusi nedvesség hatására – a megtelepedő gombák súlyosan mérgező arzén-hidrogén-gázt szabadítottak fel, amely lassan megölte a szoba lakóját. A 20. században neutronaktivációs analitikai mérések nem bizonyították az arzénmérgezést, csak antimontartalmú gyógyszer szedését mutatták ki. 2007-ben egy nemzetközi tudóscsoport tett pontot a kételyekre, miután Napoleon alkoholban tartósított gyomrát vizsgálva egyértelműen kimutatták, hogy az egykori császár halálát *gyomorrák* okozta.

A magyar kriminalisztika történetének egyik megdöbbentő bűnesete volt az arzéntartalmú fukszinnal átítatott légyapárr-



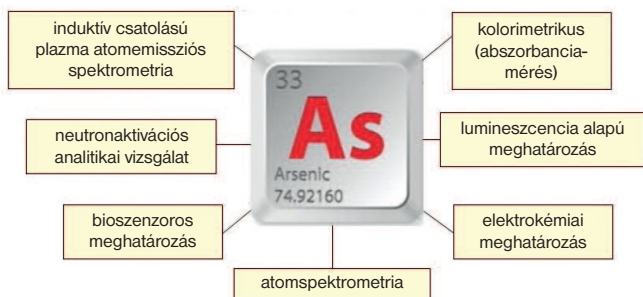
mérgezéses, ún. *tiszazugi* (Nagyrev, Tiszakürt, Ókércske, Tiszaföldvár, Kunszentmárton, Mesterszállás és Ócsöd) gyilkosság-sorozat. A *nátrium-arsenittel* (NaAsO_2) átitatott légyfogó papír vizes kivonatát használták fel: a „*légyfogó leves*” borbá, ételbe elkeverve mérgezte férjeiket 30–60 napig, akik idült arzénmérgezéses tünetek között haltak meg. Egy felnőtt másvilágra küldéséhez átlag *napi 2–4 mg arzént* kellett adagolni, azaz mindennap egy-két légyfogó kivonatának beadására volt szükség (csecsemők esetében – az abortuszt is végző „nagyrevi angyalcsinálók” mellett – kis mennyiség is elegendő volt). Egy légypapírban mindössze 1–2 mg arzénnek megfelelő mennyiségű nátrium-arsenit volt, ami önmagában alacsony kockázatot jelentett (a heveny halálos adag kb. 1–2%-át tette ki). *100 db légypapír* kiáztatásával nyert egyetlen adag hatására gyorsan elhunyt a kiszemelt áldozat, 10–20-szal is rövidebb idő alatt el lehet intézni a „*célszemélyt*”. A gyilkos asszonyok ügyeltek arra, hogy feltűnést kerülve ne egyetlen nő vásároljon nagy tételben légyirtót, így tucatnyi asszony vette meg napközben. Majd este a kútnál összejöttek, és kötény alatt összeadták a mérget, amit a soron következő férjlikvidáló asszonyság hazavitt. Két bábaasszony pénzért is árusította a „*légyvíz*” elnevezésű gyilkos oldatot, amivel nem kellett bíbelődni. 1911–1929 között akár több száz ilyen gyilkosság fordult elő (egyes források szerint csak Nagyrev és Tiszakürt temetőiben az exhumálások során 162 arzénrel meggyilkolt ember temét tárták fel). A „*tiszazugi mérgekeverő asszonyok*” azt hitték, hogy nem hagynak maguk után nyomot.

Pedig az arzénal megmérgezett áldozatból, annak teteméből – amely éppen az arzénvegyületek erős toxicitása miatt a szokásos lebomlás helyett mintegy mumifikálódik – egyértelműen kimutatható a gyilkos kémiai elem. A bűnesetek lezárása után az *arzéntartalmú* légyfogó papírokat, a nagyobb koncentrációjú növényvédő szereket, majd a konzerváló fapácokat is *betiltották*. Az

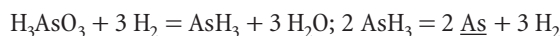


8. ábra. Arzénkimutatás Marsh-tesztel

9. ábra. Korszerű arzénkimutatási/meghatározási módszerek



ún. Marsh-tesztel (arzéntükör-próba) az 1830-as évek óta az arzénmérgezés igazolása rutinfeladat (8–9. ábra):



Az arzén gyógyíthat is

Az i. e. 5. században Hippokratész kezelte fekélybetegeket *realgár*- (As_4S_4) és *auripigment*- (As_2S_3) tartalmú kenőcsökkel. Több ókori civilizáció is használta az arzént orvosságként, a kínaiak sikeresen alkalmazták a *fehér arzént* (arzén-trioxid) a malária ellen szereként, és a perzsáknál is említik a láz fehér arzénal való gyógyítását.

Nagy áttörést hozott a Paul Erlich által 1909-ben kifejlesztett *Salvarsan* nevű, szerves arzéntartalmú antibiotikum. A baktériumpusztító hatás eredményes lett, így sikeresen alkalmazta a szert a szifilisz kórokozói, ill. a spirochaetabaktériumok ellen.

Csontbetegségek (csontlágyulás) és ideges görcsök (ún. vitustánc), ill. idegzsába ellen szintén sikerrel alkalmazták az arzén hatóanyagú készítményeket, pl. az ún. *Fowler-oldat* (arzénessavas-kálium oldat) formájában.

Az 1970-es években a kínai Harbin Egyetemen az arzén-trioxid és nyomokban előforduló higany együttes hatását tovább kutatták, és eredményes *leukémiát* kezelő szert állítottak elő.



10. ábra. Az arzén gyógyító hatására utaló gyógyszerek

Az arzént radiokészítményként is alkalmazzák, izotópjának bomlási módjától függően a diagnosztikai és terápiás célokra egyaránt (10. ábra).

Befejezésül

Visszatérve a „*Gyilkos zöld ruhák, függönyök és tapéták*” címre, már több évtized óta nem kell tartani ilyen álnok módon fellépő mérgezésektől. Sokat fejlődött a szintetikus *színezékgyártás*, a *műszeres analitikai* vizsgálatok elterjedésével pedig ppm (mg vegyi anyag/1 kg száraztömegű textilanyag) nagyságrendű vegyi anyagok jelenléte is pontosan kimutatható.

A mesterséges textilszínezékgyártás ipari méretekben közismerten 1857-től számítható. (Ennek előzménye egy angol diák véletlen felfedezése 1856-ban: Perkin – egy kininszintetizálási kísérlet során, nem tervezetten – lila vegyületet állított elő, és a *mauvein* kiváló színezéknek bizonyult.) **1868-ban köszönként-rányból szintetizáltak mesterséges alizarint.** Jelentős állomás volt az *indigó szintetizálása* (1882-ben, A. von Bayer), majd 1897-ben a módosított indigó nagyüzemi előállításának beindulása. Ezután többek között 1883-ban a *direkt*, ill. *kénés*, 1901-ben a *csáva*, 1912-ben a *szálonfejlesztett-azo*, 1923-ban a *diszperziós*, 1956-ban a *reaktív színezékek* jelentek meg (utóbbiak között több évtizede használatban vannak a hetero-bifunkciós változatok is, amelyek még jobb kötődést biztosítanak a cellulózszállakon).



Külön említést érdemel, hogy 1950-ben *Vickerstaff* munkája rögzítette először a textilszínezés fizikai kémiájának kutatási eredményeit, ezután nagyszámú munka készült és készül napjainkban is, amit egyre több tudományos eredmény és gyakorlati alkalmazás jelez.

A hazánkban is hatályos a *REACH* (Registration, Evaluation, Authorisation és Chemicals) rendelet, amely a vegyi anyagok rendszerezésével, regisztrációjával, értékelésével és biztonságos felhasználásával foglalkozik. A rendelet hatálybalépésével a teljes felhasználói láncra kiterjed a felelősség kérdése, így a gyártókon és forgalmazókon kívül a továbbfeldolgozók is információadási kötelezettséggel tartoznak. Természetesen a textiliparban felhasználható *színezékek* is szerint megtalálhatók ebben a nemzetközi rendszerben, továbbá lényeges információkat tartalmaznak az egyes színezőanyagok *biztonsági adatlapjai*. A színezékgyártók nemcsak a színes textíliákat használók *egészségére* ügyelnek, hanem a színezékekkel tevékenykedők *biztonságára* és a *környezetkímélésre* is kiemelt figyelmet fordítanak.

Az *ártalmatlan vegyi segédanyagok, színezékek korlátozása, esetleges tilalma* miatt az OEKO-TEX® 100 standard szerint minősített és ennek megfelelő megkülönböztető minőségjellel ellátott textiltermékek rendkívül megbízhatók, miután több esetben a törvényi/rendeleti előírásoknál *szigorúbb követelményeket* elégtének ki (11–12. ábra).

