

A TARTALOMBÓL:

- Hidrogénlelőhely Albániában
- Új gyártástechnológiák a CF Pharma Gyógyszer-gyártó Kft.-ben
- Beszélgetés Kutus Bence Junior Prima-díjas kutatóval
- Kémia tanítás LEGO-val



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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

Séták
a tudomány
körül
Lise Meitner/Bécs



A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült



CONFWARE

By AKCongress

ONLINE

RENDEZVÉNYSZERVEZŐ

PLATFORM



Moduláris, könnyen használható eszköz a sikeres rendezvényekért

Az MKE ajánlásával leadott megrendeléseknél most ingyenes betanítást és az első megrendelés során ingyenes terméktámogatást biztosítunk!

CONFWARE MODULOK

- Regisztrációs modul
- Résztevőikategória modul
- Absztraktbenyújtó modul
- Absztraktbírálati modul
- Programszerkesztő modul
- Fizetési modul
- Körlevélkészítő modul
- Társasági programok, kurzusok modul
- Szállásfoglalás modul
- Transzfermodul
- Ebéd modul
- Admin modul
- Magyarázatok modul
- Virtuális konferencia modul

CONFWARE.HU

confware@akademiai.hu





MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIX. évf., 4. szám, 2024. április



A Magyar Kémikusok Egyesületének tudományos ismeretterjesztő folyóirata és hivatalos lapja

SZERKESZTŐSÉG:

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

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztők:

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

Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

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

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: SZABÓ JÁNOS ZOLTÁN
Nyomdai előkészítés: HORVÁTH IMRE
Nyomás: Europrinting Kft.
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank
10700024-24764207-51100005 sz.
számlájára „MKL” megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 11 400 Ft
Egy szám ára: 950 Ft. Külföldön terjeszti
a Batthyany Kultur-Press Kft.,
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.
1251 Budapest, Postafiók 30.
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,
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.2024.04

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



Átnézve a lapszám tartalmát az Európai Unió jelmondata jutott az eszembe: „Egyesülve a sokféleségben.” A jelmondat egyrészt a béke és a jólét megteremtése érdekében létrehozott Európai Unióra, másrészt a kontinenst gazdagító kulturális, nyelvi és hagyománybeli sokszínűségére utal. A kémia tudomány és a kémikus közösség hasonlóan sokszínű. Ezt tükrözik a lapszámban szereplő közlemények is, amelyek bár sokfélék (a témák az energiahordozóktól, a célzott sejterápián át, a nukleáris módszerekig terjednek), mindegyikben közös a különböző folyamatok molekuláris szintű megértésének szükségessége és ezáltal a kémia tudományának megkerülhetetlen szerepe. Csak felvillantásképpen, az alábbi témákról olvashatnak:

Lente Gábor egy Albániában talált váratlan hidrogénelőlhely példáján ír a hidrogén természetes előfordulásáról. Ez a közelmúltban felfedezett jelenség nemcsak tudományos szempontból érdekes, hanem a felfutóban levő hidrogéngazdaság egyik leginkább befektetés-vonzó területe lett. Olvasható egy beszélgetés Kutus Bence Junior Prima-díjas kutatóval, az SZTE Kémiai Intézetének tudományos munkatársával. Az interjúban említésre kerül az egyetemi kutatások és kutatók szerepe az ipari tevékenység segítése területén. Olvashatunk arról is, hogy a CF Pharma Gyógyszergyártó Kft.-ben új gyártástechnológiákat dolgoztak ki extrém nagy tisztaságú gyógyszerhatóanyagok előállítására. Kutasi Csaba a nukleáris módszerek egy kevésbé ismert alkalmazásáról ír, nevezetesen arról, hogy a textiliparban milyen műszerek kidolgozását és a szálak anyagok milyen módosítását tették lehetővé a különböző izotópok.

A tudománytörténet is hangsúlyos szerepet kap a lapszámban. Hargittai István és Hargittai Magdolna segítségével a Bécsi Egyetem főépületébe képzelhetjük magunkat, ahol megelevenedik a kémia történet számos nagy alakja. Inzelt György tollából Faraday törvényeiről és életéről tudunk meg izgalmas mozzanatokat.

Végül Szólláthné Sebestyén Zita a LEGO® alkalmazási lehetőségeit mutatja be a kémia oktatásában. Ez utóbbi témáról nem lehet eleget beszélni a mindannyiunk számára ismert kihívásokra tekintettel. Az Egyesület a háttérben dolgozik, és a közeljövőben a korábbiaknál is nagyobb figyelmet fordít a kémiaoktatás megerősítésére. Célunk, hogy egyfajta katalizátor-szerepet betöltve segítsük az érdemi szakmai párbeszéd kialakulását az érdekhordozók körében annak érdekében, hogy a megfelelő intézkedések megtételével biztosítani lehessen a képzett szakembergárdát a napjainkban is zajló és egyre gyorsuló digitális és zöld átmenethez. Az első lépések hamarosan láthatók lesznek, és ezúton is kérünk mindenkit, hogy támogassa ezeket az erőfeszítéseinket.

Jó olvasást kívánok!

2024. április

Janáky Csaba

Janáky Csaba

TARTALOM

HONNAN LESZ ENERGIÁNK?

Lente Gábor: Váratlan hidrogénelőlhely Albániában

102

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Kellő kitartás esetén mindig van előrelépés. Beszélgetés **Kutus Bence** Junior Prima-díjas kutatóval

103

Bor Ádám, Gyergyói Katalin, Máté Attila Gergely, Varga Nátán, Viski Zsolt, Ballók Renáta, Tarsoly Attila, Hancsárik Martin, Farkas Anna, Rigó Rebeka, Sipos Ferenc, Forstreuter Sándor, Garaczi Sándor, Szabó András, Kovács Imre, Schneider Géza: Új gyártástechnológiák három extrém nagy tisztaságú gyógyszerhatóanyag előállítására (CF Pharma Gyógyszergyártó Kft.)

105

Kutasi Csaba: Nukleáris módszerek alkalmazása a textilgyártásban

108

SÉTÁK A TUDOMÁNY KÖRÜL

Hargittai István, Hargittai Magdolna: Tudomány körüli séta a Bécsi Egyetem főépületében

112

KITEKINTÉS

Inzelt György: Kiroli neveztek el? Faraday törvényei. Második rész

117

KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM

Szólláthné Sebestyén Zita: A LEGO® alkalmazása a kémiaoktatásban

121

A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA

125

VEGYÉSZLELETEK

126

Lente Gábor rovata

EGYESÜLETI ÉLET

128

A HÓNAP HÍREI

129



Címlapunkon:

Lise Meitner emlékműve a Bécsi Egyetem árkádsorán (Hargittai Magdolna felvétele)

A cikk megjelenését a Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal RRF-2.3.1-21-2022-00009 azonosító számú projektjének keretében. 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.

HONNAN LESZ ENERGIÁNK?

Váratlan hidrogénlelőhely Albániában

A Magyar Kémikusok Lapja szeptemberben (2023, 78. kötet, 254–255. oldal) beszámolt arról, hogy egyre több helyen találunk a világban nagy hidrogéntartalmú földgázt. A jelenség a *Science* magazin év végi összesítésében bekerült a 2023-as év 10 legfontosabb tudományos újdonsága közé (*Science* 2023, 382. kötet, 1229. oldal).

2024 februárjában ugyancsak a *Science* magazinban jelent meg egy tudományos cikk, amely nagy természetes hidrogénkészletekről számol be egy bányában az albániai Bulqizé közelében (*Science* 2024, 383. kötet, 618–621. oldal).

Bulqizé Albánia északkeleti részén, az észak-macedón határ közelében található, közel 10 000 lakosú város. Igen jelentős, a világ legnagyobbjai közé tartozó krómbánya 1942-ben nyitott meg, azóta mintegy 13 millió tonna fémércet hoztak itt a felszínre, s az ismert, még kitermelhető készletek is millió tonnákra rúgnak. A bánya 2001 óta a kanadai Empire Mining Corporation tulajdona. A vágatokban először 1992-ben, 620 méter mélységben tapasztalták gyúlékony gázok keletkezését, ami 2011-ben, 2017-ben és 2023-ban is nagy károkat okozó robbanásokhoz vezetett. Egy helyen, az L19 jelű föld alatti víztározóban nagyon intenzív, folyamatos buborékképződés is tapasztalható. Itt mutatták ki először, hogy a felszínre törő gáz nem kevesebb, mint 84 térfogatszázaléka elemi hidrogén.



A közelmúltban elvégzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a bánya aknarendszerében igen kiterjedt területen tapasztalható hidrogéniszvárgás, amelynél a legkönnyebb elem jellemzően levegővel keveredik. Az így előtörő gázban általában valamennyi metán is található, de a H_2 koncentrációja sokkal nagyobb, tipikusan 6–8-szorosa a CH_4 -énak. A széles körű felmérés szerint minden emberi beavatkozás nélkül, pusztán a szivárgás révén évi legalább 200 tonna hidrogén kerül a légkörbe, ez az érték több mint ötvenszerese a törökországi Chimaera mellett tapasztalható, korábban csúcstartóként számon tartott hidrogénkút természetes hozamának (*Int. J. Hydr. Ener.* 2023, 48. kötet, 9172–9184. oldal). A ma kereskedelmi forgalomban is kapható, hidrogénüzemű Toyota Mirai személyautó 200 tonna hidrogénnel mintegy 25 millió kilométer távolságot tehet meg.

A tanulmány szerzői azt is részletesen elemezték, hogyan maradhatott a kereskedelmi szempontból is értékes bulqizéi hidrogénkészlet mindeddig ismeretlen a bányaiipar számára. Ennek a területnek a geológiai viszonyai mindeddig érdektelennek számítottak, mert ezek szinte bizonyosan kizárják számottevő szénhidrogénkészletek felhalmozódását. A krómbányászok számára elsősorban működésbiztonsági kérdés volt a jelenség, a szénbányákban előforduló sűjtőléghez hasonlóan soha nem gondoltak rá kiaknázzható erőforrásként. A hidrogénkeletkezéshez vezető kémiai reakciókat az új tanulmányban sem azonosították, de elég valószínű, hogy hasonló geológiai környezetben más helyeken is érdemes lesz hidrogént keresni.

Lente Gábor





Kellő kitartás esetén mindig van előrelépés

Beszélgetés Kutus Bence Junior Prima-díjas kutatóval, az SZTE Kémiai Intézetének tudományos munkatársával

A 2004. évi inota-kolontári vörösiszap-katasztrófa óta a vörösiszap hírhedtté vált a társadalom körében. Több helyen is felgyorsultak a hasznosítására irányuló vizsgálatok; Szegeden tulajdonságainak alaposabb megismerésén keresztül remélnék közelebb kerülni a probléma megoldásához. Ezen a területen dolgozik a 2023. évi egyik Junior Prima-díjas fiatal kémikus kutató, akivel pályájának eddigi tapasztalatairól beszélgetek.

Az öröm mellett milyen gondolatokkal fogadtad, hogy elnyerted a díjat?

A díjátadó előtt egy-két héttel egyik kollégám sajátos gratulációja mélyen elgondolkodtatott. Nem magához a díjhoz gratulált, hanem ahhoz, hogy eljutottam odáig, hogy egyáltalán szóba kerülhetett egy ilyen elismerés. Azt hiszem, igaza van, hiszen számos jelölés érkezhettek a bírálókhoz, és mindenki megérdemelte volna ezt a díjat. Sokkal fontosabb, hogy az elmúlt időszak infrastrukturális fejlesztései, kutatási támogatásai nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy számos fiatal kutató tud olyan színvonalas munkát végezni, amit ez a díj hivatott elismerni.

2023 sikeres évnek mondható számodra: Bolyai János kutatási ösztöndíj, Junior Prima díj, majd nyertes OTKA posztdoktori kutatási pályázat. Nem rossz. Volt már ilyen sikeres évéd?

Ha az elismeréseket tekintjük, akkor 2014-et tudnám említeni, amikor a kémia mesterszakon végeztem. De voltak „jó évek” publikációk szempontjából is. Viszont fontos (még ha nem is kellemes) tapasztalat volt, hogy a sikeresnek mondható időszakok között volt számos megtorpanás, mélypont, tehát az én pályám nem haladt egyenes úton, és gyanítom, hogy ez sok más pályatársra is igaz. Szerencsére kellő kitartás esetén mindig van előrelépés, fejlődés, ezt szeretném hangsúlyozni.

Mennyire volt egyenes az utad a kémiához? Milyen tárgy(ak) iránt éreztél még vonzalmat az általános és középiskolában?

Általános iskola hetedik osztályban kezdtünk el kémiát tanulni; bármilyen furcsán hangzik, én már előre „el döntöttem”, hogy érdekelni fog. Hamar rájöttem, hogy tényleg érdekel, elsősorban a számos kísérlet miatt, ami alapján jóval izgalmasabb volt ez a tárgy, mint például a fizika és a matematika. A lehetőségekhez képest viszonylag sok kísérlet bemutatására sor került, de én hamar önállósítottam magam, és a kémiatanáromnak köszönhetően önállóan kísérleteztem a kémiaszertárban. Ezt a gyakorlatot folytattam a középiskolában is, ahol már jóval nagyobb hangsúlyt kapott az elméleti rész elsajátítása, illetve

számolási feladatok megoldása. Ezúton is szeretném megköszönni Horváth Lászlónénak és Szőke Imrénének a támogatásukat.

A kérdés második részére válaszolva, mindig is nagyon érdekelt az irodalom, kivéve a kötelező verstanulást és az éppen aktuális tankönyvíró verselemzéseinek bemagolását; ez szerintem nagyon elavult tanítási gyakorlat. Nagyon szeretek olvasni mind a mai napig. Folyóiratokat, regényeket, novellákat, verseket, képregényeket, irodalomtörténetet, mindent. Középiskolában, később az egyetemi kollégiumban is szerveztünk olvasókört.

Bemutatnád a kutatócsoportot, amelyhez már fiatal egyetemi hallgató korodban csatlakoztál, hogy szabad időd egy részében a kutatómunka rejtelseiben mélyülj el és bővítsd ismereteidet?