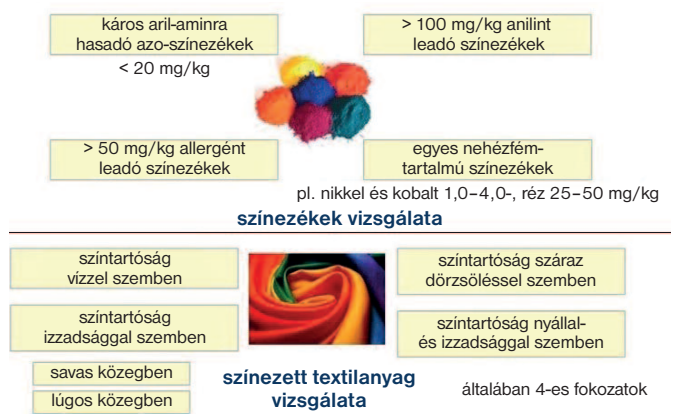
IRODALOM

- [1] Pénez András: Halálos mérég, vagy a hosszú élet titka?!, Magyar Kémikusok Lapja (2009) november.
- [2] Galambos Éva: A szerves pigmentek polarizációs mikroszkópos vizsgálatának szerepe, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Doktori Iskola, DLA-értekezés, 2007.
- [3] <https://www.theparisreview.org/blog/2018/05/02/scheeles-green-the-color-of-fake-foilage-and-death/>
- [4] <https://janeaustrainsworld.com/tag/schweinfurt-green/>
- [5] <https://femina.hu/szepseg/smaragd-zold-ruha/>



11. ábra. Az OEKO-TEX® 100 standard szerint minősített termékek új megkülönböztető minőségjele

12. ábra. Az OEKO-TEX® 100 szerinti, színezékekkel kapcsolatos követelmények

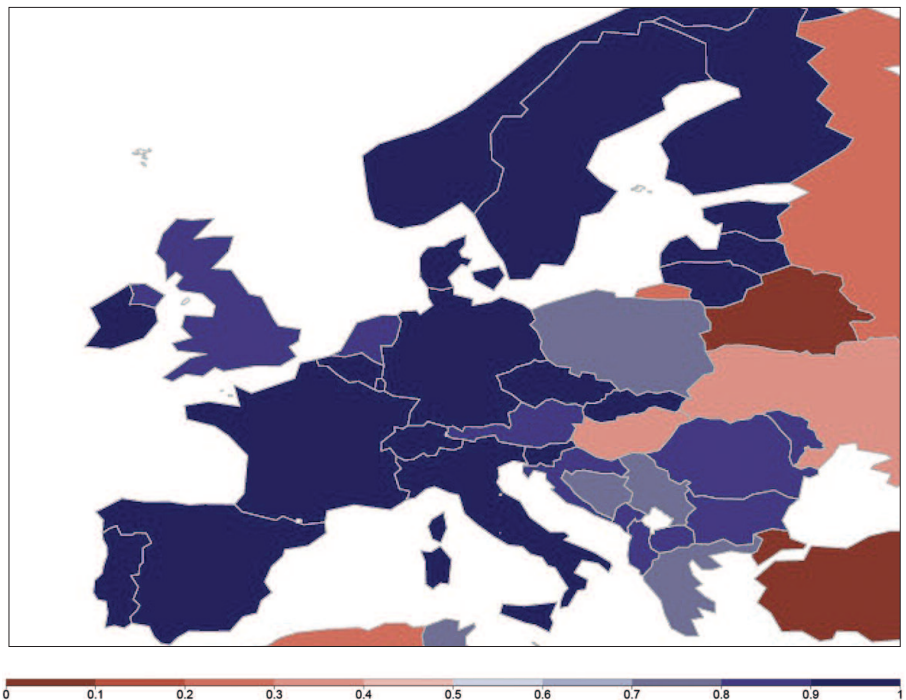


Akadémiai szabadság

A közelmúltban két olyan nemzetközi jelentést hoztak nyilvánosságra, amelyek az akadémiai és az egyetemi autonómiát, a kutatás és publikálás szabadságát mérték össze Európában, illetve a világon – írja a G7 gazdasági portál. – Ezek alapján elmondható: az elmúlt tíz évben a magyar akadémiai szabadság jelentősen csökkent, és globális szinten rendkívüli alacsony szinten van. A vagyonkezelő alapítványok által fenntartott egyetemek modellje a kutatók szerint példátlan Európában.

(<https://g7.hu/kozelet/20230331/romokban-a-magyar-akademiai-szabadsag-es-egyetemi-autonomia/>)

A jelentések – The evolution of university autonomy in Hungary, Academic Freedom Index. Update 2023 – szintén elérhető a hálón.



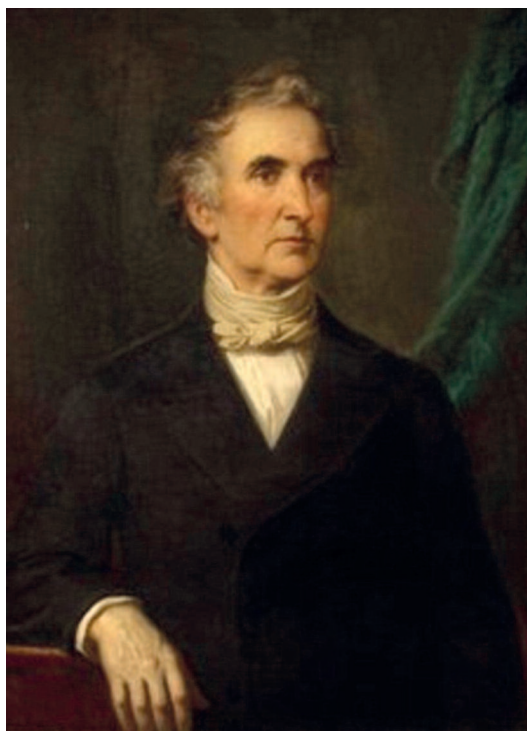
Az akadémiai szabadság állapota, 2022 (0–1-es skálán; 0: alacsony)
(<https://academic-freedom-index.net/>)



Ménes András

Százötven éve hunyt el Justus Liebig

A gyakorlati vegyészeti elképesztő ütemben fejlődött a tizenkilencedik században. Justus von Liebig a fejlődést megalapozó személyek egyike volt. Nagyon fontos felfedezéseket tett a szerves kémia éppen kibontakozó területén: számos anyagot fedezett fel, például a kloroformot, a cianidokat; híres laboratóriumában sok ezer elemzést végeztek. Liebig munkássága nagymértékben hozzájárult a német vegyi és festékipar sikereihez. Pályafutása derekán az agrokémia felé fordult. Nem dolgozott ki alapelméleteket, de munkássága nagy hatással volt olyan tudományokra is, mint a filozófia vagy az orvostudomány. „Liebig nem a vegytan egyik művelje – áradozott egy amerikai vegyész, Eben N. Horsford. – Liebig maga a kémia.”



Justus Liebig 1803. május 12-én született Darmstadtban; Johann Georg Liebignek és Karoline Mösernek vele együtt tíz gyermeke volt.

Apja sózott hússal, szárított élelmiszerekkel kereskedett, némelyik árúját maga készítette. Ennek következtében Justus már korán ismeretségbe került a gyakorlati vegyészettel. Noha saját állítása szerint rengeteget olvasott, nem lehet tudni, kiváló diák volt-e iskolái kezdetén. Mivel az 1817-es válság során a család meglehetősen elszegényedett, Justust beadták egy gyógyszerárba inasnak. Liebig később azt a mesét eszelte ki, hogy a váratlanul bekövetkező vegyi robbanások hamar véget vetettek inaskodásának, holott a valóságban apja nem tudta tovább fizetni a tanonckodás díját.

Visszatért apja boltjába, majd a Bonni Egyetemen megismerkedett egy híres vegyészszel, Karl Wilhelm Kastnerrel. Kastner segítette, és az Erlangeni Egyetemre is követte őt.

Hamar elismerték koraérett intelligenciáját, ő viszont nem tartotta valami sokra a Németországban alkalmazott kémiai elemzés „filozofikus módszerét”, amelyre a Naturphilosophie, a természet spekulatív, romantikus elmélete volt nagy hatással.

Liebig később párizsi ösztöndíjat kapott egy olyan időszakban, amikor Franciaország vezető hatalom volt a kémiatudományban. Gay-Lussactól és másoktól megtanulta a kémiai elemzés új módszereit. Még csak tizenkilenc éves volt, amikor 1822-ben az Erlangeni Egyetem, felfedező és földrajztudós Alexander von Humboldt-tal, aki 1824-ben közbenjárt, hogy a hesseni nagyherceg kinevezze a Giesseni Egyetemre. Liebig huszonnyolc éven keresztül maradt Giessenben.

A tizenkilencedik században egyre inkább elismerték a vegyészeti óriási gazdasági jelentőségét – azzal párhuzamosan, hogy a gyorsan fejlődő ipari kapitalizmus felhasználta a gyarmatosítók során feltárt nyersanyagokat. A földkéreg bőségszaruként ontotta kincseit a geológusok elé, sorra fedezték fel, osztályozták és termelték ki az ásványokat, amelyek számát manapság háromezerre becsülik. A vegyészetre, erre az új, még nem teljesen felkészült tudományra várt a feladat, hogy elemezze őket.

Amikor 1824-ben Liebig visszatért hazájába, azt is felismerte, hogy valóságos forradalom zajlik a szerves kémiában. Ennek hamarosan ő lett a vezéralakja. Amikor Friedrich Wöhler rájött, hogy ezüst-cianátja kémiai elemzésének eredménye azonos a Liebig-féle ezüst-fulminátéval, először hibára gyanakodtak, mivel a két vegyület teljesen más minőségű volt. 1826-ban azonban nem csupán arra jöttek rá, hogy mindkét elemzés helyes, hanem arra is, hogy a rengeteg szerves vegyület néhány egyszerű elem – az oxigén, hidrogén, nitrogén és szén – sokszoros kombinációjára vezethető vissza.

1831-re Liebig kifejlesztett egy módszert, amivel minden vegyületben meg lehet állapítani a szén és a hidrogén mennyiségét. 1834-ben bevezette a gyökök – a kémiai reakció során atomként viselkedő stabil összetevők – elméletének alapvető és szükséges egyszerűsítését.