Az Anyag- és Oldatszerkezeti Kutatócsoport (Material and Solution Structure Research Group, MASOST) 2009-ben alakult egy ipari együttműködés keretében; ugyanebben az évben kezdtem az egyetemet. (Annak egyébként, hogy Szegedre esett a választásom, nem szakmai, hanem esztétikai okai voltak: 2006-ban és 2007-ben itt rendezték az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny döntőjét; a verseny ideje alatt bejártuk a belvárost és nagyon megtetszett, különösen a Kárász utca.) A kémia BSc második félévében Sipos Pál volt a klasszikus analitika gyakorlatvezetőnk, és felajánlotta (harmadmagammal), hogy csatlakozunk a csoporthoz. Így 2010 óta vagyok a MASOST tagja, ebben

MASOST-csoportkép





volt egy bő hároméves megszakítás, amikor posztdoktor voltam Németországban.

A MASOST fő kutatási tevékenysége a tömény lúgos oldatokban képződő fémkomplexek oldategyensúlyi vizsgálata, illetve a réteges kettős hidroxidok (Layered Double Hydroxide, LDH) tulajdonságainak vizsgálata volt. Előbbi téma közvetlenül kapcsolódott a timföldgyártáshoz, de a másik esetben is egyre nagyobb hangsúlyt kapott a gyakorlati alkalmazás, ugyanis az LDH-k számos szerves reakciót katalizálnak. Az elmúlt néhány évben egy újabb ipari projekt vette kezdetét, ennek megfelelően a kutatási terület is módosult. A timföldgyártás és a tömény lúgos közeg megmaradt, a kutatások fókuszában ugyanakkor a vörösiszap kémiai áll, különös tekintettel a semlegesítés során lejátszódó reakciók egyensúlyaira, sebességére és mechanizmusára.

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a MASOST mindig is jó hangulatú, baráti légkörben, szigorú szabályok nélkül működött. Rengeteg segítséget kaptunk egymástól és a három senior tagtól, Sipos Páltól, Pálíró Istvántól és Peintler Gábortól. Látás- és gondolkodásmódjuk, valamint kutatói alkatuk meglehetősen különbözött, de mindegyiküktől sokat lehetett tanulni.

Az inota-kolontári vörösiszap-katasztrófa után ennek az alumíniumipari mellékterméknek a vizsgálata, majd hasznosítása egyre nagyobb figyelmet kapott. Ebbe a munkába kapcsolódott be a kutatócsoportotok. Mi a jelenlegi kutatás témája és melyek a főbb célkitűzései, megoldandó feladatai?

Jelenlegi becslések szerint évente 200 millió tonna vörösiszap keletkezik, amivel most nem tudnak mit kezdeni, elsősorban a nagy lúgtartalma miatt. Erre egyetlen kézenfekvő megoldás a semlegesítés, így a gyakorlati haszna megkérdőjelezhetetlen. Ami jelenleg hiányzik, az a kérdéses reakciók ismeretéből származó modell, mely alapján meg lehetne jósolni, hogy tetszőleges összetételű vörösiszap esetén mennyi savat kell adni a zagyhoz, hogy azt semlegesíteni tudjuk. Ezt egy nagyon egyszerű mennyiség, a savfogyasztó kapacitás jellemzi, ami egységnyi tömegű vörösiszagra vonatkoztatott, adott végső és időben nem változó pH-érték eléréséhez szükséges erős sav anyagmennyisége. Egy egyszerű sav-bázis reakció esetén ez egyszerű feladat, de a vörösiszap számos, egymás reaktivitását is befolyásoló komponenst tartalmaz, melyek sav-bázis tulajdonságait jelenleg nem ismerjük eléggé. Legfontosabbak a vörösiszapban jelen lévő, kis oldhatóságú szilárd anyagok, az ún. reaktív fázisok. Gyors semlegesítést követően ezek lassú oldódása miatt a pH ismét nőni kezd, tehát a vörösiszap egyfajta pufferként viselkedik.

Jelenlegi célkitűzésünk a szilárd fázisok semlegesítési reakcióinak vizsgálata külön-külön mind egyensúlyi, mind kinetikai szempontból. Ezáltal kiszámíthatjuk, hogy adott fázis mennyivel járul hozzá a vörösiszap teljes savfogyasztó kapacitásához.

Több mint három évet tartózkodtál külföldön posztdoktorként. Nem kérdéses, hogy ez az időszak jelentősen bővítette a látóköröd; szakmai és személyes fejlődésedhez nagyban hozzájárult. Hogyan tudod hasznosítani az ott szerzett tapasztalatokat itthoni munkádban?

Valamivel több mint 3 évig dolgoztam a Max Planck Polimerkutató Intézetben (Mainz, Németország). Hamar rájöttem, hogy az ottani adminisztráció is eléggé bonyolult, ugyanakkor az előre megszabott bürokratikus láncolatokon végighaladva az illető tényleg eljut A-ból B-be. Úgy tapasztaltam, hogy ebben itthon is sokat fejlődünk, de még lenne hova – erre a folyamatra ráhatásom természetesen nincs, de remélem, hogy a közeljövőben még

hatékonyabbá válik a rendszer. Szakmai szempontból gyakran láttam, hogy a projektvezetők próbálnak bizonyos időközönként a kutatási eredményekről, illetve a „hogyan továbbról” egyeztetni. Az én esetemben sokat tanultam a kéziratok javítási fázisában – elsősorban könnyen abba a csapdába lehet esni, hogy a munka már teljesen kész, a szöveg pedig befejezett. Elengedhetetlen a „több szem többet lát” megközelítés egy adott téma minden egyes fázisában. Ezt a szempontot saját esetemben próbálom átültetni a gyakorlatba – eddig kevesebb, mint több sikerrel, de az igyekezet megvan. Végül, de nem utolsósorban, mióta hazajöttem, kevesebbet késem.

Az egyetemen a kutatás mellett az oktatás is alapvető feladat. Mennyire érzed magad otthonosan a hallgatói laborokban, előadótérmeiben?

Eddig pozitív tapasztalatokat gyűjtöttem, reménykedem abban, hogy a hallgatók is. Otthonosan mozogok a laborban (ami elsősorban annak köszönhető, hogy minden eddigi témám kísérleti jellegű volt), de volt lehetőségem két kollégiumi kurzust is tartani. Az előadásokra történő készülés nagyban hozzájárul ahhoz, hogy az adott tématerületen a tudásom naprakész maradjon. Bár bízunk abban, hogy az egyetemen elsajátított tudás mindig megmarad, ez sajnos nem igaz, mert egyre inkább specializálódunk saját területünkön. Pedig a kémiai érdeklődés fenntartása más területek vonatkozásában is nagyon hasznos lehet, például a saját kutatásokban felmerülő általánosabb jellegű problémák megoldásában, átfogó jellegű összefüggések felismerésében.

Előfordult már veled is, hogy egy tématerületet akkor értettél meg teljes mélységében, amikor arra készültél fel, hogy az anyagot előadáson vagy gyakorlaton átadd a hallgatóknak?

Igen, teljes mértékben. Pálíró István mondta még nekünk az MSc-záróvizsgán, hogy most tudjuk a legtöbbet. Tulajdonképpen igaza volt, mert átfogó – de nem specifikus – tudással rendelkezünk a kémia összes fontos területén. Ezt követően éppen az ellenkező folyamat indult el: egyre jobban specializálódunk egy adott területen, miközben egyre kevésbé lettek „előhívhatók” az általános ismeretek. Az oktatás nagyban segít, hogy legalább a szűkebb kutatási területünket felölelő diszciplína (például szerves kémia) ismeretanyagát naprakészen tartsuk. Felkészülés közben számtalanszor előfordult, hogy gyorsan beugrott egy reakcióegyenlet vagy képlet, de volt olyan is, amit újra kellett tanulnom, és jobban megértettem, mint hallgatóként. Ezenkívül az oktatásban nem ugyanaz a logikai sorrend: az előadás során először elmagyarázzuk az elméleti hátteret, amit kísérleti adatokkal szemléltetünk, a laborgyakorlat során viszont a kísérleti megfigyelést próbáljuk értelmezni valamilyen elmélet alapján. Ez a ketősség szerintem szintén segíti a megértést.

Mivel töltöd a szabadidődet?

Az olvasást már említettem. Nagyon szeretem a gyalogtúrákat, amikor van rá lehetőségem, megyek. Hetente egyszer elmegyek fallabdázni és futni. Nagy filmrajongó vagyok; talán több időt töltök filmnézéssel, mint kellene. Ezt az időtöltést arra is használtam, hogy életben tartsam az angol és német nyelvtudásomat.

2021 legmeghatározóbb eseménye az volt, hogy megszületett a keresztlányom. Egyelőre a szerelés jobban érdekli, mint a kémia, de nem adtam még fel a reményt.

A munkában és a magánéletben is további sikereket kívánok! Köszönöm a beszélgetést.

Kiss Tamás



Bor Ádám – Gyergyói Katalin – Máté Attila Gergely – Varga Nátán – Viski Zsolt
 – Ballók Renáta – Tarsoly Attila – Hancsárik Martin – Farkas Anna
 – Rigó Rebeka – Sipos Ferenc – Forstreuter Sándor – Garaczi Sándor
 – Szabó András – Kovács Imre – Schneider Géza

■ CF Pharma Gyógyszergyártó Kft.

Új gyártástechnológiák három extrém nagy tisztaságú gyógyszerhatóanyag előállítására

Piacvezérelt kutatás-fejlesztési és innovációs projektek a CF Pharma Gyógyszergyártó Kft.-ben

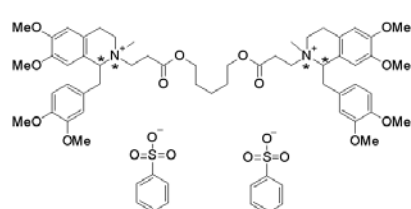
A CF Pharma Gyógyszergyártó Kft. magyar többségi tulajdonú, generikus gyógyszerhatóanyagok fejlesztésére és gyártására specializálódott vállalat, mely 1996-ban alakult Budapesten, majd hétévi beruházást és fejlesztést követően 2003-ban szerezte meg a gyógyszergyártási engedélyt. A folyamatos fejlesztőmunkának köszönhetően az azóta eltelt idő alatt jól értékesíthető termékportfóliót alakított ki. A vállalat eddig közel 30 hatóanyagra dolgozott ki gyártástechnológiát és számos szabadalmi bejelentéssel rendelkezik.

A CF Pharma 2019-ben *Gyártástechnológiák kifejlesztése három gyógyszerhatóanyagra* című pályázata támogatást nyert a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFI) „Piac-

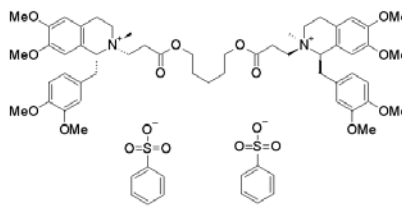
vezérelt kutatás-fejlesztési és innovációs projektek támogatására (2019-1.1.1-PIAC KFI)” keretből. A projekt 2019. augusztus és 2022. július között valósult meg. Az alábbi cikkben a munka eredményeiről számolunk be.

A CF Pharma kutatás-fejlesztési projektje célul tűzte ki független, szabadalmi jogokat nem sértő gyártástechnológiák kidolgozását a következő három gyógyszerhatóanyagra:

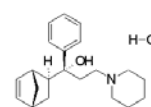
- atrakurium-bezilát,
- ciszatrakurium-bezilát, mindkettő sebészeti beavatkozások és gépi lélegeztetés során használt izomrelaxáns,
- biperidén-hidroklorid, a Parkinson-kór kezelésének egyik leghatásosabb gyógyszere.



Atrakurium-bezilát



Ciszatrakurium-bezilát



Biperidén-hidroklorid
(racém elegy)

Olyan eljárások kidolgozását tűztük ki célul, amelyek, a CF Pharma vevőinek igényéhez igazodva, az Európai Gyógyszerkönyv által előírt [1–3] jóval magasabb minőségű terméket eredményeznek. A szakirodalomban eddig ismert eljárások nem feleltek meg ennek a követelménynek, ezért a szintézisek módosításával, illetve az intermedierek tisztítására alkalmas új eljárások kidolgozásával terveztük a hatóanyagokat előállítani. Modern analitikai módszereket fejlesztettünk ki, melyek alkalmasak egészen kis mennyiségű (akár néhány ppm-nyi) szennyezések kimutatására is. A hatóanyagok gyártástechnológiájának kialakítása során lényeges szempontnak tekintettük, hogy az eljárás minél jobban megfeleljen a környezetvédelmi előírásoknak, minél kevesebb mellékterméket eredményezzen, illetve az elhasznált oldószerek regenerálásra kerüljenek.

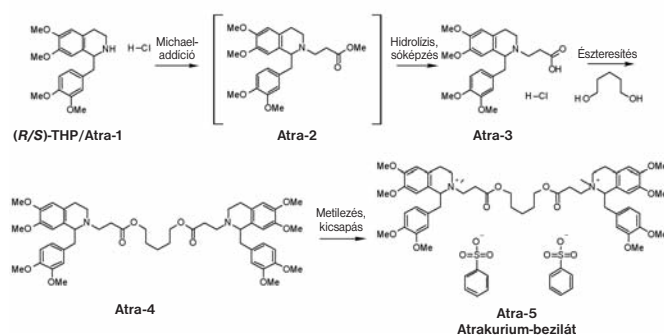
A projekt kivitelezését három fázisra osztottuk: a megvalósítás első szakaszában számba vettük a kiválasztott vegyületek előállítására alkalmasnak vélt szintézisutakat. Ezt követően az egyes szintézisvariánsok kritikus lépéseinek kísérletekkel alátámasztott kiértékelése következett. A laboratóriumi fejlesztés során minden egyes intermedier, reagens, oldószer és felhasznált anyag minősítésére olyan tisztasági követelményt állítottunk fel, melyek teljesülése esetén garantálható volt a végtermék kiemelkedően magas minősége. A kidolgozott eljárások méretnövelését két lépcsőben, egy kísérleti üzemi méret közbeiktatásával valósítottuk meg, s ennek tapasztalatait felhasználva, az eredeti eljárásokat „finomhangolva” hajtottuk végre az üzembe irányuló technológiatranszfert. A technológia véglegesítése után került sor a hatósági előírások szerinti három validált sarzs legyártására. Ezek minő-



sége a legmesszebbmenőkig megfelelt a korábban meghatározott elvárásoknak, így a végleges Gyártástechnológiai előírat elkészítését követően elindulhattak a rendszeres kereskedelmi gyártások.

Atrakurium-bezilát

Az atrakurium-bezilát [4, 5] szintézisének kiindulási anyaga a racém 1,2,3,4-tetrahidropapaverin (*R/S*-THP). Ebből Michael-addíció, észterhidrolízis és sóképzés után kaptuk az Atra-3 intermediert, melyet ezután 1,5-pentándiollal észteresítve (Atra-4), metilezést követően a kívánt végtermékhez jutottunk (**1. ábra**).



1. ábra. Atrakurium-bezilát szintézise

A szintézis kritikus lépésének az Atra-3 intermedierhez vezető észterhidrolízis bizonyult. Ha a hidrolízis során képződő metanol tökéletes eltávolítása nem történt meg, akkor a sóképzés során előfordult a képződő sav újraészteresedése, ami a végtermékben olyan kritikus szennyező megjelenését eredményezte, amely a technológia részét képező tisztítási módszerekkel nem volt eltávolítható. A probléma a metanoltartalomra vonatkozó kellően alacsony határérték megadásával és annak biztosításával orvosolhatónak bizonyult.

A következő lépésben alkalmazott 1,5-pentándiolt felhasználás előtt vákuumdesztillációval tisztítottuk. Az észteresítési reakciót a képződő víz azeotróp desztilláció útján történő eltávolításával tettük teljessé.

Ugyancsak szükségesnek bizonyult az utolsó, metilezési lépésben használt reagens felhasználás előtti, vákuum-desztillációval történő tisztítása. A metilezést követően az alkilező ágens nyomainak eltávolítását (10 ppm alatti szintre) többszöri toluolos extrakcióval, valamint a nyerstermék dietil-éterből történő kicsapásával tudtuk elérni.

A validációs sarzsok analitikai eredményét bemutató **1. táblázat**ban látható, hogy CF Pharma az Európai Gyógyszerkönyvben megadott limiteknél (**A** jelű oszlop) lényegesen alacsonyabb szinten maximálta a szennyezések határértékét (**B** jelű oszlop). A **C** jelű oszlopban az üzemi gyártás során kapott hatóanyagok szennyezéseinek tényleges értékeit tüntettük föl, amelyek a hivatalosan megadott szennyezés-maximumoknál lényegesen kisebbek. A megvalósított innováció extrém nagy tisztaságú hatóanyag előállítását tette lehetővé a CF Pharma számára: az Európai Gyógyszerkönyv által elvárt 96,5%-os értékkel szemben az üzemben előállított végtermék tisztasága 99,7%-osnak adódott!

Ciszatrakurium-bezilát

A ciszatrakurium-bezilát az atrakuriumot alkotó 10 eltérő tényszerkezetű optikai és geometriai izomer egyike. A szóban forgó

A: A hivatalos European Pharmacopoeia minőségi előírásai
B: A CF Pharma által kidolgozott új gyártástechnológiával előállított hatóanyag minőségére vállalt előírások
C: A CF Pharma által üzemben előállított hatóanyag tényleges minősége

Szennyező	A (%)	B (%)	C (%)
A	1,50	1,00	< 0,05
B	0,10	0,10	< 0,05
C	1,00	0,50	0,10
D	1,50	0,50	0,10
E	1,50	0,50	< 0,05
F	1,00	0,10	< 0,05
G	1,00	0,50	0,05
H	1,00	LOD	–
I	1,00	LOD	–
J	10 ppm	10 ppm	< 5ppm
K	1,00	LOD	–

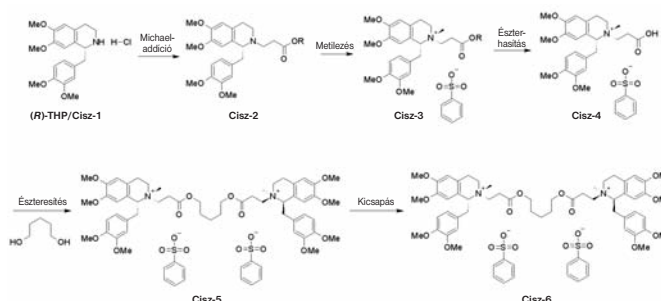
1. táblázat. Atrakurium-bezilát validációs sarzsainak analitikai eredményei

izomer az atrakuriumnak csupán 14–15%-át adja. A ciszatrakurium az atrakuriumnál háromszor aktívabb, modernebb hatóanyag, jóval kevesebb nemkívánatos mellékhatással, amit a piac is ennek megfelelően magasabb árral ismer el.

A nagy tisztaságú ciszatrakurium-bezilát azzal jellemezhető, hogy – a szokványos atrakuriumszennyezők extrém alacsony szintje mellett – csaknem mentes annak optikai és geometriai izomerjeitől. Az ezektől történő elválasztás, a szakirodalom szerint oszlopkromatográfia alkalmazását igényli [6, 7], amely költséges, lassú, nehezen nagyítható és nem elég intenzív.

A végtermék minősítésénél fontos jellemző az optikai tisztaság. Ennek mértékét végső soron az (*R*)-THP (Cisz-1) optika tisztasága szabja meg, melynek magas szintjét az (*R/S*)-THP rezolválására kidolgozott hatékony eljárásunk garantálta.

2. ábra. Ciszatrakurium-bezilát szintézise





A ciszatrakurium-bezilát szintézise (2. ábra) során a Cisz-1 és a metil-akrilát reakciója a Cisz-2 addíciós terméket adta, melynek *N*-metilezése a *cisz* és *transz* geometriai izomer kvaterner ammóniumsók 3:1 arányú keverékét eredményezte. Az izomeregy többszöri átkristályosításával a kívánt *cisz* térállású vegyület geometriai izomer tisztasága 99,9% fölé növelhetőnek bizonyult.

Kiemelendő, hogy a végtermék magas optikai és geometriai izomer tisztaságát garantáló kémiai átalakításokat már a szintézis korai fázisában végrehajtottuk, amikor még a megfelelő tisztítási és elválasztási műveletek sokkal hatékonyabban, egyszerűbben és kevesebb anyagi ráfordítással kivitelezhetők.

A szintézis második felében megtörtént a Cisz-3 észtercsoportjának hasítása, miután az így nyert Cisz-4 karbonsavat 1,5-pentándiollal észteresítési reakcióba vittük, ami a nyers ciszatrakuriumhoz, Cisz-5-höz vezetett. Az észteresítési reakciót extraktív feldolgozás követte, melynek során egy-egy eltérő összetételű folyadék-folyadék extrakciós rendszert alkalmaztunk a terméktől polárosabb, illetve apolárosabb szennyezők mennyiségének csökkentésére. Ezt követően a termék tisztaságának növelésére már nincs mód. A nyerstermék kicsapása során annak összetétele nem változik, a kapott Cisz-6 szárítása során fellépő bomlás miatt pedig a kémiai tisztaság valamelyest csökken.

A CF Pharma a hatóanyagban azonosított 22(!) szennyezésre vonatkozó limiteket az Európai Gyógyszerkönyv által megadott értékeknél lényegesen alacsonyabb szinten maximalta.

A Gyógyszerkönyv által elvárt kémiai tisztaság 97,5%, míg a CF Pharma által üzemben előállított végtermék kémiai tisztasága 99,6%, optikai tisztasága >99,95%, diasztereomer-tisztasága pedig >99,95% volt, ami messze felülmúlja az előírt tisztasági értékeket (2. táblázat).

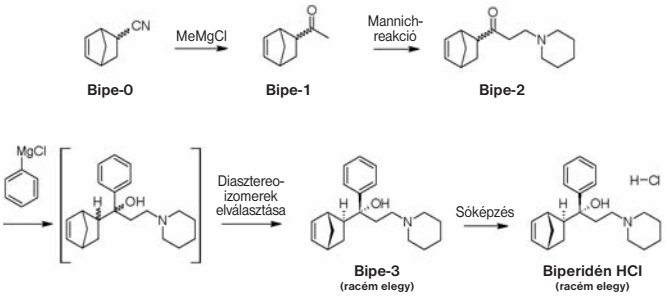
A: A hivatalos European Pharmacopoeia minőségi előírásai B: A CF által kidolgozott új gyártástechnológiával előállított hatóanyag minőségére vállalt előírások C: A CF által üzemben előállított hatóanyag tényleges minősége				
Szennyezések	Képlet	A	B	C
Kémiai tisztaság	Szennyezők összege:	max 2,5 %	max 1,5 %	0,43%
Optikai tisztaság	Enantiomer szennyező	max. 0,5 %	max. 0,5 %	<0,05%
Diasztereomer tisztaság	Összes diasztereomer szennyező	max. 0,8 %	max. 0,5 %	<0,05%

2. táblázat. Ciszatrakurium-bezilát validációs sarzsainak analitikai eredményei

Biperidén-hidroklorid

A biperidén-hidroklorid szintézisének kiindulási anyaga a 2-ciano-5-norbornén (Bipe-0), melyből MeMgCl-addícióval állítottuk elő 2-acetil-5-norbornént (Bipe-1), majd Mannich-reakciót követően a Bipe-2 intermediérből PhMgCl-addícióval kaptuk a Bipe-3 vegyületet. Ebből az izomerek elválasztása után sóképzéssel jutottunk a biperidén-hidrokloridhoz (3. ábra).

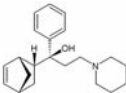
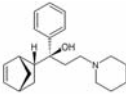
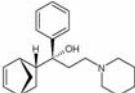
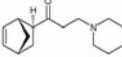
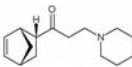
Az eljárás újdonsága az ismert eljárásokkal [8, 9] szemben az, hogy a Bipe-2 intermediert a Bipe-1-ből nem direkt módon, hanem egy izolált intermediér közbeiktatásával állítottuk elő, minek eredményeként a rendszerint 30%-os tisztaságú Bipe-2 helyett egy >99%-os tisztaságú intermediert kaptunk. Ennek fo-



3. ábra. Biperidén-hidroklorid szintézise

lyománya, hogy a következő kémiai transzformáció jóval gazdaságosabban, környezet- és munkavédelmi szempontból is sokkal előnyösebben kivitelezhető.

A technológiafejlesztés során újszerű megoldást találtunk a végtermék kívánt izomerjének kinyerésére és tisztítására. Ez üzemi léptékben is rendkívül hatékony módszernek bizonyult. A kidolgozott gyártástechnológia ez esetben is olyan minőségű hatóanyagot eredményezett, ami messze meghaladta az Európai Gyógyszerkönyv elvárásait (3. táblázat).

A: A hivatalos European Pharmacopoeia minőségi előírásai B: A CF által kidolgozott új gyártástechnológiával előállított hatóanyag minőségére vállalt előírások C: A CF által üzemben előállított hatóanyag tényleges minősége				
Szennyező (és enantiomerje)		A (%)	B (%)	C (%)
A		0,5	0,3	< 0,05
B		0,5	0,3	< 0,05
C		0,5	0,3	< 0,10
Σ A + B + C		1,0	0,6	< 0,20
D		0,10	0,10	< 0,10
E		0,10	0,10	< 0,05
F		2 ppm	2 ppm	<0,4 ppm

3. táblázat. Biperidén-hidroklorid validációs sarzsainak analitikai eredményei

Összefoglalás

Napjaink gyógyszeriparában a vevői igények mindinkább az extrém tisztaságú hatóanyagok irányába tolódnak el. Erre reagálva a CF Pharma a termékek minősége és volumene vonatkozásában is hatékonyabb gyártástechnológiát dolgozott ki három hatóanyagra, az atrakurium-bezilátra, a ciszatrakurium-bezilátra és a biperidén-hidrokloridra. A fejlesztés során kísérleti üzemi méretnövelést végeztünk, végül az új eljárások alkalmazhatóságát üzemi validációs sarzsok gyártásával igazoltuk. Mindhárom eset-



ben az előírt minőségi követelményeket messze meghaladó minőségű terméket kaptunk.



Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnénk kifejezni köszönetünket a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak, hogy a „Piacvezérelt kutatás-fejlesztési és innovációs projektek támogatására (2019-1.1.1-PIAC KFI)” kiírt pályázattal támogatta a technológiafejlesztést. Köszönetet mondunk a CF Pharma minden munkatársának, aki részt vett a pályázati munkában, tudásával és munkájával segítette az új eredmények létrejöttét.

IRODALOM

- [1] Atracurium Beslyate: European Pharmacopoeia 10.0 Vol. II., 2020, 1894.
- [2] Cisatracurium Beslyate: European Pharmacopoeia 10.0 Vol. II., 2020, 2226.
- [3] Biperiden Hydrochloride: European Pharmacopoeia 10.0 Vol II., 2020, 1980.
- [4] J. B. Stenlake, R. D. Waigh, G. H. Dewar, J. Urwin, N. C. Dhar, US Patent 4 179 507, 1979, (Burroughs Wellcome Co.).
- [5] S. A. Chamberlin, A. V. Bhatia, D. A. Davis, K. A. Drengler, US Patent 5 684 154, 1996, (Abbott Laboratories).
- [6] D. A. Hill, G. L. Turner, US Patent 5 453 510, 1992, (Burroughs Wellcome Co.).
- [7] E. Ostrovsky, O. Arad, WO 2008 117271, 2008, (Chemagis Ltd.).
- [8] W. Klavehn, DE 1 005 067, 1953, (Knoll GmbH).
- [9] W. Klavehn, US Patent 2 789 110, 1953, (Knoll A.G.).

Kutasi Csaba

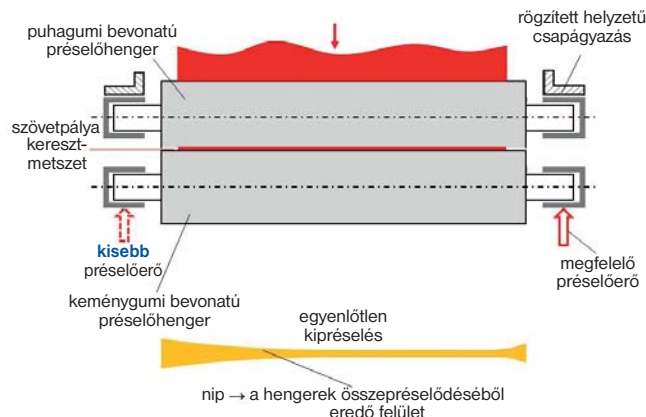
Nukleáris módszerek alkalmazása a textilgyártásban

A kézben tartott maghasadási láncreakcióval biztonságosan működő atomerőművek jelentős villamosenergia-termelőként fontosak számunkra. Az is közismert, hogy az egészségügyben számos területen használnak izotópokat, többek között a képalkotó diagnosztikában, pajzsmirigy-betegségek gyógyításában, daganatok célzott sejtpusztítása során. Az ipari alkalmazások is elterjedtek, a textiliparban számos műszer kidolgozását, a szálanyagok módosítását is különböző izotópok tették lehetővé.