Az 1830-as évek közepére Liebig lett a német vegyipar motorja. Ő adta ki a vegyipar egyik fontos újságját, az *Annalen der Pharmacie*-t, és tudósként egész Európából magához vonzotta a diákokat. A kormányzat, tudatában lévén a tudós növekvő jelentőségének, készségesen teljesítette Liebig anyagi igényeit. Giesseni jól felszerelt laboratóriuma a fiatal vegyésznek Mekkája lett, ahol elsajátították Liebig módszereit, amelyeket felhasználhattak kutatásaikban. Liebig egy sor előadást tartott diákjainak, hogy tanítványait megismertesse elméletével és elemzési módszereivel, majd bevezette őket a laboratóriumi munkába. Körülbelül 450 vegyész és több mint 300 gyógyszerészt képeztek ki Giessenben.

1838 után Liebig egyre inkább abba az irányba fordult, amit ma biokémiának és agrokémiának neveznek. 1840-ben kiadott, *A szerves kémia és alkalmazása a mezőgazdaságban és az orvoslásban* című könyve hamarosan nemzetközi hírnévre tett szert, számos nyelvre lefordították. Liebig erősen vitatta a hu-



Justus von Liebig doktoranduszai a giesseni laboratóriumban

muszelvet, amely a talajt nem a növények táplálójának, hanem inkább a serkentőjének tekintette, és amely szerint a növények által felszívott szénből keletkeznek a talajban található ásványok. A valóság ennek a fordítottja. Liebig elemzése bebizonyította, hogy a növények szívják fel ezeket az ásványokat, a kémiai reakciókon keresztül.

Nemcsak azt tanácsolta a parasztnak, hogy az emberi és állati salakanyagot juttassák vissza a talajba trágyaként, hanem káliumot és foszfort tartalmazó mesterséges trágyákat is készített. Kezdetben igen zavarba ejtő eredményeket kapott, mert oldatlan összetevőket használt fel, és egyszer egy katasztrofális műtrágyát szabadalmaztatott, amelyet árultak is Németországban és Nagy-Britanniában. De amikor az összetevőket vízben oldhatóvá tette, nagyszerű eredményeket ért el, és a német műtrágyaipar hatalmas fejlődésnek indult. „Ha meg tudom értetni a paraszttal a növények táplálásának, a talaj termékenységének alapelveit, a talaj kimerülésének okait – írta Liebig –, életem egyik célját teljesítettem.”



A giesseni Liebig Múzeum épülete

A harcos, karizmatikus Liebigért rajongtak a tanítványai. Anynyira lenyűgözte őket, hogy amikor először készített savanhidridet, és több diákját megkérte, tartsák elé meztelen karjukat, azok tiltakozás nélkül túrték a bőrükön a maró anyagot.

1873. április 18-án halt meg.

Vámos Éva Liebig magyar kapcsolatai

Mivel Liebig idejében Magyarország zömében agrárország volt, feltételezhetnők, hogy diákjai között számos magyar volt annál is inkább, mert magyar diákokat nagy számban találunk a korszakban egyes más német egyetemeken. ... [De] Giessen 1820 és 1830 között a beiratkozott magyar hallgatók összlétszáma alapján a 12. helyen állt a német egyetemek között, és egy évtizeddel később is ugyanezt a helyezést foglalta el. 1849/50-től valamivel több hallgató iratkozott be, így az egyetem a 10. helyre lépett előre. München Liebig idejében a második legkedveltebb német egyetem volt a magyar hallgatók körében, de Liebig esetleges magyar hallgatóira nézve nem ismeretesek adatok.

Liebig magyar hallgatóinak kis létszámára talán a kémia magyarországi sajtósági fejlődési irányában kell az okot keresni. Szabadvary professzor szerint abban az időben a világ számos országában elsősorban a szerves kémia fejlődött, míg a szervetlen kémiát úgyszólván mostohagyermekként kezelték. Magyarországon azonban a szerves kémia fejlődése nem tudott idejekorán megindulni. „A ké-



Az analitikai labor a giesseni múzeumban

miai nagyipar abban az időben csak keletkezően volt, és szintetikus szerves kémiai nagyipar egyáltalán nem létezett. A viszonyok nálunk azokhoz hasonlítottak, különösen a vizsgált időszak első két harmadában, amelyek túlnyomórészt az elmúlt [19.] évszázad közepe előtt uralkodtak. A professzorok, akik itt a kémiai életet vezették, ugyan tettek utazásokat külföldön, azonban a korszak utolsó évtizedeitől eltekintve mágikusan vonzódtak Bunsenhez Heidelbergbe. Bunsen távol tartotta magát a szerves kémiától és túl magas (83 éves) koráig volt aktív szolgálatban ahhoz, hogy a fejlődést akkor még követhette volna. Magyarországon tehát a szervetlen kémia területén a kutatás intenzívebb volt, mint a szerves kémiában; tiszteletreméltó eredményeket is hozott, amelyek jelentősége azonban nem múlta felül az átlagos tudományos közleményekét.”

(Vámos Éva: *Justus von Liebig magyar „tanítványa”* – Wágner László munkássága)

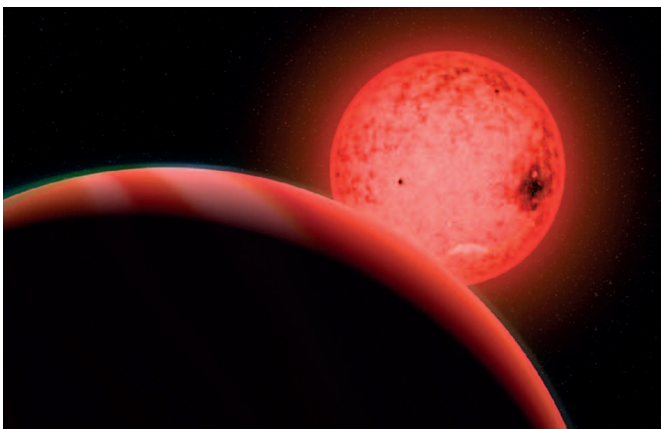


TÚL A KÉMIÁN

A bolygó, amely nem létezhetne

A mára több ezer tagot számláló exobolygó-klub érdekes új égitesttel bővült a közelmúltban. A *Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)* fotometriai program fedezte fel a Földtől mintegy 280 fényévre, a Kis Róka (*Vulpecula*) csillagképben lévő, M színképtípusú törpecsillag fényesség-változásainak mérésével a TOI-5205b jelzésű bolygót, amelynek átmérője és sugara is majdnem pontosan megegyezik a Jupiterével. Az igazi furcsaság az, hogy a TOI-5205 csillag tömege alig 40 százaléka a Napénak, ezért az újonnan felfedezett bolygó a saját rendszerében fellelhető anyag akár 0,3 százalékát is tartalmazhatja. Ez az arány a mai bolygórendszer-képződési elméletek határait feszegeti.

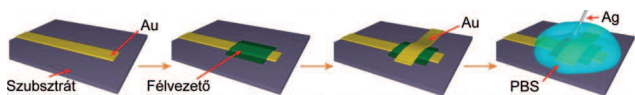
Astron. J. 165, 120. (2023)



Vertikális szerves tranzisztorok

A tranzisztorok anyaga hagyományosan valamilyen félvezető, de egy ideje már szerves vegyületekből is lehet ilyen eszközöket készíteni. Ezek teljesítménye eddig nem volt megfelelő a csúcstechnológiai alkalmazásokhoz, de egy új tanulmány hatására ez a helyzet megváltozhat. Ebben a szerves elektro-kémiai tranzisztorok (organic electrochemical transistor, OECT) anyagául félvezető polimereket választottak, amelyek monomeregységei a penta-oxaheksadecán és a dihidropirrol: ezek vezető sajátosságai jobban megfelelnek a célnak minden korábbi próbálkozásnál. A szokásos vízszintes elrendezést függőlegesre dolgozták át, így kritikus helyen sikerült a lineáris méreteket csökkenteni. Az új tranzisztorok kapcsolási ideje rövidebb (1 ms), tartóssága pedig lényegesen jobb (legalább ötvenezer ciklus), mint a korábbi OECT-ké, így valószínűleg új felhasználási területeket nyitnak majd.

Nature 613, 496. (2023)



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

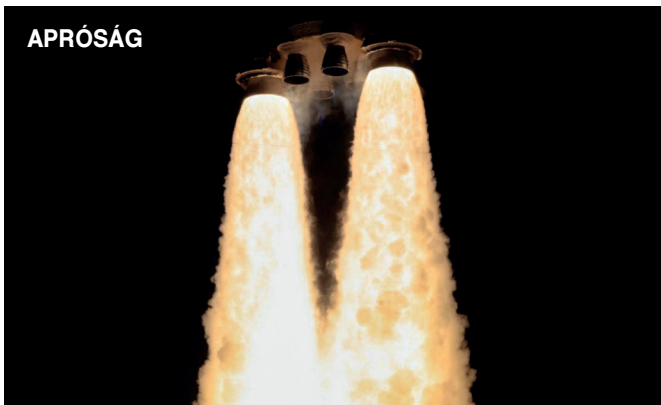
CENTENÁRIUM



R. Whiddington: *Photography of Balmer Series Lines of High Frequency Nature, Volume III*, p. 636. (1923. május 12.)

Richard Whiddington (1885–1970) brit fizikus volt. A Cavendish Laboratoryban kezdett kutatni. Mindkét világháborúban nagy szerepet játszott a hadsereg tudományos támogatásában. Kutatásai középpontjában többnyire a röntgensugárzás és az anyag kölcsönhatása állt.

APRÓSÁG



2022 rekordév volt az űrkutatásban: összesen 180 rakétakilövésrel állítottak új eszközt pályára, ami 44-gyel haladja meg az előző évi számot.