Izotópos mérések a textilszakmában

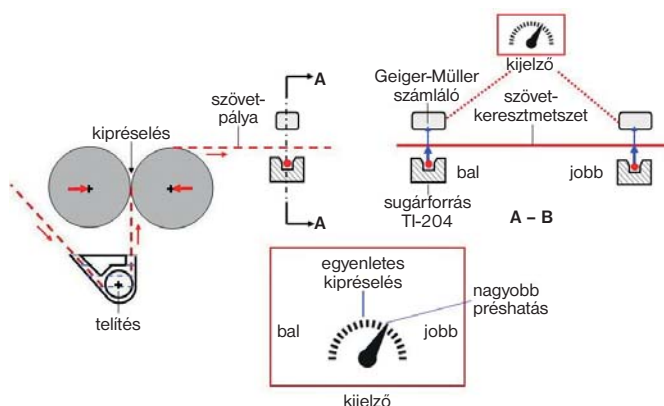
Izotópos présegyenlőtlenség-mérő

Az izotópos présegyenlőtlenség-mérőt korábban a különböző preparálások telítő-fulárjainál (pl. hotfluen naftol alapozás, anilinfekete pácolás) alkalmazták. A meghatározás célja az egyenletes folyadékfelvitel ellenőrzése volt, ami a kelmeszélességben az azonos kiperéselt biztosítja (1. ábra).



1. ábra. A préshatás kialakítása kéthengeres fuláron és egyenlőtlensége

A teknőben merült, majd kiperéselt szövetpálya két széle közepében – a szárítószekrénybe belépés előtt –, a haladó textilanyag alatt elhelyezett, a zárt sugárforrásból irányított sugárnyalábok áthatolása utáni – folyadékfelvitel miatti – veszteségét a Gei-



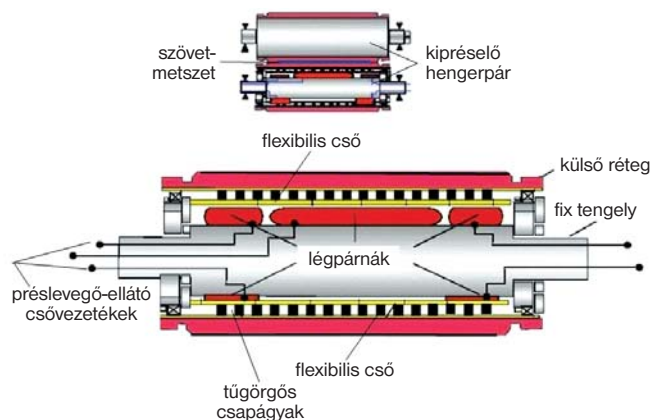
2. ábra. Az izotópos présegyenlőtlenség-mérő elvi felépítése

ger-Müller-számláló értékelte. A jelerősítést követően így közvetett módon jelezte a műszer az esetleges „féloldalasságot”. Ilyen esetben a préselőhengerek hidro-pneumatikus terhelő szerkezeiteinél manuálisan történt a korrekció (2. ábra).

A kelmeszélességben – különös tekintettel az egyre növekvő méteráru-szélességekre – az optimális présnyomás elérése érdekében a gépgyártók több megoldást fejlesztettek ki, ezek közös jellemzője, hogy a terhelőrt nem a tengelyvégeken át közvetítik, hanem az egyik préselőhengert belül üregesen képezik ki. A belső félrészben valamilyen nyomásadók közegét alkalmaznak vagy eleve több térben külön szabályozható légpárnás préselőhatást biztosítanak (pl. bicoflex rendszer). Így az izotópos présegyenlőtlenség-mérés okafogyottá vált (3. ábra).

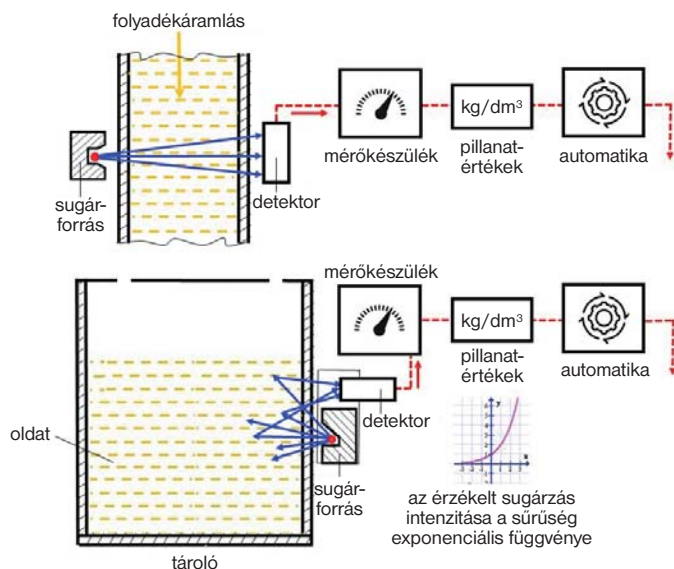
Folyadékok sűrűségmérése

A sűrűségmérő berendezés a *gamma*sugár-abszorpció elvén működik. Csővezeteki szállításkor a cső valamely átmérőjének két átellenes végpontján helyezik el a sugárforrást és a detektort. Amennyiben a csőfal vastagsága és a mérendő anyag összetétele állandó, illetve a cső teljesen ki van töltve anyaggal, akkor az észlelt sugárzás intenzitása a sűrűség exponenciális függvénye. A tárolóban nyugvó folyadék sűrűsége akkor mérhető a tartályfa-



3. ábra. A bicoflex préselőrendszer lényege (az alsó ábrában a speciális préselőhenger felépítése látható)

lakon keresztül, ha a *tartály anyagában nem* lép fel totális reflexió. Az említett mérési összeállítások előnyösen alkalmazhatók sűrűségmérésre és szabályozásra a textiliparban is. Többek között a *mercerező-lúg* (NaOH) koncentrációjának előírt értéken (22–26 m%, 28–32° Be) tartása érdekében alkalmazzák (4. ábra).

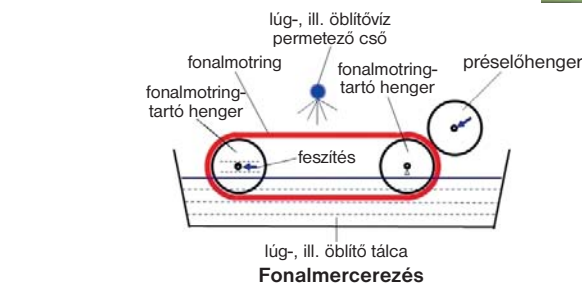


4. ábra. Áramló és nyugvó folyadékok sűrűségmérése

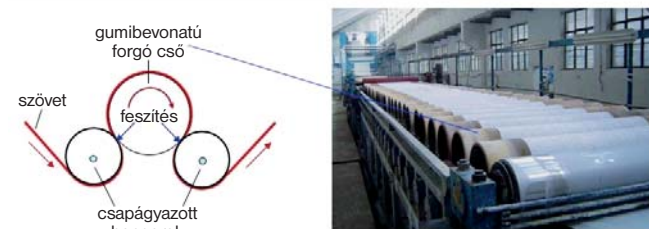
A *mercerezés fesztítés közbeni*, hideg lúghatással éri el a fonalakat és a szövetet felépítő pamutszál fizikai és kémiai tulajdonságainak kedvező változását. Fényesség és nagyobb szilárdság érhető el, illetve a cellulóz reakcióképessége növekszik (pl. a reaktív színezésnél nagyobb lesz a színezék-megkötődés) (5. ábra).

Folyadékszintmérés

Maximum egyméteres mérési tartomány esetén a mérendő anyagot tartalmazó tartály áttellenes oldalán lineáris sugárforrást [pl. kobalt-60 (⁶⁰Co) huzal] és ugyanolyan hosszúságban érzékeny sugárzásdetektort helyeznek el. Megfelelő méretezés és készülékbeállítás mellett a *sugárzás intenzitása* a szintmagassággal arányosan változik. A három méterig terjedő mérési tartomány esetén több sugárforrást és nagy érzékenységgű mérőfejet alkalmaznak. Pontszerű sugárforrás esetében a terhelés a távolság négyzetével csökken (6. ábra).

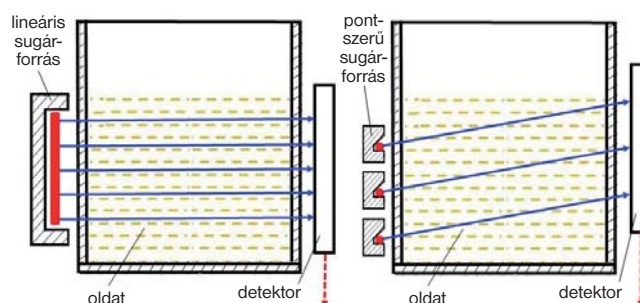


Fonalmercerezés



Szövetmercerezés

5. ábra. A fonal- és szövetmercerezés elve



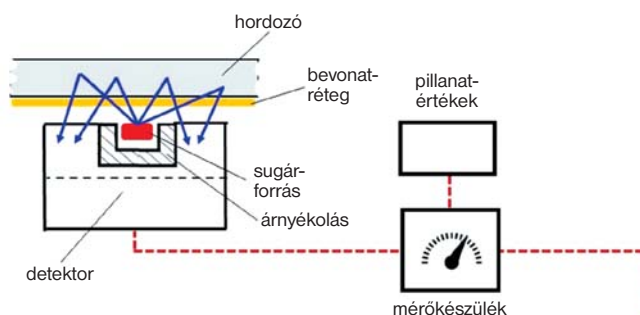
6. ábra. Folyamatos szintérzékelés

Anyagvastagság-, rétegvastagság-mérés

Az izotópos vastagságmérésnél azt a fizikai jelenséget használják ki, hogy a mérendő vastagságú anyag tömege nem elegendő a maximális reflexió létrehozásához. Így a detektor által észlelt sugárzás az anyagvastagságtól függően *exponenciálisan* változik a teljes rétegvastagság eléréséig. A szórt részecskék a visszaút során teljesen megkötődnek.

A különböző fajtájú rétegekből felépülő anyagok bevonatvastagsága mérhető, mert az árnyékoló védőtokban elhelyezett sugárforrás irányított sugárnyalábja a hordozóra esik, majd részleges abszorpció után erről szétszóródik. Ennek a szórt sugárzásnak az intenzitásából mérhető meg a bevonat vastagsága. Például a textilfelületre *kenéssel* felvitt réteg mértékének és egyenletességének ellenőrzésére alkalmazzák (7. ábra).

7. ábra. Példa az izotópos rétegvastagság mérésre



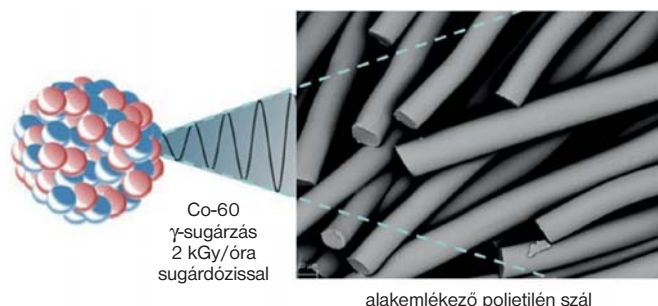


Textilanyagok és gyapotmagvak izotópos kezelése

A szálanyagok kémiai szerkezete, a textíliák felülete gamma-sugárzással módosítható. Hatására többek között kiváló mechanikai tulajdonságok, illetve hő- és oxidációállóság érhető el.

A *kompozitok* általános tulajdonságait a határfelületi tapadás alapvetően befolyásolja, például a szénszálás vázerősítők hatékonysága besugárzással fokozható, a társított anyag határfelületi szilárdsága jelentősen megnő.

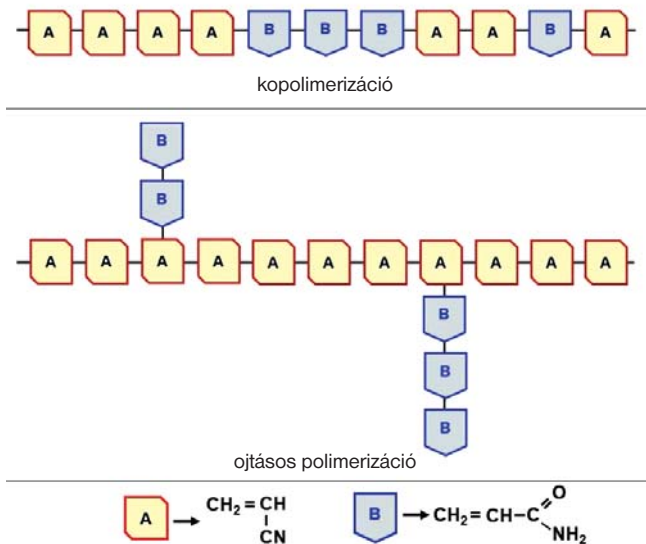
Az egyik alakmélkező szál előállítására jellegzetes módszer a *polietilén térhálósítása*, amit *gamma-sugárzással* is végeznek. Ennek során a gamma-fotonok felszakítják a láncmolekulák közötti hidrogénkötéseket, az így kialakult szabad gyökök pedig egymással kapcsolódnak. A kristályos részek megolvadásakor a felszabaduló belső feszültségek biztosítják a programozott alakról az eredeti alakra való visszaalakulást, ugyanakkor a térhálókötéspontok meggátolják a polimer ömledékké válását. A kutatási vizsgálatok szerint a mechanikai tulajdonságok a besugárzás hatására változóan alakulnak (előfordult a húzószilárdság növekedése és a szakadási nyúlás csökkenése, vagy akár mind a húzószilárdság, mind a szakadási nyúlás csökkenése). Az extrúziós bevonatoláshoz kifejlesztett polietilén esetében a 250 °C-on történő szálképzést követően a gamma-sugárzást kobalt-60 izotóppal végezték (8. ábra).



8. ábra. Formamemóriás polietilén-szál térhálósítása besugárzással

A *poliakrilnitril* esetében elterjedtek a különböző *száltulajdon-ság-módosító* beavatkozások. Ezek irányulhatnak többek között a vízfelvétel fokozására, a színezhetőség javítására, a rugalmasság, illetve a hőállóság növelésére. A kémiai módszerek közül jellemző a polimeranalóg reakciók alkalmazása (pl. a szálban karboxil-, amid-, illetve aminocsoportok kialakítása a nitrilcsoport részleges hidrolízisével) vagy a kopolimerizáció (pl. vinilpiridin, vinilklorid, akrilsavamid komonomerekkel), illetve esetenként az ojtásos módszer. Utóbbi esetben a kész polimerláncon külön műveletben oldalláncokat alakítanak ki. Az *ojtásos polimerizációhoz* olyan akrilnitril-tartalmú vegyületet használnak, amely kis mennyiségben reakcióképes csoportokat (pl. amino) tartalmaz. Ezek vanádium-sók jelenlétében biztosítják a polimerláncon gyökök kialakulását, ami az ojtásos polimerizációt lehetővé teszi. A folyamat szálképző polimeren, vagy akár kész szálon is végrehajtható.

Ojtásos koopolimerizáció a cellulózon is végrehajtható. Ennek egyik lehetősége a *sugárkémiai iniciálás*, amikor a monomerek cellulózlánra való ojtását ionizáló sugárzással (pl. gamma-sugárzás) végzik. Ennek előkészítéseként a cellulózt a megfelelő monomer oldószeres rendszerébe merítik, majd légtelenítik és lezárják. A folyamat végén a monomerfelesleget, az oldható homopolimereket és a járulékos anyagokat öblítéssel eltávolítják (9. ábra).



9. ábra. Példák poliakrilnitril szál módosítási eljárásaira

Pakisztánban 1983-ban kezdődött a nagyobb hozamot biztosító gyapotfajták kifejlesztésével foglalkozó kutatás. Az idők folyamán ez még sürgetőbbé vált, miután az emelkedő hőmérséklet és az aszályok miatt fellépő hőstressz egyre jobban hatással volt/van a gyapottermés hozamára. A mutációs nemesítési technológiákkal új, az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó és ellenálló, illetve jobb szálminőségű fajtákat sikerül létrehozni. Ennek érdekében a *gyapotmagokat* először *gamma-sugárzásnak* teszik ki, ezután növekedési kamrákba vagy üvegházakba ültetik. Az ilyen magvakból kifejlődött növényeket három-négy generációs teszteléssel értékelik, fejlesztik. A megfelelő növényesorok az ország különböző helyeire kerülnek, hogy a különböző éghajlati és talajviszonyok hatását vizsgálják. A kedvező fajta vetőmagját felszaporítják, így a gazdálkodók elegendő mennyiséghez férnek hozzá. A növénymutációs technikákkal olyan gyapotcserjéket hoztak létre, amelyek a hagyományos nemesítéssel nem elérhetők, így az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó, az éghajlatváltozással szemben ellenálló (hőség és szárazságtűrő) növényfajtákkal folyhat a termesztés.

A textilkikészítőiparban keletkező *szennyvíz* közismerten szintetikus színezékekkel, ártalmas vegyisegédanyagokkal és különféle vegyszerekkel szennyezett. A kobalt-60-at alkalmazó, gamma-besugárzással kezelt ipari szennyvíz újrahasznosítható lett a nedves kikészítési műveletek során, ugyanakkor öntözési célokra is alkalmassá vált (10. ábra).

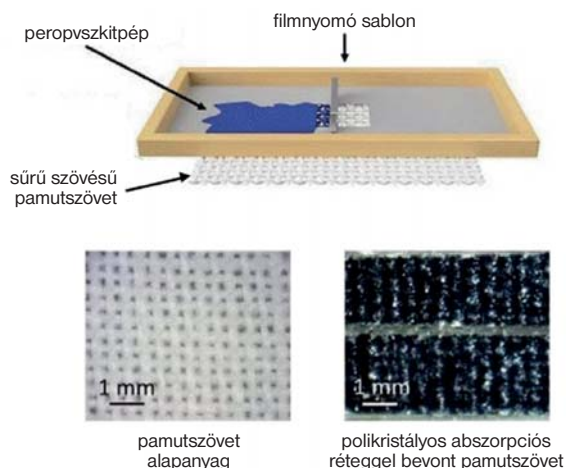
10. ábra. Ipari szennyvíz kezelése gamma-besugárzással (⁶⁰Co)



ipari szennyvíz (1) és kezelés után (2)



A textilanyagba ágyazott röntgendetektorok fejlesztése is ígéretes. Az ólom-halogenid-perovszkitok (amelyek kristályszerkezete analóg a kalcium-titanáttal) folyékony állapotban rugalmas hordozóra, így funkcionálisított textíliára is felvihetők síkfilmnyomással (pl. szitázás). Ilyen röntgendetektorok a textilanyagba ágyazott metil-ammónium-ólom-bromid perovszkit-kristályokkal képezhetők. Ezzel a módszerrel 3 $\mu\text{Gy/s}$ -ig terjedő kimutatási határt értek el [az elnyelt sugárdózis egysége a Gy (gray), 1 Gy = 1 J/kg; a dózisteljesítménye a Gy/s; egy hasi CT-vizsgálat átlagos sugárdózisa 8,0 mGy]. A textílerzékelők hordható ionizáló sugárzási dózismérőként használhatók, ilyen típusú okos ruházatok kifejlesztésére alkalmazhatók (11. ábra).



11. ábra. A textilanyagba ágyazott röntgendetektor

Kormeghatározás szénizotópokkal

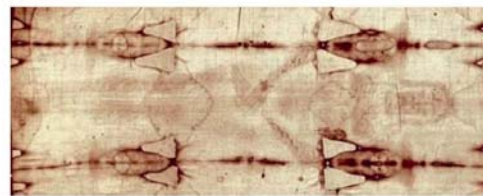
A radiokarbonos kormeghatározással legalább 50-60 ezer évre visszamenően van elvi lehetőség az időbeli azonosításra, de a gyakorlatban 37 ezer év a megbízható határ, mert régebbi minták esetében már nehéz a mintából és a természetes háttérsugárzásból származó jelek elkülönítése. A radiokarbonos módszert 1949-ben Willard F. Libby (1960-ban munkájáért Nobel-díjban részesült) és munkatársai dolgozták ki.

A növények a légköri szén-dioxidot fotoszintetizálják, és a légkörből származó, kis mennyiségű radioaktív ^{14}C az élőlények élete során cserélődik a környezettel, így a $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ arány nagyjából állandó a szervezetükben. Az élőlény elpusztulásakor a csere megáll, így a szén-14 izotóp mennyisége fokozatosan, adott sebességgel csökken – ebből lehet következtetni a leletek, fossziliák korára.

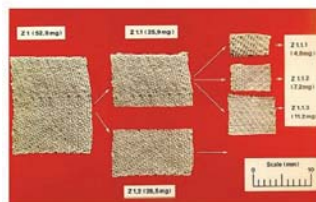
A torinói lepel kormeghatározására is ennek alapján került sor. Sajnálatos módon a radiokarbonos kormeghatározáshoz 1988-ban csak egy pontból vehettek mintákat, ami így nagymértékben nem károsította a leplet, de analitikai szempontból nem tekinthető reprezentatívnak.

A 436×110 cm méretű lenvászon leplen az alapszínéhez képest sötétebb, narancssárga tónusú elmosódott foltok láthatók. Ezek nem idegen anyagok, hanem a lepel textilanyagára került anyagok okozta elszíneződések (hullamerevség állapotú mezítelen férfiholttest képmása, a holttestet elborító sebek és vérfolyások hatása, ill. az 1532. évi chamberyi tűzvész nyomai).

Az 1988. évi radiokarbonos kormeghatározás eredményét több tudós vitatta, azonban a lepel időbeli származását megerősítette három független laboratórium (Zürich, Oxford, Tucson) egybehangzó eredménye: eszerint az 1260–1390 közötti évekből származik (12. ábra).



a torinói lepel



a lepelből vizsgálatra vett minták

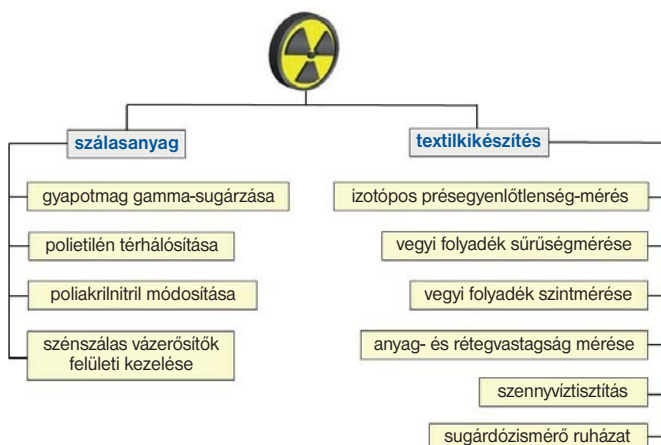


folyadékcintillációs spektrométer a szén radioaktivitásának mérésére

12. ábra. A torinói lepel szénizotópos vizsgálata

Textilszakmai összefoglalás

A teljesség igénye nélkül összeállított cikkben az izotópos szálasanyag-módosítások (a gyapotvetőmagtól a szénszálakig) és a különböző textíliák kikészítésénél alkalmazott mérési módszerek, a kezelési lehetőségek, illetve a besugárzásos szennyvíztisztítás kerültek terítékre (13. ábra). Hazai vonatkozásként fő-



13. ábra. Kivonatott összefoglaló a textilipari nukleáris alkalmazásokról

ként az egykori Textilipari Kutató Intézet (jelenleg Innovatext Zrt.) pesterzsébeti (Torontál utcai) műszaki fejlesztő részlege említendő – amelyet Dr. Bonkáló Tamás Kossuth-díjas okl. gépészmérnök vezetett –, ahol a textilipar számára izotópos műszerek is készültek.

IRODALOM

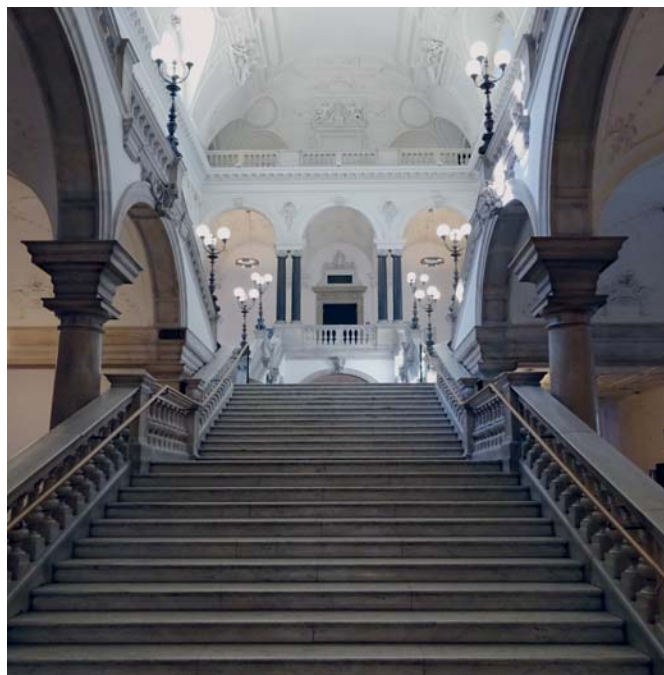
- <http://mrtremblaycambridge.weebly.com/p15-radioactivity.html>
- https://fizipedia.bme.hu/index.php/Gamasug%C3%A1r%C3%A1s_abszorpci%C3%B3ja_folyad%C3%A9k_s%C3%A1r%C3%A1s_s%C3%B1r%C3%B9ségm%C3%A9r%C3%A9se
- http://www.pt.bme.hu/publikaciok/1374_open_04%20Tat%C3%A1r%20Bal%C3%A1zs.pdf
- <https://www.intechopen.com/chapters/50579>
- https://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nizot%C3%B3pos_kormeghat%C3%A1roz%C3%A1s
- <https://termvil.hu/2019/07/04/a-torinai-lepel-nyomaban/>
- <https://www.iaea.org/newscenter/news/started-with-iaea-support-chinas-electron-beam-industry-opens-worlds-largest-wastewater-treatment-facility>
- <https://www.iaea.org/newscenter/news/cotton-in-pakistan-how-nuclear-techniques-are-helping-the-textile-industry>
- Rusznák István: Textilkémia I., 3. Szintetikus szálképző polimerek kémiája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.



Hargittai István–Hargittai Magdolna

■ BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

Tudomány körüli séta a Bécsi Egyetem főépületében



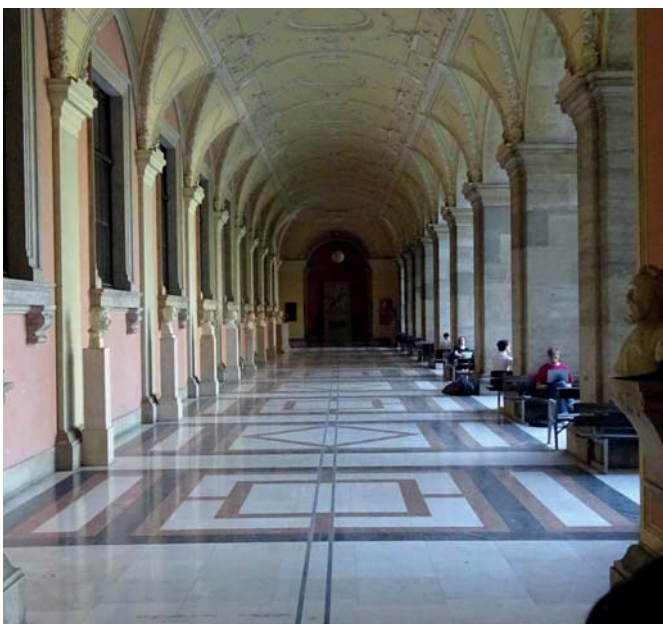
Balra: A Bécsi Egyetem Főépülete (részlet) a Ringstrasse oldaláról. Jobbra: a díszes fölépcsőház.

Ebben a cikkben az összes felvételt egy kivétellel (Kaposi mellszobra) a szerzők készítették

A Bécsi Egyetem kampuszai szétszórtnak találhatók a városban, az 1877 és 1884 között épült impozáns főépület helye a Ringstrasse. Tágas árkádjai nagy belső udvart ölelnek át, amely a diákok kedvelt pihenőhelye. Az árkádok falán és oszlopain a tudomány meg-

annyi hírességére emlékeznek mellszobrok és domborművek, klasszikus stílusú vagy éppen modern művészi alkotások. Ezekből nyújtunk át egy csokornyit ebben az írásban. Válogatásunkban a kémia-
ra és rokonterületeire, valamint a magyar vonatkozásokra figyeltünk.