Az egyiptomi balzsamozás biomolekuláris kémiája

Egy 2500 éves szakkarai balzsamozóműhely romjai között talált leletek az egyiptomi múmia-technológia korábban ismeretlen részleteire derítettek fényt. A műhelyben gondosan feliratozott agyagedényekben találták meg a művelet hozzávalóit, amelyeket így nagyon pontosan hozzá tudtak rendelni az óegyiptomi szövegekben fennmaradt útmutatókhoz. A szerves anyagokat mindenekelőtt tömegspektrometriával kapcsolt gázkromatográfiás módszerrel vizsgálták meg, így különböző antibiotikus hatású és aromaanyagok jellegzetes keverékeit tudták azonosítani. Némelyik komponensről az is kiderült, hogy messziről kellett beszerezni, így az analíziseredményekből a korabeli kereskedelmi hálózatok működésére is lehetett következtetéseket levonni.

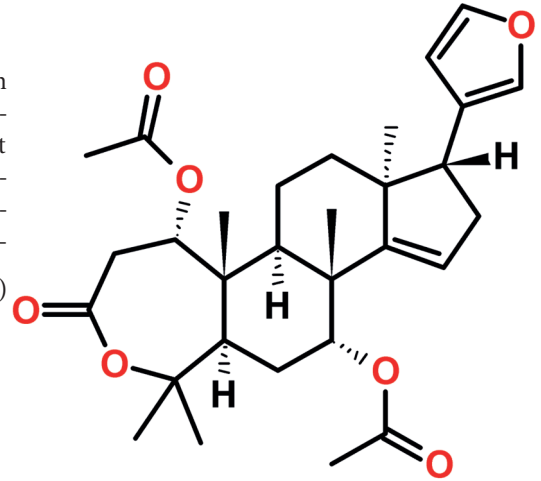
Nature 614, 287. (2023)



A HÓNAP MOLEKULÁJA

A kidalakton A ($C_{30}H_{40}O_7$) a limonoid típusú molekulák közé tartozik, 1992-ben izolálták először az amuri parásfa (*Phellodendron amurense*) nevű növény gyümölcsében. A közelmúltban sikerült a vegyület bioszintézisében jelentős szerepet játszó 12 reakciót és 22 enzimet azonosítani. Ezután génmódosítással egy Ausztráliában őshonos, dohányyszerű növényt (*Nicotiana benthamiana*) is képessé tették a kidalakton A előállítására, így a jövőben a korábbiánál sokkal nagyobb mennyiségben lesz hozzáférhető.

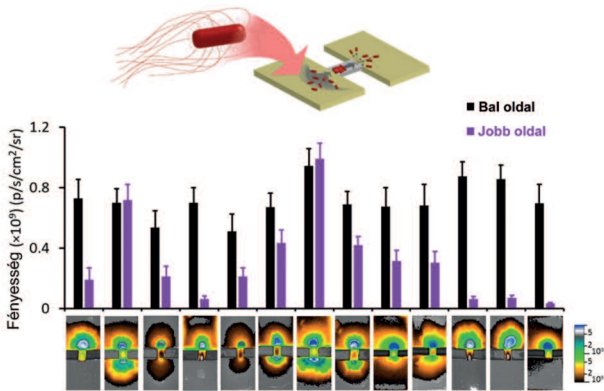
Science 379, 361. (2023)



Sterilizáló kopolimer

A manapság használatos katéterek alapvető szerepet töltenek be fontos orvosi kezeléseknél, de egyúttal bakteriális fertőzések kockázatát is magukban rejtik. Ezért van nagy jelentősége annak az újonnan kifejlesztett, biokompatibilis kopolimernek, amely jelentősen csökkenti a problémát. Mintegy négyszáz különböző akrilszármazék rendszeres vizsgálata azt mutatta, hogy a poli(terc-butil-ciklohexil-akrilát) igen hatékonyan gátolja a biofilmek kialakulását. Ugyanakkor a poli(2-hidroxil-3-fenoxipropil-akrilát)-ról az derült ki, hogy jelentősen lassítja a baktériumok szaporodási folyamatát. A két monomer felhasználásával előállított kopolimer mindkét sajátosságot megőrizte, így a jelenleg használatos szilikonok alternatívája lehet.

Sci. Adv. 9, add7474. (2023)



Új jégfázis

A szilárd víz olyan új formáját fedezték fel a közelmúltban, amelynek a szerkezete minden eddig ismert jégmódosulatánál jobban hasonlít a folyékony vízére. Az anyag előállításához hagyományos jégkristályokat kell $-200\text{ }^\circ\text{C}$ -on, acélgolyók között rázni intenzíven. A módosulat a közepes sűrűségű amorf jég nevet kapta, mert az amorf jégnek korábban már két másik változatát megismerték, az egyik sűrűsége nagyobb, a másiké kisebb, mint az újonnan felfedezett változaté. A munka egyik érdekessége, hogy a kísérleteket elméleti jósálatok alapján végezték el, s a kapott anyag tulajdonságai elég jól egyeznek az előrejelzésekben leírtakkal.

Science 379, 474 (2023).



A Terminátor újratöltve

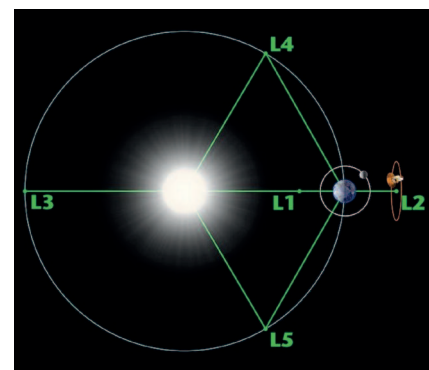
Először a Terminátor című mozifilmsorozat második részében fordult elő folyékony fémből készült robot, amely a sérülésekből néhány másodperc alatt felépül, illetve a mechanikailag áthatolhatatlannak tűnő akadályokon átfolyik. Ezt a sokak által még mindig a fantasztikumok világába sorolt elképzelést hozta közelebb a pittsburghi Carnegie Mellon University kutatócsapata. A Terminátorral ellentétben a milliméteres méret nagyságrendre érdekelte őket, a választott fém pedig galliumot, neodímiumot, vasat és bört tartalmazó, ferromágneses sajátságú ötvözet volt. Az ebből készült mikroterminátor szilárd állapotban saját súlyának harmincszorosát is képes megtartani, folyékonyra pedig megfelelő mágneses tér alkalmazásával lehet tenni, amikor a generált elektromos áram hőhatása megnöveli a hőmérsékletet. A megolvadt robot utána a mágneses tér megfelelő alkalmazásával visszaalakítható az eredeti formájára.

Matter 6, 855. (2023)



Holdporpajzs az űrben

A globális felmelegedés elleni küzdelem tudományosan fantasztikus elképzeléseihez érkezett új adalék a közelmúltban. Ez az üvegházhatást fokozó gázok kibocsátásának eddig nem túl sikeres csökkentése mellett a beérkező sugárzó energia mennyiségét próbálná csökkenteni úgy, hogy a napot egy kicsit leárnyékolja. Ennek egy sok befektetést igénylő, de megvalósítható módja lenne az, ha a Holdra egy nagy porágyút építenének, amely folyamatosan juttatná az apró szemcséket az űrbe. Ezek a szemcsék Föld körüli pályára állnának, így megfelelő mennyiségben visszavernék a napsugárzás egy részét. Részletes modellszámítások szerint ez a Földre érkező sugárzó energiát átlagosan 1–2 százalékkal csökkentené, amely már önmagában is jelentős mérséklő hatással lenne az éghajlatváltozásra. *PLOS Clim* 2, e0000133. (2023)





Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott aktuális kiemelt publikációk a forrászvegekben található aminosavak hipokloritokkal való reakciójának szabályozásával és a ciklodextrinek újabb, szemészeti terápiás felhasználásával kapcsolatosak.

Perczel András

osztályelnök, az MTA rendes tagja

Glicin és α -alanin klórozása HOCl-felesleg mellett: kinetika és mechanizmus

Journal of Hazardous Materials, 2023

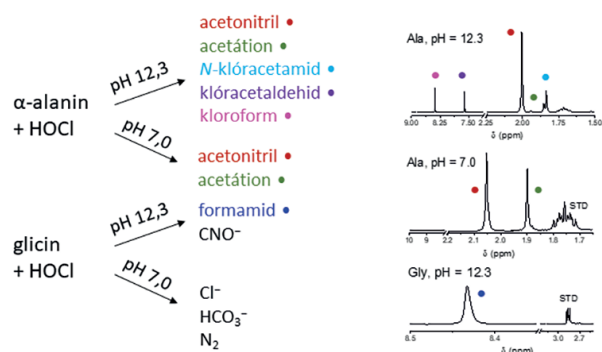
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389423000766?via%3Dihub>

Fruzsina Simon^{1,2}, Mária Szabó^{1,2}, István Fábián^{1,2}

¹Department of Inorganic and Analytical Chemistry, University of Debrecen, Debrecen, Hungary

²ELKH – DE Mechanisms of Complex Homogeneous and Heterogeneous Chemical Reactions Research Group, University of Debrecen, Debrecen, Hungary

A szerzők a két legegyszerűbb aminosav, a glicin és az α -alanin 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 felállították a reakciók részletes mechanizmusát. Az eredmények hozzájárulnak a víztisztítási technológiák során keletkező N,N-diklóraminosavak reakcióinak megértéséhez.



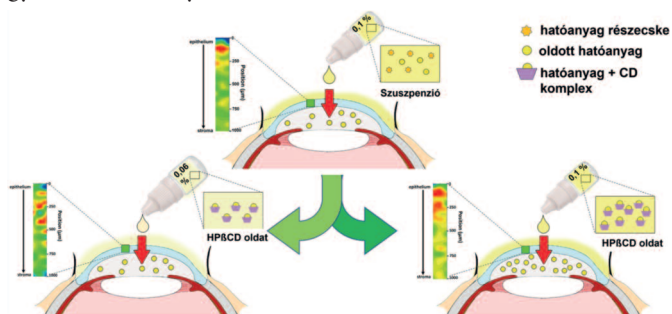
⁴Department of Ophthalmology, Semmelweis University, Budapest, Hungary

⁵University Pharmacy Department of Pharmacy Administration, Semmelweis University, Budapest, Hungary

⁶Cyclolab Cyclodextrin R. and D. Laboratory, Ltd, H-1070 Budapest, Hungary

⁷Institute of Pharmacodynamics and Biopharmacy, Faculty of Pharmacy, University of Szeged, Szeged, Hungary

A nepafenac szemészetben alkalmazott gyulladásgátló hatóanyag, amely szuszpenziós szemcsepp formájában érhető el, és emiatt használata kényelmetlen a betegek számára. Kutatásunk során ciklodextrin és hialuronsav segédanyagokkal olyan új szemcseppeket fejlesztettünk, amelyek kimetszett sertésszemeken végzett vizsgálatokban kiemelkedő felszívódást biztosítottak a Nevanac gyári készítménnyel szemben.



Akadémiai borverseny

Tizennegyedik alkalommal rendezték meg idén a Magyar Tudományos Akadémia borversenyét. A szakértők összegzése szerint jól érezhető a magyar bor minőségi fejlődése, egyetlen tétel sem volt, amelyet a zsűri a bor hibája miatt kizárt volna az értékelésből. Minden kategóriában szoros volt a küzdelem.

A jó bor tiszteletének komoly hagyománya van az Akadémián: Széchenyi István gróf végrendeletében kétszáz aranyat hagyott egy serleg készítésére, amelyet minden évben az ország legjobb borával megtöltve emeltek az ő emlékére a Nemzeti Kaszinóban. Freund Tamás a serleg másolatából ivott az ünnepélyes eredményhirdetésen a díjnyertes borok egyikéből (fotó: mta.hu / Szigeti Tamás)



Új terápiás lehetőségekkel kecsegtető, nepafenac tartalmú, ciklodextrinnel asszociált szemcsepp

Carbohydrate Polymers, 2023

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861723001819?via%3Dihub>

Anna Vincze¹, Réka Facskó¹, Mária Budai-Szűcs², Gábor Katona², Benjámín Gyarmati³, Anita Csorba⁴, Romána Zelkó⁵, Zoltán Zsolt Nagy⁴, Lajos Szenté⁶, György T. Balogh^{1,7}

¹Department of Chemical and Process Engineering, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

²Institute of Pharmaceutical Technology and Regulatory Affairs, Faculty of Pharmacy, University of Szeged, Szeged, Hungary

³Department of Physical Chemistry and Materials Science, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

A borverseny elsődleges célja, hogy az MTA éttermében és rendezvényein olyan borok kerüljenek a résztvevők poharaiba, amelyek méltón reprezentálják a magyar bor kiváló minőségét.

Ezért alapvetően két árkategóriában lehetett nevezni a versenyre. A közép- vagy ún. „rendezvények bora” kategóriában olyan borokkal lehetett nevezni, amelyek nettó ára 2500 Ft alatt van. A felső kategóriában már nem volt megkötve a beszerzési ár, a nemzetközi szinten is kimagasló minőségű borok ebben a kategóriában versenyeztek.

A felső kategóriában „Az MTA Bora 2023” cím nyertese a Péter Pincészet *Tokaji Furmint Thurzó dűlő 2021* fehérborra, a Koch Borászat *Villányi Franc 2017* nevű vörösborra, a Mad Wine *Mad Aszú 2013* nevű desszertborra, valamint a Kreinbacher Birtok *Kreinbacher Brut Classic 2018 Magnum* nevű pezsgője.

A középkategóriában „Az MTA Bora 2023” cím nyertese a Bujdosó Szőlőbirtok *Cirkáló 2022* nevű fehérborra, Lovovits Tamás Pincészetének *A Csudabogár 1. 2020* nevű vörösborra, valamint a Gál Szőlőbirtok és Pincészet *Gál Kékfrankos rosé 2022* nevű rozébora. (https://mta.hu/mta_hirei/akademia-bora-2023-112822)

A HÓNAP HÍREI

Megemlékezések, kitüntetések

Oláh György-emléktáblát avattak Los Angelesben

2023. március 14-én a Dél-kaliforniai Egyetem Loker Szénhidrogén-kutató Intézetében Oláh György magyar származású kutató tiszteletére emléktáblát avattak fel. A nagy hatású tudós 1927-ben született Budapesten, 1977-től dolgozott Los Angelesben, s folyama-



Ósz Katalin dékánhelyettes (Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar), Lente Gábor intézetigazgató (Pécsi Tudományegyetem, Kémiai Intézet), Bede Fanni doktori ösztöndíjas kutató (Pécsi Tudományegyetem, Kémiai Intézet), Szabó Imola konzul (Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles), Surya Prakash igazgató (Dél-kaliforniai Egyetem, Loker Szénhidrogén-kutató Intézet), Széles Tamás főkonzul (Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles), Robert Aniszfeld ügyvezető igazgató (Dél-kaliforniai Egyetem Loker Szénhidrogén-kutató Intézet). Fotó: Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles



Surya Prakash igazgató (Dél-kaliforniai Egyetem, Loker Szénhidrogén-kutató Intézet), Arieh Warschel Nobel-díjas kémikus (Dél-kaliforniai Egyetem), Szabó Imola konzul (Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles). Fotó: Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles



Surya Prakash igazgató (Dél-kaliforniai Egyetem, Loker Szénhidrogén-kutató Intézet), Széles Tamás főkonzul (Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles), Amber Miller dékán (Dél-kaliforniai Egyetem, Dornsife Kar). Fotó: Magyarország Főkonzulátusa, Los Angeles

tosan tartotta a kapcsolatot a magyarországi kutatókkal. Legjelentősebb eredményét a karbokatínok kutatása terén érte el, e területen végzett munkáját jutalmazták kémiai Nobel-díjjal 1994-ben. A Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben választotta tiszteleti tagjává. 2001-ben kapta meg a Corvin-lánc kitüntetést, 2002-ben a Bolyai-díjat, 2011-ben pedig Széchenyi Nagydíjjal tüntették ki. Számos magyar egyetem adományozott neki díszdoktori címet. 2017-ben hunyt el.

Az avató ünnepség egyúttal alkalmat adott arra, hogy a Loker Szénhidrogén-kutató Intézet és a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kara közötti együttműködési megállapodást véglegesítsenek, amely keretében fiatal pécsi kémikusok folyamatosan részt vehetnek a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kutatásokban Los Angelesben.



Az emléktáblát Magyarország Külgazdasági és Külügyminisztériuma készítette. Az avatáson beszédet mondott Surya Prakash, a Loker Intézet igazgatója, Széles Tamás magyar főkonzul, Amber Miller, a Dél-kaliforniai Egyetem Dornsife Karának dékánja és Lente Gábor, a Pécsi Tudományegyetem Kémiai Intézetének igazgatója. Az ünnepségen részt vett Ronald Oláh, a neves tudós fia, illetve Arieh Warshel, a Dél-kaliforniai Egyetem Nobel-díjas kémikusa. A Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Karát Ősz Katalin dékánhelyettes képviselte.

Lente Gábor



Kamarás Katalin



Kaptay György

Somorjai Gábor kitüntetése



Joe Biden amerikai elnök a kaliforniai Berkeley Egyetem két kutatóját, Darleane C. Hoffmant és Gabor A. Somorjait tüntette ki az egyik legrégebbi és legrangosabb amerikai tudományos díjjal, az Enrico Fermi Presidential Awarddal – közölte a Berkeley Laboratórium.

Az egyetem honlapja szerint (<http://www.cchem.berkeley.edu/gasgrp/>) Somorjai A. Gábor és kutatócsapata a szilárd-gáz, szilárd-folyadék és szilárd-szilárd határfelületek szerkezetét, kötéseit és reaktivitását vizsgálja molekuláris szinten. Ezt az ismeretet a makroszkopikus felületi jelenségek, a sebesség és a termékszelektivitás megértéséhez használják fel a többutas katalitikus reakciókban.

A Somorjai vezette kutatócsoport többek között megállapította, hogy a kis fém nanorészecskék heterogenizálják a homogén oldatfázisú katalitikus reakciókat, és folyamatban vannak a heterogén és enzimkatalitikus reakciók korrelációjának vizsgálatai is.

„Somorjai professzor a terület vezető tudósainak új generációját nevelte ki” – áll az egyetem honlapján. Somorjai professzor szoros szakmai kapcsolatot tartott fenn több magyar kutatócsoporttal, laboratóriumában sok magyar kutató megfordult.

„*Somorjai professzor a terület vezető tudósainak új generációját nevelte ki*” – áll az egyetem honlapján. Somorjai professzor szoros szakmai kapcsolatot tartott fenn több magyar kutatócsoporttal, laboratóriumában sok magyar kutató megfordult.

Gratulálunk Professzor Úr kitüntetéséhez és munkájában további sikereket kívánunk!

KT

Hazai kitüntetések



Március 15. alkalmából a Magyar Érdemrend középkeresztje a csillaggal polgári tagozat kitüntetését kapta, többek között:

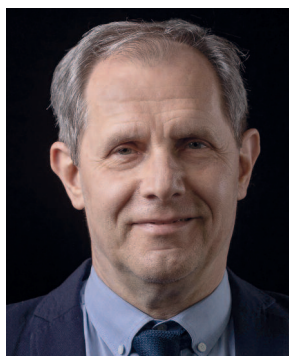
Béres József vegyész, a Béres Gyógyszergyár Zrt. elnöke a magyar emberek egészségének megőrzését évtizedek óta elkötelezetten szolgáló, a természetes gyógyászati módszereket, illetve az emberi szervezet ellenálló képességének erősítését széles körben népszerűsítő munkája elismeréseként.