A főépület két hosszanti árkádsora





A Bécsi Egyetem Nobel-díjas professzorai (2018).
Balról jobbra: Viktor F. Hess fizikus, Konrad Lorenz biológus, Friedrich A. von Hayek közgazdász, Bárány Róbert orvos, Erwin Schrödinger fizikus, Otto Loewi farmakológus, Julius Wagner-Jauregg pszichiáter, Karl Landsteiner immunológus és Hans Fischer kémikus.
A 2018-ban készített felvételen még nem lehetett rajta a 2022-es Nobel-díjas fizikus, Anton Zeilinger

Amint belépünk a főépületbe, bal oldalon egy fényképsort látunk, amely az egyetem 9 Nobel-díjas egykori professzorát mutatja be.

A Bécsi Egyetem Nobel-díjas professzorait bemutató fényképek között 2018-ban volt egy kérdőjel, ami a következő Nobel-díjasra vonatkozhatott. A válasz 2022 októberében született meg, amikor Stockholmban kihirdették, hogy Anton Zeilinger (sz. 1945) professzort harmadmagával fizikai Nobel-díjjal tüntették ki a kvantumösszefonódással és a kvantuminformációs tudománnyal kapcsolatos felfedezéseikért. Zeilinger a Bécsi Egyetemen tanult és ott doktorált. Sok évig volt a Bécsi Egyetem professzora, de oktatott a Bécsi Műszaki Egyetemen, az Innsbrucki Egyetemen és a Münchener Műszaki Egyetemen is. A Bécsi Egyetem professzor emeritusza lett 2013-ban. Abban az évben megválasztották az Osztrák Tudományos Akadémia elnökének, ezt a tisztséget 2022-ig töltötte be.

Az előbb idézett tabló csak a Nobel-díjas professzorokat mutatta be. Ha hozzáadjuk Zeilingert és a valaha ezen az egyetemen tanuló későbbi Nobel-díjasokat is, köztük volt Zsigmondy Richárd, Max Perutz és az irodalmi díjazott Elias Canetti, akkor, összesen 16 Nobel-díjossal büszkélkedhet a Bécsi Egyetem. A Nobel-díjas oktatók közül négyen kivándoroltak, hárman, Viktor F. Hess, Otto Loewi és Karl Landsteiner az Egyesült Államokba, Bárány Róbert Svédországba. Erwin Schrödinger is emigrációban töltötte pályájának nagy részét, és csak röviddel halála előtt tért vissza Ausztriába.

A huszadik század Nobel-díjasai közül soknak volt szülőhelye az 1867 és 1918 között létezett Ausztria-Magyarország. Ennek megfelelően sokakat lehet osztrák–magyar Nobel-díjasként „elszámolni”, amit gyakran osztrákként egyszerűsítnek. Az egyes országok Nobel-díjasokra vonatkozó értelmetlen számháborújában ennek megfelelően Ausztria nagyon sok Nobel-díjast tekinthetne magáénak. Szerencsére nem, vagy csak ritkán esnek bele ebbe a csapdába. Az viszont egyértelműen megállapítható, hogy például a Bécsi Egyetemen hány Nobel-díjas oktatott és hány későbbi Nobel-díjas tanult. Ennek a kritériumnak tehát 16 Nobel-díjas felel meg.

Legalább ennyire jellemző, hogy mennyi nagy nevet sorolhat fel a Bécsi Egyetem a valaha is ott oktatók vagy ott tanulók között. Oktattak olyan hírességek, mint Ludwig Boltzmann és Josef Loschmidt, vagy tanultak, mint Gregor Mendel, Sigmund Freud,

Lise Meitner, Kurt Gödel, Theodor Herzl, Köszler Artúr és a tudományfilozófus Karl Popper.

Az egyetem főépületének árkádjai alatt eddig több mint 160 tudósak állítottak emléket. A kiválasztott 8 emlékművet a növekvő születési évek sorrendjében mutatjuk be.

Christian Doppler (1803–1853) osztrák matematikus és fizikus a róla elnevezett Doppler-effektus/Doppler-jelenség felismerője. Amikor a hangforrás és a megfigyelő egymáshoz képest mozog, a megfigyelő felé mozgó hang frekvenciáját a megfigyelő magasabbnak, a tőle távolodó hangét alacsonyabbnak érzékeli (miközben a hangforrás állandó frekvenciájú hangot bocsát ki). Salzburgban, Linzben és Bécsben tanult, a mai Bécsi Műszaki Egyetem elődjében is. Különböző műszaki oktatási intézményekben, köztük Prágában és Selmechányán oktatott matematikát, geometriát, természettant. Pályája csúcán a Bécsi Műszaki Egyetem elődjében volt a fizika professzora és a fizikai intézet igazgatója. Először a hangra vonatkozó Doppler-jelenséget ismerte fel, ami annak is volt köszönhető, hogy megindult a vonatközlekedés és a vonatok már elég nagy sebességgel jártak. Később azt is megállapította, hogy a hangra vonatkozó megfigyelése a fényre is vonatkoztatható. Ebben azonban téves következtetésre is jutott, mert azt gondolta: a csillagok fényéből megállapítható, hogy azok közelednek hozzánk vagy távolodnak tőlünk.



Christian Doppler
fizikus
(Georg Leisek alkotása, 1901)



Semmelweis Ignác
orvos
(Alfred Hedlicka,
1967)

Semmelweis Ignác (1818–1865) Budán, német anyanyelvű magyar családban született. Amikor tanulmányait egy budai gimnáziumban elkezdte, az oktatás még latin nyelven folyt. 1837-ben a Bécsi Egyetemen először jogot hallgatott, majd orvostanhallgatóként folytatta, részben a pesti egyetemen, és 1844-ben végzett. 1846-ban kapott kinevezést a Bécsi Egyetem I. sz. szülészeti klinikájára, ahol a szülő nők gyakori gyermekágyi láza és halála kínzó gondot jelentett számára. Vizsgálatai vezették el ahhoz a mérőföldő-jelentőségű felismeréshez, hogy a szülészorvosok és orvostanhallgatóik maguk közvetítették a mérgező anyagot a boncolástól az általuk vizsgált szülő nőkhez. Tüzetes fertőtlenítést javasolt, mielőtt az orvosok a vizsgálandó nőket megérintenék, ha előtte boncolást végeztek. Elégtelennek ítélte a szokásos szappanos vizes kézmosást, és klóros mészsoldattal történő tisztálkodást írt elő. Módszere a halálozási arányt drasztikusan csökkentette. Eredményét a brit Edward Jenner eredményének jelentségéhez hasonlították, aki egy generációval korábban felfedezte a himlő elleni védőoltást. Sajnos Bécsben nehézségekbe ütközött módszerének elfogadtatása. Pesten folytatta pályáját, de ott is elenséges légkör alakult ki körülötte. Közben a gyermekágyi láz továbbra is nagy százalékban pusztította a szülő asszonyokat. Semmelweis képtelen volt higgadtan reagálni a megpróbáltatásokra, csapdába csalták és végül bezárták egy bécsi elmegyógyintézetbe, ahol bántalmazták. Halálának tünetei hasonlítottak a gyermekágyi láz tüneteire, ami vérmérgezésre utal ellátatlan sérülései következményeként. Semmelweis életében soha semmilyen elismerést nem kapott. Évtizedekbe telt, amíg az orvostársadalom és a tágabb közvélemény megértette valódi nagyságát. Az itt bemutatott emléktábla az egyik kései elismerés (több mint száz évvel halála után), a számtalan szobor és más emlékmű egyike. A köznyelv már korábban a nevéhez kapcsolta „az anyák megmentője” kifejezést.

Josef Loschmidt (1821–1895) kémikus és fizikus volt és foglalkozott a kristályformákkal is. Korai elképzelései voltak a molekulaszervezetről, amelyek kialakításában támaszkodott a gázok akkoriban kialakuló kinetikus elméletére. 1861-ben megjelent *Chemische Studien* című könyvecskéjében 300 molekula szerkezetét ábrázolta kétdimenziósan. Az atomokat körök szimbolizálják, amelyek a molekulában egymáshoz tapadnak. Ha a körök középpontjai között egyeneseket húzunk, akkor már a kötések is feltüntetők, még korszerűbb ábrázoláshoz jutunk. 1865-ben közreadta a molekulák méretére vonatkozó becsléseit, amelyek mindössze annyiban tévedtek, hogy a ma ismert méretek két-

szerezést kapta eredményül. Ezekben a becslésekben támaszkodott a Loschmidt-számra, amely adott térfogatban tartózkodó gázmolekulák számára vonatkozott. Mai ismereteink szerint 1 cm³ térfogatban standard hőmérsékleten és nyomáson $2,69 \cdot 10^{19}$ molekula van; tiszteletére ez a Loschmidt-állandó vagy Loschmidt-szám. 1868-ban nevezték ki a Bécsi Egyetem fizika-kémia-professzorának. Baráti kapcsolata volt a szintén a Bécsi Egyetemen oktató fiatal Ludwig Boltzmann-nal. Loschmidt kritikája ösztönözte Boltzmann az entrópia statisztikus megközelítésének kidolgozására. 1995-ben, Loschmidt halálának századik évfordulójára az osztrák posta kiadott egy 20 schillinges bélyeget. A bélyeg jobb alsó sarkában reprodukálták a fahéjsav Loschmidt könyvében közölt molekulaszervezetét, az első napi boríték postabélyegzője pedig az ecetsav molekulaszervezetét. Loschmidt elismeréséhez tartozik, hogy 1989-ben az Aldrich kémiai vállalat a Wisconsin állambeli Milwaukee-ban utánnomásként kiadta *Chemische Studien* könyvét.



Balra: Josef Loschmidt kémikus (Anton Schmidgruber, 1899).

Jobbra: Kaposi Mór orvos (Johannes Benk, 1908).

Fotó: Franz Pfluegl (2006), Datei:Kaposi Bueste.jpg – Die Denkmäler im Arkadenhof der Universität Wien (univie.ac.at)

Kaposi Mór (1837–1902) zsidó családban született Kohnként, Kaposváron. Már Bécsben élt, amikor nevét „magyarosította”, és szülővárosa iránti tiszteletből Kaposira változtatta. A Bécsi Egyetemen tanult és avatták orvossá 1861-ben. Ugyanott lett oktató, majd a bőrgyógyászati klinika vezetője. Számos kórképet írt le elsőként, köztük azt, amelyet ma az egész világon Kaposi-szarkómaként ismernek. A Somogy megyei egyetemen viseli a nevét.

Ludwig Boltzmann (1844–1906) fizikus és filozófus Bécsben tanult, Josef Stefan tanítványa volt, és 1869-ben doktorált. 1869 szerzett jogot egyetemi előadások tartására, és még ugyanabban az évben a Grazi Egyetemre kapott professzori kinevezést. Rövidebb időket töltött nagy nevű tudósokkal, például Robert Bunsen Heidelbergben, valamint Gustav Kirchhoff-fal és Hermann von Helmholtzcal Berlinben. 1873-ban Boltzmann visszatért a Bécsi Egyetemre, mint a matematika professzora, majd néhány év múlán Grazba, mint a kísérleti fizika professzora, és ott dolgozta ki a természetkutatás és -leírás statisztikus módszereit. Graz más szempontból is fontos volt számára. Ott találkozott a matematika- és fizikatanárnő Henriette von Aigentlerrel, aki szeretett volna egyetemi előadásokat hallgatni, de nem engedélyezték számára. Boltzmann támogatta fellebbezését, amely végül sikeres volt. Ösz-



szeházasadotak, és három lányuk született. Boltzmann később felcserélte grazi állását müncheni elméleti fizikai professzorságra, majd 1894-ben, Josef Stefan utódaként, ő lett a Bécsi Egyetemen az elméleti fizika professzora. Ezzel még nem ért véget vándorlásainak sorozata, mert 1900-ban a Lipcsei Egyetemen lett fizika-professzor, és 1902-ben utolsó változtatásként visszatért a Bécsi Egyetemre. Az évek során olyan tanítványai voltak, mint Svante Arrhenius, Walther Nernst, Paul Ehrenfest és Lise Meitner. A Bécsi Egyetemen sokat kellett vitatkoznia statisztikus elmélete védelmében. Fő ellenfele Ernst Mach volt, akit 1895-ben nevezték ki a filozófia és a tudománytörténet professzorának. Boltzmann szintén oktatott filozófiát, és természetfilozófia-előadásai népszerűek voltak – ennek elismeréseként a császár is fogadta a Burgban. 1905-ben, nyári szemeszter keretében, előadásokat tartott Berkeley-ben. Egészsége hatvanéves kora után megromlott, mai szóhasználatlaltal bipoláris zavarban, korábbi nevén mániás depresszióban szenvedett. 1906-ban kénytelen volt lemondani egyetemi állásáról; néhány hónappal később önkézeével vetett véget életének. A bécsi központi temetőben temették el, sírkövére felvésték Boltzmann entrópiaképletét, $S = k_B \ln W$ (ahol k_B a Boltzmann-állandó és W a statisztikai súly, adott makroállapot mikroállapotainak száma). Tíz évvel fiatalabb felesége 32 évvel élte túl.

amely jól összefoglalja érdemeit; ezt idézzük magyar fordításban: „Karl Landsteiner felfedezte az A, B, 0 emberi vércsoportokat. Ezért 1930-ban Nobel-díjat kapott. Ugyancsak felfedezte az öröklődő M, N, P, Hu, He vérfaktorokat és a Rhesus-faktort. Felismerte, hogy a gyermekbénulás kórokozója a poliomielitisz-vírus. Láthatóvá tette a spirochetákat és a marhaszívkvivonat Wassermann-reakcióban történő alkalmazásával hozzájárult a szifilisz megértéséhez. Felfedezései nagy szerepet játszottak a gyermekbénulás- és a szifiliszjárványok visszaszorításában. Az A, B, 0 vércsoportok felfedezése lehetővé tette a vérátömlesztést, és a Rhesus-faktor felfedezése elvezetett az IgG antitestek alkalmazásához újszülöttek hemolitikus betegsége esetén. Milliók halásak Karl Landsteinernek életük megmentéséért és gyógyulásukért.” Landsteiner 1923-ban családjával az Egyesült Államokba emigrált. Élete végéig a New York-i Rockefeller Intézetben (ma Rockefeller Egyetem) dolgozott. Elsősorban immunológiai kutatásokkal foglalkozott, de folytatta a vércsoportok kutatását is. 1927-ben fedezte fel az M, N és P vércsoportokat és Philip Levine-nel közös munkájuk nyomán indultak el az apasági vizsgálatok.