Széchenyi-díjban részesült:

Kamarás Katalin fizikus, vegyész, kutatóprofesszor, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása során az infravörös

spektroszkópia szilárdtestfizikai alkalmazásainak fejlesztése és hazai meghonosítása érdekében végzett iskolateremtő tevékenysége elismeréseként;

Kaptay György kohómérnök, tanszékvezető egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása, különösen az anyagegyensúlyok, az elektrokémiai szintézis, a határfelületi jelenségek és a nanoanyagok tudományterületén elért eredményei, illetve kiváló oktatói és tudományos kutatói munkája, valamint értékes oktatás- és kutatásszervezői tevékenysége elismeréseként;



Marosi György János



Salma Imre

Marosi György János vegyész mérnök, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása során a polimer kompozitok és gyógyszerrendszerek innovatív, biztonságos technológiáinak kifejlesztése és ipari bevezetése terén elért, nemzetközileg is kiemelkedő eredményei, valamint iskolateremtő kutatói-oktatói tevékenysége elismeréseként;

Salma Imre légkörkémikus, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia doktora Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása során a légkörkémia és -fizika területén, különösen az aeroszol keletkezésének, kölcsönhatásainak, valamint környezeti, éghajlati és egészségügyi következményeinek feltárásában elért eredményei, nemzetközileg is jelentős kutatói tevékenysége és magas színvonalú oktatói munkája elismeréseként.

A Magyar Érdemrend Tisztikereszt polgári tagozat elismerésben részesült:

Gál Péter biokémikus, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karának egyetemi tanára, az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Természettudományi Kutatóközpont Enzimológiai Intézete Szerkezeti Biofizika Kutatócsoportjának vezetője;

Héberger Károly kémikus, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Természettudományi



Gál Péter



Héberger Károly

Kutatóközpont Anyag- és Környeztkémiai Intézete Plazmakémiai Kutatócsoportjának tudományos tanácsadója;



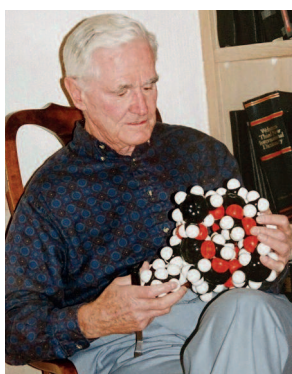
Vértessy G. Beáta

Vértessy G. Beáta, a Magyar Tudományos Akadémia levelező, az Academia Europaea rendes tagja, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kara Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára, az Eötvös Loránd Kutatóközpontja Természettudományi Kutatóközpontja Enzimológiai Intézetének kutatócsoport-vezetője.

A kitüntetetteknek gratulálunk! Munkájukhoz további sikereket kívánunk!

Olvasnivalót ajánlok

Időről időre ajánlok érdekes írásokat a kémia iránt mélyebb vonzalmat érző olvasóinknak. Ezt teszem most is. A „Structural Chemistry – tools and concepts” „editorial” cikkét ajánlom (*Structural Chemistry* (2023) 34, 355–359.) Az absztrakt szerint: *A szerkezeti kémia adja a szerves és a szervetlen kémia fejlődésének alapjait, aminek mélyreható következményei lehetnek az orvostudományban, az anyagtudományokban és a technológiában. Az új eszközök és koncepciók együtt alakítják a szerkezeti kémia fejlődését.*



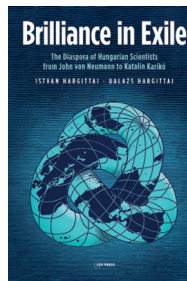
Az érdekesítő gondolatok Hargittai Istvántól származnak, és az ő kiváló angolságában íródtak. Jó kikapcsolódást érdeklődő olvasóinknak! (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-023-02143-x>).

Az írás egyik szereplője Donald J. Cram, aki a szupramolekuláris kémia terén elért eredményeiért kapott megosztott Nobel-díjat.

(Hargittai István felvétele, © I. Hargittai)

Egy új könyv megjelenéséről is szeretném tájékoztatni angolul tudó olvasóinkat. Most jelent meg:

Istvan Hargittai, Balazs Hargittai: *Brilliance in Exile: The Diaspora of Hungarian Scientists from John von Neumann to Katalin Karikó*, Central European University Press, Budapest, Vienna, New York, 2023.



Sajnos sok sikeres magyar kutató hagyta el vagy kellett elhagynia hazáját, akiket később nemzetközileg is elismert tudósként tart számon a közvélemény. Ennek okát a könyv nem tudja ugyan feltárni, de a példák sok információját ennek megértéséhez is hozzásegítheti olvasóját.



Magyar nyelven is ajánlanék olvasnivalót. Már korábban megjelent Berta Renáta, Adamcsik Orsolya, Galambos Ildikó, Kovács Nikolett, Maász Gábor, Zrínyi Zita, Tombácz Etelka könyve az Akadémiai Kiadó MeRSZ-felületén:

Mit is izunk? Mikroműanyag-problémák, jelenlegi helyzet című könyve (Akadémiai Kiadó, 2022, DOI: 10.1556/9789634548508;

<https://mersz.hu/mit-is-izunk/>). Hasznos olvasmány.

KT

A TargetEx Kft. a jövő PCR-reagensait fejleszti



A TargetEx Kft. bejelentette, hogy a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által meghirdetett GYORSÍTÓ-SÁV (kódszám: 2021-1.1.4-GYORSÍTÓ-SÁV) pályázati program keretében elnyert támogatással új kutatás-fejlesztési projektet indít

„A jövő PCR-reagensai: új innovatív termékek fejlesztése” címmel. A projekt összköltsége várhatóan 150 millió forint lesz, melyhez 110 millió forint vissza nem térítendő támogatást kap a vállalkozás.

„A projekt keretében új, innovatív diagnosztikai termékek fejlesztését tűztük ki célul. Az egyik termékcsoport a PCR és RT-PCR reakciók elvégzésének idejének csökkentését tűzi ki azáltal, hogy a Taq polimeráz enzim sebességét növeli, illetve a reverz transzkriptáz enzim stabilitását fokozza. A másik termékcsoport az új generációs szekvenálás (NGS) esetében lesz alkalmazható különös tekintettel a hosszú DNS-szakaszok amplifikálására” – mondta Dr. Lőrincz Zsolt, a magyar biotechnológiai kisvállalat ügyvezetője és tudományos igazgatója.

„Mindkét esetben megtervezzük és kivitelezük a szükséges fehérjemódosításokat, majd előállítjuk a kis mennyiségű fehérje-prototípusokat, amelyeket össze lehet hasonlítani a meglévő diagnosztikai módszerekkel. Reményeink szerint az alkalmazott megközelítésekkel a versenytársaknál jobb termékeket tudunk fejleszteni” – magyarázta Dr. Krajcsi Péter, a TargetEx üzletfejlesztési vezetője.

„A fejlesztés során a társaság felhasználja a polimerázok és más diagnosztikai enzimek fejlesztésében és gyártásában szerzett már több mint 10 éves tapasztalatát. Felkészülünk a várható igényeknek megfelelő léptékű gyártásra, és természetesen a fejlesztendő termékeket bevezetjük a 2018 óta működő ISO 9001-es minőségbiztosítási rendszerünkbe is, így ezeket a termékeket fel tudják használni a CE minősítéssel rendelkező in vitro diagnosztikai kitek előállításához” – egészítette ki Dr. Lőrincz Zsolt.

„A pályázati támogatás nélkül projektünk nem valósulhatna meg. A projektben felmerülő költségek kb. 73,5%-át a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap forrásából finanszírozza a Magyar Kormány. Büszkék vagyunk, hogy projektünk támogatást nyert el (szerződés szám: 2021-1.1.4-GYORSÍTÓ-SÁV-2022-00052” – tájékoztatott Dr. Krajcsi Péter.



A TargetEx Kft. (www.targetex.com, info@targetex.com) 2002-ben alakult, 100%-os magyar tulajdonban levő, független, biotechnológiai kisvállalkozás. Szolgáltatásait és termékeit a gyógyszerkutatás és -fejlesztés korai, preklinikai fázisában szükséges biológiai tevékenységek piaci szegmensén kínálja mind Európában, mind pedig az Egyesült Államokban. A TargetEx Kft. szolgáltatások nyújtása mellett nemzetközi és magyar tudományos kutatás-fejlesztési együttműködésekben is részt vesz. A társaság versenyelőnyét a képzett kutatógárda és az általuk végzett munka elismert szakmai színvonala jelenti.



Vegyipari mozaik

Óriási szállítójárművek hozták a MOL Petrolkémiahoz az új propilénüzem egyik berendezését. A MOL Petrolkémia új propilénüzemének építése jelentős lépéshez érkezett, ugyanis megérkeztek az első berendezés elemei, melyet 3 darabban szállítottak speciális szállítójárművekkel.

A három, egyenként csaknem 40 méter hosszú, mintegy 5 méter magas és 4 méter széles szerelvények súlya is rendkívüli: 201 tonna, 123 tonna és 96 tonna. Az elemeket a földön fektetve hegesztik össze, és néhány hét múlva egyben állítják majd fel a több mint 80 méteres tornyot. Április folyamán további két szállítmány érkezik még az MPK-hoz.



„A MOL-csoport kiemelt stratégiai célja, hogy a következő években a térség vezető vegyipari vállalatává váljon. Számos olyan beruházást hajtunk végre, amely Tiszaújvárost Kelet-Közép-Európa egyik első számú petrolkémiai központjává emeli. Ilyen az egy éve épülő propilénüzem is, amely nemcsak magas hozzáadott értékű munkahelyeket teremt, de növeli a vállalat önellátását is” – mondta Császár Péter, a MOL Petrolkémia vezérigazgatója.

A MOL Petrolkémia 65 milliárd forintos, zöldmezős beruházással épülő, új propilénüzemének alapkövét tavaly márciusban rakták le Tiszaújvárosban. Az üzem a MOL vegyipari alapanyag-igényét jelentősen mértékben fedezi, ugyanis évente 100 000 tonna propilént állít majd elő. A propilénüzem megépítése több ezer embernek ad munkát, és hosszú távon is versenyképes munkahelyeket teremt. (www.mol.hu)



Történelmi mérföldkőhöz ért a MOL-csoport: saját azeri kőolajmezőről érkezik szállítmány a Pozsonyi Finomítóba.

Úton van az azerbajdzsáni Azeri-Csirág-Gunesli olajmezőn kitermelt kőolajszállítmány a pozsonyi Sloznaft finomítóba, mely a MOL-csoport tulajdonában is van. Ez fontos eredmény, ugyanis a vállalatcsoport kiemelt célja, hogy növelje a kőolaj beszerzésének rugalmasságát. Az Azeri-Csirág-Gunesli olajmezőn – amelynek 9,57%-a a MOL-csoport tulajdonában van – kitermelt Azeri Light feldolgozása áprilisban veszi kezdetét. A Sloznaft finomítójában korábban többféle a Közel-Keletről és a Kaszpi-tenger térségéből származó olajfajtát is sikeresen teszteltek, de a saját mezőről

származó kőolaj finomítása egy újabb fontos mérföldkő a MOL-csoport életében, amely növeli a kőolaj beszerzési rugalmasságát az orosz eredetű kőolajtermékek exportjának tilalmára vonatkozó EU-s szankciók idején.

„Az Azeri Light kőolajszállítmány érkezése rendkívül fontos esemény számunkra, amely képes megmutatni, hogy milyen rugalmasságot értünk el a kőolaj beszerzésében. Emellett lehetőséget teremt arra is, hogy lefedjük a teljes értékláncunkat, a kitermeléstől az értékesítésig, ami mindig komoly teljesítmény. A MOL-csoport tudatosan szerepet vállal a régió ellátásbiztonságában, ezért különösen nagy örömünkre szolgál, hogy a saját kőolajunkkal is hozzájárulhatunk Kelet-Közép-Európa ellátásához” – mutatott rá Szabó Gábor, a MOL-csoport Downstream üzletágának ügyvezető igazgatója.

„Ez a szállítmány történelmi mérföldkőnek számít, mivel ismét visszaigazolja azt a döntésünket, hogy az azerbajdzsáni ACG olajmező résztulajdonosává váltunk. Az a képességünk, hogy finomítóinkat Európán kívüli kőolajforrásokkal is képesek vagyunk ellátni, további rugalmasságot biztosít számunkra ebben a gyors változásokkal járó időszakban. Rugalmasan dönthetünk tehát arról, hogy eladjuk-e az ACG-nél kitermelt kőolajból való részese-désünket, vagy a számunkra központi számító kelet-közép-európai régióba szállítjuk azt, hozzájárulva az energiaellátás biztonságához. Nagyszerű lehetőség ez arra is, hogy erősítsük a MOL-csoport kulcsfontosságú üzletágai, az Upstream és a Downstream közötti együttműködést” – mondta Marton Zsombor, a MOL-csoport Upstream üzletágáért felelős ügyvezető igazgatója.

A MOL-csoport a harmadik legnagyobb befektető az ACG projektben a BP és a SOCAR után. A MOL-csoport teljes termelésének 15%-át ez a mező adja és az összes tartalékának 25%-át teszi ki. A BTC vezeték fontos szerepet játszhat a MOL-csoport pozsonyi, valamint a magyarországi százhalmobattai finomítóinak ellátásában. (www.mol.hu)



MOL Limo: nyugodtabb vezetésre csábító díjrendszer a biztonságosabb autózásért. A MOL Limo új díjazást vezetett be, ugyanis köztudott, hogy az idő pénz.

A közösségi autómegosztó új díjszabási rendszerében a bérlés díját ezentúl a megtett út határozza meg az eltelt idő helyett, valamint a percdíjak kedvezőbbé váltak. A változásokat azért vezették be, hogy ezekkel a biztonságos közlekedést és a felhasználók kényelmét szolgálják. A biztonság növelése érdekében ugyancsak bevezették, hogy a kötbér ittas vezetés esetén 350 000 forintra nő.

Az újítások során 70%-kal csökkennek a perc- és óraalapú díjak, valamint bevezetik a kilométer-alapú árazást is. Ezekkel a lépésekkel az utazás tényleges költsége döntően a megtett ki-



lométerek számától – és nem a közben eltelt időtől – függ. Abban az esetben, ha valaki hosszabb útra indul a Limóval és a bérlet ideje meghaladja az egy órát, az adott órák díjon túl a teljes utazás során az alacsonyabb kilométerdíjjal számláznak.

A díjstruktúra átalakítása során újabb változás, hogy a Liszt Ferenc repterről a fővárosba ezentúl reptéri zónadíj nélkül hoz a MOL Limo, mely fordítva is igaz, vagyis a reptéri zónadíj minden irányban olcsóbb lett.



A messzebbre limózók számára jó hír, hogy a napi díjak ingyenes kilométereket továbbra is magukban foglalnak. Abban az esetben, ha a felhasználás több napra kiterjed, az ingyenes kilométer-mennyiség is többszöröződik, vagyis kétnapos bérletnél például csak a 100. megtett kilométer után kell extra kilométerdíjat fizetni. A havidíjas előfizetőknek előnyös, hogy állandó, 20%-os kedvezményt élveznek az alkalmi felhasználás aktuális áraiból (bérleti díj, órák csomagok díja, maximális napidíj, mindkét típusú kilométerdíj). (www.mol.hu)



Európai Bizottság: az európaiak nagy többsége csökkenti az otthoni energiafogyasztást. „A 2023-es fogyasztói körülmények eredménytáblája” névvel felmérést végeztek hazánkban, melyhez az adatokat a 2022 októberében és novemberében végzett felmérésekből gyűjtötték össze. A felmérés során a résztvevők 37%-a úgy nyilatkozott, hogy a megtakarításaihoz kellett nyúlnia, illetve minden tizedik válaszadó jelzaloghitel-törlesztése emelkedett. A nyilatkozó fogyasztók nagy része úgy vélekedik, hogy többet kellene tennie a zöld átállásért, az éghajlatváltozás elleni küzdelemért, mégis 43%-uk vásárlási döntéseit nem befolyásolják a környezetvédelmi szempontok. A felmérésből az is kiderült, hogy ezek ellenére a résztvevők 81%-a fontosnak tartja a gépkocsivásárlásnál a környezetvédelmi tényezőket.



A felmérésből továbbá kiderül az is, hogy a fogyasztók nagy része kételkedik az adott termékekkel kapcsolatos környezetvédelmi állítások hitelességében. Az európai fogyasztók 94%-a fejezte ki aggodalmát a személyre szabott online hirdetésekkel kapcsolatban. (www.tisztajovo.hu)



Naperőmű épült Szeged határában. Szeged határában az MVM Zöld Generáció Kft. naperőművet épített uniós támogatással.

„A beruházás költségeiből 3,575 milliárd forintot fedezett uniós és hazai támogatás. A fotovoltaikus erőmű Szeged északi részén, a Fehér-tó és a Halastavak között épült meg az Energy Hungary Zrt. kivitelezésében. A villamosenergia-termelő névleges teljesítőképessége 19,98 MW. Az erőmű évente 28,5 gigawattóra (GWh) villamosenergiát termel, ezzel 27,3 ezer tonna szén-dioxid-kibocsátása kerülhető el. A 25 éves tervezett élettartamú erőmű a Mavir Zrt. sándorfalvai alállomásán keresztül csatlakozik a közcélú hálózathoz” – közölte Bilinszky Péter, a cég üzleti projektigazgatója a beruházást bemutató rendezvényen.



„A beruházás a tervezett májusi határidőnél korábban elkészült, az erőművet már március 8-án üzembe helyezték, és azóta a sikeres próbaüzem is lezajlott” – mondta Bilinszky Péter. Az igazgató elmondta: „Az MVM csoport megújuló energiatermeléssel foglalkozó tagvállalata, az MVM Zöld Generáció Kft. jogelődjét Hungarowind Kft.-ként alapították 2002-ben. A cég 2015–2016-tól alakít ki fotovoltaikus erőműveket saját beruházásban, illetve piaci akvizíciókat is végrehajtott. A cég által üzemeltetett erőművek beépített teljesítménye meghaladja 320 MW-ot, ebből 260 MW-ot biztosít fotovoltaikus forrás, melyet szél- és vízenergia egészítenek ki. Az MVM Zöld Generáció Kft. részesedése a hazai naperőmű-piacon tavaly 7,7 százalék volt, a megtermelt villamos energia mennyisége meghaladta 430 GWh-t, ez a tervek szerint jövőre másfélszeresére bővül.”

„A társaság kapacitását 2025-re 800 MW-ra növelné, portfólióját pedig a jelenlegi mellett geotermikus, biogáz, biomassza – és amennyiben azt a jogszabályok lehetővé teszik – szélenergia-erőművekkel bővítené” – tette hozzá az igazgató. A társaság értékesítésből származó nettó árbevétele a nyilvánosan hozzáférhető cégszámok alapján 2020-ban 3,918 milliárd, 2021-ben 2,102 milliárd forint volt. Az MVM Zöld Generáció Kft. 2020-ban 485 millió forint adózott eredményt ért el, tavalyi vesztesége 418 millió forint volt. (<https://www.tisztajovo.hu/megujulo-energiaforrasok/2023/03/22/naperomu-epult-szeged-hataraban>)



Pécsi kutató felfedezése forradalmasíthatja a szívkárosodások gyógyítását. Forradalmi áttörést jelenthet a különböző szív- és érrendszeri betegségek kezelésében az a fehérje, amelynek különleges képességeit Bock-Marquette Ildikó fedezte fel kutatócsoportjával. A kutató munkásságát a közelmúltban rangos nemzetközi tudományos díjjal honorálták.