Lise Meitner (1878–1968) atomfizikus a huszadik század egyik leghíresebb tudósa, legismertebb felfedezése a maghasadás magyarázata. Meitner kezdetektől érdeklődött a matematika és a természettudományok iránt, de először tanítói képesítést szerzett, ami biztonságot jelentett számára. Azonban nem adta fel azt a törekvést, hogy továbbtanuljon. Ehhez először is gimnáziumi érettségit kellett tennie, ami nem volt egyszerű, mert lányoknak erre csak külsősként volt lehetőségük. Az érettségihez előkészítésként az egyik Bécsi Egyetemen frissen doktorált fizikus, Arthur Szarvassy magánórát látogatta más leánytanulókkal együtt. Szarvassynak bejárása volt az egyetem fizikai intézetébe, és tanítványainak megmutatta az intézet kísérleti berendezéseit. Meitner érettségi vizsgáira 1901 júliusában került sor az Akademisches Gymnasium számára ismeretlen körülményei között, ismeretlen tanárok előtt. Ma a Beethoven téri gimnázium falán emléktábla hirdeti, hogy Meitner ott végzett. A 14 jelölt közül a



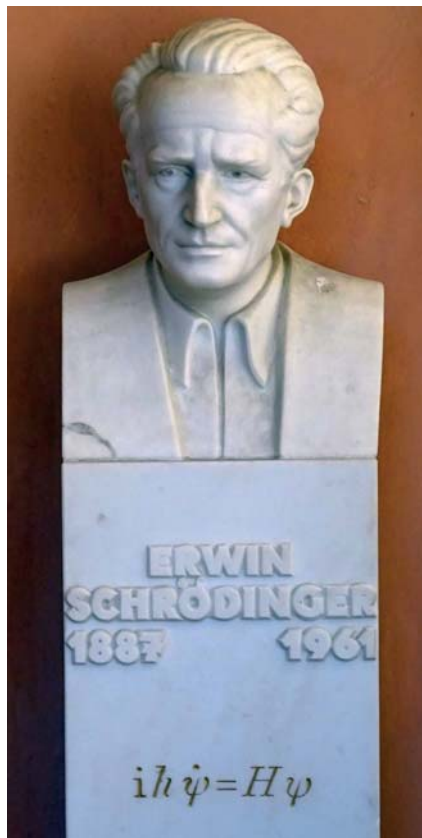
115



vizsga csak négynek sikerült, hárman közülük Szarvassy tanítványa, a negyedik Ludwig Boltzmann lánya volt.

Meitner 1901 októberében kezdte el tanulmányait a Bécsi Egyetemen. A gyógyszerészjelölteknek tartott fizika-előadásokat hallgatta először, amelyeket Franz Exner professzor tartott olyan sikerrel, hogy a tárgyat sok más szak hallgatója is felvette. Exner, aki kapcsolatban állt Wilhelm Röntgennel és a Curie házaspárral, korszerű fizikát oktatott. Meitner 1902-ben Boltzmann elméleti-fizika-előadásait látogatta, amelyek elragadtatták. Fentebb már utaltunk arra, hogy Boltzmann ugyanolyan szívesen látta női hallgatóit, mint a férfiakat. Meitner 1905 nyarára befejezte tanulmányait, és hozzálátott doktori kutatásaihoz. Kísérleti témát választott, és az egyik Maxwell-képlet kísérleti igazolásán dolgozott. Eredményeiről a Bécsi Egyetem Fizikai Intézetének folyóiratában számolt be. 1906 nyarán már Dr. Lise Meitner lett. A következő évet, Stefan Meyer mentorálásával, radiokémiai és radiofizikai kutatásokkal töltötte; 1907-ben már fontos független kutatásokról számolhatott be. Azonban a jövője bizonytalan volt, mert állást Ausztriában csak tanítóként remélhetett. Szülői támogatással Berlin felé vette az irányt; Bécsbe már csak látogatóba jött, és a Bécsi Egyetem nem játszott többé szerepet az életében. További története jól ismert. Legnagyobb felfedezése az Otto Hahn és Fritz Strassmann kísérleti megfigyeléseinek maghasadással való értelmezése volt. Maguknál a kísérleteknél már nem lehetett jelen, mert az Anschluss nyomán a zsidó származású Meitnernek menekülnie kellett Németországból. Méltatlanul mellőzték a maghasadás felfedezéséért 1945-ben Otto Hahn számára kihirdetett 1944-es Nobel-díjban. Viszont még nagyobb kitüntetésként, posztumusz, az 1982-ben mesterségesen előállított 109-es elemet 1997-ben róla nevezték el: meitnérium, Mt. Ez csak egy volt a sok elismerés között, amelyben halála óta részesült. A Bécsi Egyetem árkádjai alatti üvegből készült 3 dimenziós portréját lézeres metszéssel alakították ki. A portré körül az üveg átlátszó, így a „szobor” belesimul a környezetébe. A portré Meitner sógornője, a híres fényképész Lotte Meitner-Graf (1899–1973) felvétele nyomán készült. A Meitneréhez hasonló emlékművet állítottak ugyanott és ugyanakkor Berta Karlik (1904–1990) osztrák fizikusnak is.

Erwin Schrödinger (1887–1961) osztrák fizikus, aki ír állampolgárságot vett fel, amikor Írországra emigrált. Legismertebb alkotása a róla elnevezett Schrödinger-egyenlet, amellyel meghatározható egy rendszer hullámfüggvénye és annak időbeli változása. Ezért 1933-ban Paul Dirac-kal megosztott fizikai Nobel-díjat kapott. Kevésbé ismert, de tudománytörténeti szempontból jelentős *What Is Life?* című könyvecskéje, amelyben egy aperiódikus kristálynak nevezett molekuláris szerkezetnek tulajdonítja az örökítés tulajdonságát. Azt feltételezte, hogy ennek és az élet titkának a megértéséhez az addig ismert fizikai törvényeken túl további felfedezésére lesz szükség. Ezt több, később világhíres tudós kihívásnak tekintette, és nagy hatása volt a huszadik századi biológiai felfedezésekre. Schrödinger a Bécsi Egyetemen tanult és doktorált, és első állását is ezen az egyetemen kapta. Pályáját Németországban folytatta, kutatói indulására Arnold Sommerfeld és Wolfgang Pauli voltak hatással. Oktatott Jénában, Stuttgartban és Breslauban (ma Wrocław, Lengyelország). A Zürichi Egyetemen következett hat év, majd Max Planck utódaként a Berlieni Egyetem. 1933-ban, náciellenes nézeteit követve, elhagyta Németországot, és rövid ideig Oxfordban élt. Ott „érte” a Dirac-kal megosztott Nobel-díj híre, majd Princeton és Edinburgh következett. Időközben Einsteinnel levelezett, és ebből az időből származik híres gondolkísérlete „Schrödinger macskája”-val.



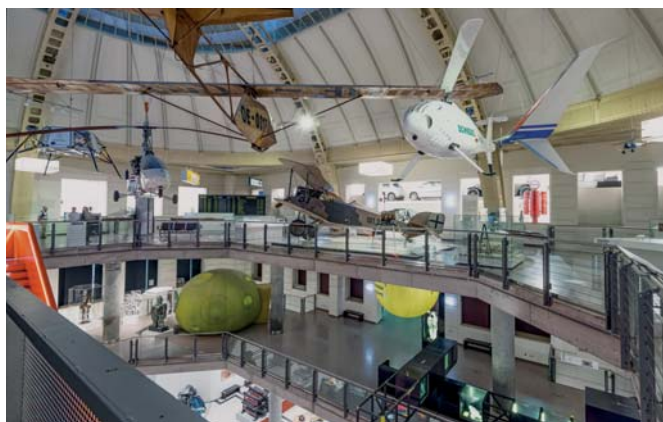
Erwin Schrödinger
fizikus
(Ferdinand Welz,
1984)

Később visszatért Ausztriába, és a Grazi Egyetemen vállalt állást. Amikor Németország bekebelezte Ausztriát (Anschluss, 1938), nyilvánosan visszavonta korábbi náciellenes kijelentéseit, de a nemzeti szocialistákat ez nem elégítette ki: elbocsájtották. Olaszországba menekült, majd Oxford és Gent következett. Jelentős változást hozott, amikor Írország matematikus elnöke, Éamon de Valera meghívta országába, és felkérte, hogy segítsen a dublini Institute for Advanced Study létrehozásában. Schrödinger 1938-tól 1955-ös nyugdíjba vonulásáig Dublinban élt. Utolsó éveire visszatért Ausztriába.

Mindenkinek ajánljuk, hogy látogassa meg a Bécsi Egyetem főépületét és árkádsorát, ezt a szabadon hozzáférhető nevezetességet, amely egyben nem hivatalos tudománytörténeti múzeum. ●●●

.....

Bécsben járva persze rengeteg látnivaló akad; családosan is izgalmas tudományos sétát tehetünk például a híres Természettudományi Múzeumban és a kevésbé híres, de remek (tudományos-) Műszaki Múzeumban.





KIRÓL NEVEZTEK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

Faraday törvényei

Második rész

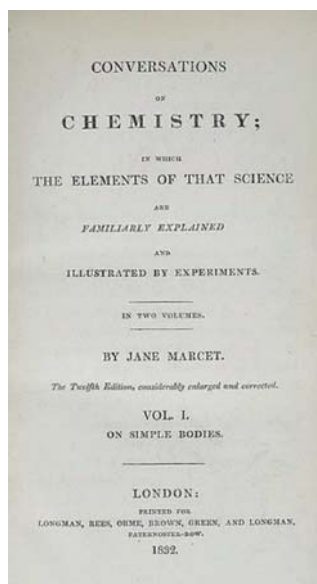
Az írás első része (MKL, 2024. március) – a kimagasló eredmények rövid ismertetése után – Faraday életének fontosabb momentumait bemutatva azzal zárult, hogy „Michael 1805-ben elszegődött tanoncnak George Riebau (1759–1835) könyvkötő és könyvárúshoz. Napi tíz órát dolgozott, de emellett elolvasta és kijegyzetelte a kötésre beadott könyveket.”

Az egyik könyvélményéről Faraday az alábbiakat írta Auguste de la Rive (1801–1873) svájci kollegájának és barátjának Jane Marcet (1769–1858) halálakor: „Mrs. Marcet jó barátom volt, mint bizonyára még sokaknak... Különösen két könyv, az Encyclopaedia Britannica és Mrs. Marcet „Beszélgetések a kémiáról (Conversations on Chemistry)”, alapozta meg tudományos ismeretemet. Úgy éreztem, hogy iránytűt kaptam a kémiához. Ezért érzek nagyon nagy hálát Mrs. Marcet iránt, aki képes volt a természet végtelenjében eligazító törvényeket és elveket egy fiatal, tanulatlan, de érdeklődő elméhez közvetíteni. Ő volt az első tanítóm, aki mindig velem fog gondolataimban maradni.”

Jane Marcet (9. ábra) egy gazdag, Londonban élő, svájci kereskedő leánya volt. Szülei támogatták matematikai és természetfilozófiai tanulmányait. A kémia iránt férje, Alexander Mar-

9. ábra. Jane Marcet (Mrs. Haldimand) portréja.

Edgar Fahs Smith Collection (University of Pennsylvania)

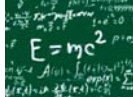


10. ábra. Jane Marcet könyve 12. kiadásának címlapja

cet (1770–1822) orvos keltette fel az érdeklődését. Eljárt a Royal Institution kémia-előadásaira, majd otthon megismételte a kísérleteket. Korának kémiai ismereteit foglalta össze a könyvében, amelynek újabb és újabb javított, összesen 16 kiadása jelent meg Angliában a 19. században.

A 12. kiadás volt az első, amelynél feltüntették a szerző nevét (10. ábra), mert akkoriban nem volt célszerű nőként publikálni a tudományban. A könyv olyan fejezeteket tartalmazott, mint „Fény és hő” vagy „Az elektromosság kémiai hatásai”. Ezekről beszélgetett két szorgalmas tanuló (Caroline és Emily, két lány!) tanárával, Mrs. B.-vel. Minden jelenségre kísér-

letek leírását is tartalmazta a könyv. Faraday megcsinálta az összeset, amit csak tudott. Kitöltvén hétéves segédidejét – immár 21 évesen – próbált valamilyen tudományos elfoglaltsághoz jutni. Levelet írt Sir Joseph Banksnek, a Royal Society elnökének, de az elutasította. Így beállt segédnek Henri de la Roche könyvkötőhöz. Itt már fizetést is kapott. Tovább próbálkozott, és Sir Humphry Davy (akit abban az évben ütöttek lovaggá) – meglátván Faraday jegyzeteit az ő előadásairól – azt ígérte, hogy 1813 januárjától megpróbálja alkalmazni a Royal Institutionnál. Végül teljesült Faraday vágya: munkát és szállást kapott a Royal Institutionnál. Davy személyes asszisztensként alkalmazta. Francia kollégái meghívására 1813 októberében Davy és felesége, annak komornája és Faraday Franciaországba utazott. Párizsba november végén érkeztek. Elég különös helyzet. Anglia a Napóleon-ellenes koalíció tagja volt. 1813. október 16–19. között zajlott a lipcsei csata, „a népek csatája”, amelyben több mint félmillió katona harcolt, akik közül több mint százezren estek el. Eközben a tudósok tanácskozhattak a tudomány aktuális kérdéseiről. Davynek már óriási tekintélye volt, hiszen az előző évtizedben számos új elemet fedezett fel, és állított elő elektrolízissel; előállította a kéjgázt,



amit azután az orvosok használtak érzéstelenítőszerként, és még nagyon sok jelentős munkája volt a mezőgazdasági kémiától a fotográfiáig. Nagyon sok városban, majdnem minden bányászvárosban van szobra, amit a bányáslámpa megalkotásának köszönhet, de ez már később, 1816-ban történt. Davy tiszteletére az Institute de France díszünnepséget rendezett. Átvette „Prix du Galvanisme” érmet, amelyet Napóleon adományozott neki elektrokémiai munkásságáért. Találkozott számos francia tudóssal, így André-Marie Ampère-rel, Louis Gay-Lussackal is. Ezek a találkozók Faraday-nek is sokat jelentettek, aki, mint Davy tudományos munkatársa, részt vett ezeken az eseményeken. Napóleonnal nem találkoztak, ami érthető a fent ismertetett helyzetet figyelembe véve. Azért kellemetlenség is érte utazóinkat: Bretagne-ban tévedésből rövid időre őrizetbe vették őket, ami összefüggött azzal, hogy a hajójuk hadifoglyokat szállított egy hadifogolycseré-egyezmény keretében. Faraday – aki szokása szerint naplót vezetett – meg is jegyezte [19]: „Elég szokatlan kaland magunkat egy idegen és ellenséges országra bízni, ahol bármilyen gyanú elegendő, hogy megfosszanak bennünket a hazánkba való visszatéréstől és talán az életünkötől is.” Franciaországból Itáliába vezetett az útjuk. Faraday egyre többet szenvedett Davy sznob felesége szeszélyeitől, aki szolgaként kezelte. Davyné (született Jane Kerr, 1780–1855) apjától, aki hadizsákmány- és rabszolgakereskedő volt, nagy vagyont örökölt, amit csak téteztett első férjétől, Ashby Apreece-től származó öröksége. Nagy társasági életet élt, Davyval kötött házassága nem volt igazán sikeres [20, 21].