„A fehérje [timozin-béta-4], amivel foglalkozunk, és amihez hasonlókat keresünk, olyan érdekes kis-molekula, amely képes a szövetek regenerálására egy károsodás után, miután »visszaemlékezteti« a felnőtt szövet, szövetet annak embriónális állapotára. Mindennek ráadásul nagy előnye, hogy a kísérleteink alapján intravénás módon is kifejti a hatását, azaz reményeink szerint rendkívül egyszerűen használható gyógyszer készülhet belőle” – magyarázza a kutató.

A csecsemőmirigy által kiválasztott timozin-béta-4 1966 óta ismert, ám szívregenerációra gyakorolt hatásaira csak az elmúlt évek során derült fény Bock-Marquette Ildikó és kutatótársai munkájának köszönhetően (PTE ÁOK Biokémiai és Orvosi Kémiai Intézet és Szétszálható János Kutatóközpont).

A kutatót fehérjék rendkívül széles körben használhatók lehetnek a különböző terápiás eljárásokban. Egyik lehetséges felhasználási módjuk a háromdimenziós szöveti struktúrák létrehozására alkalmas „bionyomatás”, ahol stimulánsként szolgálnak a nyomtatott sejtek számára.

A pécsi kutatócsoport helyi klinikusokkal együtt a timozin-béta-4 más szervekre gyakorolt regenerációs képességeit is vizsgálja, amelynek többek között a veleszületett, illetve szerzett betegségek, így például a poszt-Covid szindrómák kezelésében is óriási jelentősége lehet.

„Jelen pillanatban azt a kötőfehérjét keressük, amivel a molekula csatlakozik a sejtekhez, illetve azt vizsgáljuk, hogy a fehérje hogyan alakítja át az összeget differenciált szívsejteké.

Ez az óriási jelentőségű kutatás arra utal, hogy a testünk különböző szövetait alkotó, differenciált sejteket vissza lehet alakítani pluripotens őssejteké, amelyek aztán bármiféle szövettípusra átalakíthatók. Innen várjuk a kutatáshoz szükséges sejteket” – vázolja fel az újabb izgalmas projekteket a pécsi kutató.

Bock-Marquette Ildikó 2022 októberében kutatásáért elnyerte az Abraham White Tudományos Életműdíjat, amelynek presztízsét jól mutatja, hogy a 29 eddigi díjazott között 9 Nobel-díjas is található. (<https://www.pharmindex-online.hu/kardiologia/hirek-cikkek/pecsi-kutato-felfedezese-forradalmasithatja-a-szivkarosodasok-gyogyitasat>)

sanofi

Civil szervezetként önkénteseket keresel? Segít a Sanofi! „We Volunteer”: egy hely, ahol az önkéntesek és a civil szervezetek egymásra találhatnak.

Fizetett szabadnapot biztosít a Sanofi a munkavállalói számára önkéntes tevékenység végzésére, ezzel is elősegítve azt, hogy a munkatársak részt vállaljanak számukra fontos társadalmi ügyekben. A nemzetközi biotechnológiai vállalat több mint 1700 magyarországi munkatársa a „We Volunteer” program keretében csatlakozhat a társadalmi szervezetek által meghirdetett kezdeményezésekhez. A Sanofi keresi hazai civil partnereit, hogy minél

szélesebb körben terjeszthesse az önkéntesség szellemiségét és kínáljon hatékony társadalmi segítséget a munkavállalói részvételeken keresztül. (www.sanofi.hu)



Tizenháromszoros MagyarBrands díjas a Béres. Egymás után már a 13. évben ismerték el MagyarBrands díjjal a hazai vitamin-, ásványianyag- és nyomelem-készítmények piacának vezető szereplőjét, a BÉREST. Ezúttal a kiváló fogyasztói és innovatív márka kategóriában ítélték oda az elismerést, melyet Béres Marcell, a Béres Gyógyszergyár innovációs és portfóliómenedzsment-igazgatója vett át. A díjjal kizárólag olyan magyar márkákat értékelnek, amelyek Magyarországon születtek vagy a létrejöttükben, alapításukban magyarok vettek részt.

Béres Marcell a díj átvételekor így fogalmazott: „Mi a sikerességünket elsősorban egyedi történetünkben, családjunk hosszú távú szemléletében, területükön élenjáró kollégáinkban, az összetartó Béres-csapatban, a mindezekből fakadó ismertségünkben, hitelességünkben, a kifogástalan minőségű egészségvédő termékeket garantáló tudományosságban és a folyamatos innovációban látjuk.” (beres.hu)



Dobó Dorina összeállítása

TETT: T Eremtsünk Természettudományos Tehetségeket!

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA Különszám 2023. április

MEGJELENIK A RICHTER GEDEON NYRT. TÁMOGATÁSÁVAL

Legújabb különszámunkról tájékoztatást ad az MKE titkársága (telefon: 06 1 201 6883). Elérhető az MKE online archívumában is (mkl.mke.org.hu/archivum.html, Tematikus számok).



Állás pályázat

A Magyar Kémikusok Egyesülete állás pályázatot hirdet a szervezet Ügyvezető Igazgató Tisztségének betöltésére 2023. október 1-től, határozatlan időre. A kinevezett ügyvezető igazgató feladata:

- az Egyesület operatív működésének biztosítása és irányítása,
- a szervezet közhasznú tevékenységeivel kapcsolatos feladatok szervezése,
- a titkárság munkájának koordinálása,
- gazdasági folyamatok irányítása,
- rendezvényszervezési feladatok ellátása és koordinálása,
- az Egyesület rendezvényein való megjelenés és képviselői feladatok ellátása,
- a Gazdasági Bizottságban tagként való részvétel,
- az Egyesület Intézőbizottsági munkájában tanácskozási joggal való részvétel és az azzal kapcsolatos adminisztratív feladatok ellátása.

A pályázóval szemben elvárt követelmények:

- felsőfokú végzettség,
- tárgyalóképes angol nyelvtudás,
- informatikai és számítástechnikai jártasság,
- gyakorlat néhány fős munkacsoport irányításában.

A pályázat során előnyt jelent:

- közhasznú szervezet vezetésében szerzett tapasztalat,
- természettudományos végzettség,
- lobbitevékenység-tapasztalat,
- rendezvényszervezési tapasztalat,
- jó kommunikációs képesség.

Sikeres pályázat esetén a kinevezett Ügyvezető Igazgató közös egyetértéssel kialakított versenyképes jövedelemben részesül. A pályázat benyújtható elektronikusan a mail@mke.org.hu címre. A pályázat benyújtásának határideje: 2023. május 30.

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 675 240 forintot** utal át a NAV Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértenek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkánkkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint a 2022-ben tizenegyszer megrendezett Kémiatábor egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

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

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

Az MKE adószáma: 19815819-2-41

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

Terveink szerint 2023-ban az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az 55. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint 2023-ban tizenötödöszer szervezendő Kémiatábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

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

Rendezvénynapló (2023)

Május 19.	Tisztújító Küldöttközgyűlés	Budapest
Június 1–3.	Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (YRICCCE IV)	Debrecen
Június 30.	BME Szerves- és Gyógyszerkémiai Nap	Budapest
Július 10–12.	MKE 4. Nemzeti Vegyészkonferencia	Eger
Augusztus 28.	18. Magyar Magnézium Szimpózium	Hódmezővásárhely
Október	Őszi Radiokémiai Napok	
November	Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai és Analitikai Kémia Konferencia	Balatonszárszó
November 23.	Kozmetikai Konferencia	Budapest

Magyar Kémikusok Egyesülete Tisztújító Küldöttközgyűlés

Időpont: 2022. május 19. 10:00

Helyszín: Budapesti Fasori Evangélikus Gimnázium
Budapest, 1071 Városligeti fasor 17–21.

Megközelítés: Az M1 földalatti Bajza utcai megállójától a Bajza utcán besétálva a Benczúr utca irányába a 3. keresztutca a Városligeti fasor.

A regisztráció 9:00-tól kezdődik.

A közgyűlési dokumentumok honlapunkról letölthetőek.

A küldötteket, szakosztályok, szakcsoportok, területi szervezetek, munkahelyi csoportok vezetőit és minden egyesületi tagtársunkat szeretettel várjuk.

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVIII. No. 5. May

CONTENTS

<i>Science in Washington. Part II</i>	134
ISTVÁN HARGITAI AND MAGDOLNA HARGITAI	
<i>Breakthrough in laser thermonuclear fusion</i>	138
ISTVÁN FÖLDES and ZSOLT TÓTH	
Whom was it named after? Debye's theories and equations	141
GYÖRGY INZELT	
<i>Air pollution protection in museums</i>	146
TIBOR BRAUN	
<i>Murderous robes, curtains and tapestry in the 19th century</i>	149
CSABA KUTASI	
<i>Justus Liebig died 150 years ago</i>	154
ANDRÁS MÉNES	
<i>Chembits</i>	156
GÁBOR LENTE	
<i>Publication of the month</i>	158
<i>News of the Month</i>	159

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 spektroszkópiai 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.

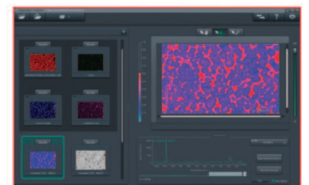
... kompromisszumok nélkül.

• 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.