11. ábra. Faraday a Royal Institution laboratóriumában. Harriet Moore (1801–1884) festménye. Bridgeman Art Library

Faraday már azon gondolkodott, hogy visszatér könyvkötőnek. Szerencsére nem ezt választotta, hanem a Royal Institutiont, ahol azután egész életében dolgozott. 1925-től laboratóriumvezető (**11. ábra**), 1833-tól Fuller-kémiaprofesszor, 1852-től igazgató [11]. Itt érte el azokat a felfedezéseit, amelyek okán a világ valaha élt legnagyobb tudósai között említjük.

Híresek voltak tudományos ismeretterjesztő előadásai is. A levelezéséből láthatjuk, hogy nagyon sok emberrel tartotta a kapcsolatot, vitatott meg tudományos és technikai kérdéseket is.

1821-ben Faraday feleségül vette Sarah Barnardot (1800–1879) (**12–13. ábra**), akit a sandemaniani gyülekezetben ismert meg. Házasságukból gyermek nem született.

Ki finanszírozta Faraday kutatásait?

Szponzora és mentora John „Mad Jack” Fuller (1757–1834) volt, aki létrehozta a Fuller kémiaprofesszori címet a Royal Institu-



12. ábra. Sarah Barnard és Faraday portréja 1855 körül, dagerrotípia (Royal Society Bridgeman collection)



13. ábra. A Faraday házaspár Jane nevű unokahúgukkal és a Tyndall házaspárral 1858 körül.

Bridgeman Berlin, Photos historiques et d'époque collections

tionban. Faraday volt az első, aki ezt a professzorátust elnyerte, és amelyet 1833-tól egész életében viselhetett. Fuller finanszírozta a Royal Institutiont is; 1818-ban például 1000 fontot adott (ma ez kb. 100 000 angol fontot jelent). Később még egy professzorátust alapított (Fullerian Professorship of Physiology). Hogy meddig lesz Fullerről elnevezve az általa alapított két professzorság, az bizonytalanná vált az utóbbi időkben. Ugyanis Fuller vagyonát a sussexi ágyúöntő gyár és két örökölt jamaicai ültetvény alapozta meg, ahol rabszolgák dolgoztak. Fuller a pénzét közcélokra költötte, építtetett világítótornyot, csillagvizsgálót, renováltatott régi épületeket stb. Azt gondolom, hogy a professzorság megszűntetésével fenyegető esetben is a „cancel culture” túlkapasainak egyikével van dolgunk. A rabszolgaság rettenetes dolog volt. De több mint 200 éve a világ is más volt. Fuller egyszer azt nyilatkozta, hogy az ő rabszolgái jobban élnek Jamaicában, mint a munkások Londonban. Bizony, ez még igaz is lehetett ismerve a munkások életviszonyait Nagy-Britanniában a 19. században [22].

Faraday a Hampton Courtban, VIII. Henrik egykori palotájában kapott házat Viktória királynőtől (1819–1901, királynő 1838-tól) (**14. és 15. ábra**). Ebben nagy szerepe volt annak, hogy



14. ábra. Faraday egykori háza a Hampton Courtban



15. ábra. Faraday emléktáblája egykori házában, a Hampton Courtban

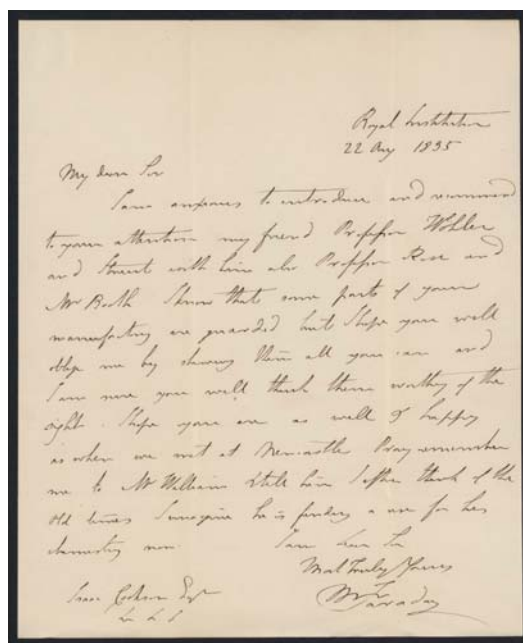
Albert herceg (1819–1861), a királynő férje sokat tett a királyság oktatásának fejlesztéséért (a Cambridge-i Egyetem kancellárja is volt) és érdeklődött a tudomány eredményei iránt. A Hampton Court 1737-ig volt királyi rezidencia. A palotát kisebb-nagyobb részekre darabolták, és a királynak nagy szolgálatot tevő emberek költözhettek be egy-egy házba, lakrészbe. Az első időkben ingyen lakhattak. Ez a hagyomány ma is él, de ma már pénzért is lehet költözni. Faraday egykori házát, miután megürült, legutóbb 2020-ban hirdették meg bérlésre.

Faraday londoni emlékeit részletesen bemutatja egy nemrég megjelent könyv [23]. A Royal Institutiont és Faraday ottani tevékenységét egy márciusi írás ismertette a folyóiratban [24].

Faraday levelezése

Faraday levelezését, amely közelítőleg 4900 levelet foglal magába, 1991 és 2011 között hat kötetben adták ki [25]. Mivel ez kevésbé ismert, de igencsak érdekes, hogy kikkel levelezett Faraday, az alábbiakban adunk egy rövid ismertetést [25–27].

Az első kötet 524 levelet tartalmaz az 1811–1831-es időszakból. Néhány – jobbra ismert – nevet megemlítenek: Benjamin Abbott (barátja, akinek későbbi könyvéből ismerhetjük meg Faraday ifjúkorát), Humphry Davy, A-M. Ampère, Charles-Gaspard de la Rive, John Herschel és Sarah Barnard, a leendő hitvese. Meglepő levelezőpartnerei is voltak, például Percy Drummond vezérőrnagy, a Royal Military Academy parancsnoka, Marc Isambard (francia menekült, New York főmérnöke, a Temze-alagút és a Clifton függőhíd tervezője) és fia Isambard Kingdom Brunel

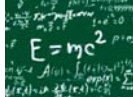


16. ábra. Faraday 1835. augusztus 17-i levelében megkéri James Curtis Booth (1810–1888) Angliában üzemeket látogató amerikai vegyész, hogy segítse Friedrich Wöhler (1800–1882) professzort egy manchesteri üzem meglátogatásában. Courtesy of Science History Institute

(ő fejezte be az alagutat, ami vasúti alagút lett, jelenleg a földalatti használja; a 19. század legzséniálisabb mérnökének tartották, tervezett hidakat, gőzhajókat, vasutakat).

Az 1832–40-es időszakból (2. kötet) 808 levél maradt fent újabb és érdekes partnerekkel, többek között kiváló hölgyekkel: William Whewell, Charles Babbage (mechanikus számítógépek, a programozható számítógép koncepciója), Alexander von Humboldt, Christian Schönbein (Schoenbein) (az első tüzelőanyag-cella egyik megalkotója), Ada Lovelace (Lord Byron lánya, matematikus, író, Babbage munkatársa, talán az első számítógép-programozó, elég közeli kapcsolatról tanúskodó levelek), Mary Somerville (matematikus, csillagász, filozófus, „a tudomány királynője” a 19. században), George B. Airy (matematikus, csillagász), Macedonio Melloni olasz fizikus, John Constable festő, William Wyon pénzvéstő, John Barrow, az Admirális másodtitkára, Lord Melbourne miniszterelnök és más politikusok. Még olyan hétköznapi ügyekben is segít, mint egy gyárlátogatás elintézése (16. ábra).

Az 1841–1848-as évekből 811 levél található a 3. kötetben. Részben a Haswelli bányaszerencsétlenséggel kapcsolatos levelek, aminek okát Charles Lyell-lel vizsgálta ki. Lyell a 19. századi geológia legnagyobb alakja volt, ő mutatta ki, hogy a Föld több százmillió éves, ami Darwinnak komoly támogatást adott az evolúcióelméletéhez. Faraday a világítótornyok hivatalos hatóságával is intenzív levelezést folytatott a világítótornyok fejlesztésével kapcsolatban. Újabb levelezőtársai között megjelennek kémikusok, így az ír Thomas Andrews és a francia Jean-Baptiste-André Dumas, Julius Plücker német fizikus, a katódsugarak kutatásának úttörője, William Thomson (a későbbi Lord Kelvin, matematikus, fizikus, a termodinamika kiemelkedő alakja, mérnök; az Atlanti-óceánt átvívelő távírókábel fejlesztője – e téren együttműködött Faraday-val), Robert Peel (miniszterelnök, a londoni városi rendőrség – a Scotland Yard létrehozója), Charles Bagot (Kanada kormányzója), Angela Burdett Coutts (gazdag filantróp, nemes ügyek, pél-



dául az oktatás támogatója). Érdekes és magyarul is olvasható a levele, amelyet Richard Taylornak írt, aki számos tudományos folyóiratot adott ki (a Taylor és Francis Kiadó ma is létezik). Az 1844. január 25-én írt levelében Faraday azt kéri, hogy előadását jelentesse meg. A cikk még abban az évben meg is jelent a Philosophical Magazine-ban (24, 136–144) [27].

Az 1849–1855-ös időszakból (4. kötet) 886 levél található nagyjából ugyanazokkal a partnerekkel és témákkal, de megjelennek új levelezések is: August de la Rive svájci fizikus, akinek már az apjával is levelezett korábban (ő 1834-ben meghalt), és aki főleg elektrokémiával és elektromossággal foglalkozott, John Tyndall író fizikus (Faraday nyugalomba vonulása után ő lett az utóda a Royal Institutionnál, ő bizonyította először a CO₂ üvegházhatását 1859-ben, a Tyndall-jelenség – kolloidokban lejátszódó fényszóródási jelenség – „névadója”), William Robert Grove (a tüzelőanyag-cella felfedezője Schönbeinnel egyidejűleg, 1839; Faraday meghívta előadást tartani), Thomas Byam Martin, az angol flotta admirálisa (Faraday különböző kormányzati szervezeteknek adott tanácsot a krími vagy más néven angol-francia–oroszháború idején; a vegyi fegyverekkel kapcsolatban viszont etikai okokra hivatkozva elutasította az együttműködést), Henry Bence Jones (orvos, kémikus, a Royal Institution titkára, a *The Life and Letters of Faraday* (1870) könyv szerzője), a *Times* újságnak is írt levelet a Temze folyó elviselhetetlen szennyeződéséről. Erről a *Punch* satirikus lapban karikatúra is



17. ábra. A *Punch* karikaturája Faraday levelének apropóján

megjelent a következő felirattal: „Faraday odaadja a névkártyáját Temze (Thames) Papának, és reméljük, hogy ez a koszos fickó konzultálni fog a tudós professzorral” (17. ábra).

Az 1855–1860-as időszakból (5. kötet) 842 levél olvasható, köztük Viktória királynő levele, amelyben felajánlja a Hampton Courtban a házat élethosszig tartó ingyenes használatra Faradaynek, és Faraday válaszlevele; III. Napóleon Becsületrenddel tünteti ki; az új Parlament építőköveinek megóvása és festmények konzerválása ügyében folytatott levelezések; valamint tudományos eszmecserék a régi kollégákkal (Airy, Dumas, Plücker, William Thomson, Tyndall), illetve a fiatalabb generáció kiválóságaival (James Clerk Maxwell, George Gabriel Stokes). Christian Schoenbein (Schönbein) svájci–német tudós, akivel nemcsak szakmai, hanem családi-baráti kapcsolatot is ápolt, sok levelet írt az évek során, de itt egy szomorú esemény is szolgált az egyik levél alapjául, mert Schönbein egyik lánya, akinek útját Faraday intézte, és már több mint egy éve ott élt, gyomorperforáció következtében Londonban váratlanul meghalt 1859-ben. Schönbein és Faraday korábban aggódott a krími, 1959-ben pedig a szárd-francia–osztrák háború miatt. Ők ketten több mint 30 évig leveleztek. Persze, a levelek tartalmának zömét a tudományos eszmecserék képezték. Az utolsó években ez például az ózon volt, amit Schönbein fedezett fel.

1178 levél van a 6. kötetben, részben 1860–1867-ből, részben újonnan felfedezett levelek, amelyek kiemelt témája még mindig a világítótornyok és a ködjelzés elektromos fényszórója. Faraday átadja Tyndallnak különböző megbízatásait a Royal Institutionnál (18. ábra).



18. ábra. Faraday néhány tudóstársával (levelező partnereivel). Balról jobbra: Faraday, Thomas H. Huxley, Sir Charles Wheatstone, Sir David Brewster, John Tyndall; 1865 körül. AIP Emilio Segre Visual Archives, Zeleny Collection

Leveleiben említi hanyatló egészségét és a közelgő elmúlást. Utolsó levelét 1862. szeptember 18-án írta Schönbeinnnek:

„Dear Schoenbein
Again and again I tear up my letters, for I write nonsense. I cannot spell or write a line continuously. Whether I shall recover – this confusion – do not know. I will not write any more. My love to you
ever affectionately yours
M. Faraday.”



19. ábra. 1991 és 2001 között Faraday képét nyomtatták a brit 20 fontos bankjegyre

Mi inkább őrizzük meg a fiatal, optimista tudós arcát, amelyet néhány évtizedig a 20 fontos bankjegyen is láthattunk (19. ábra).

IRODALOM (folytatás)

- [19] H. B. Jones, *The life and letters of Faraday*. Vol. 1. 1870, 75.
- [20] E. James, *Making money from the Royal Navy in the Late Eighteenth Century: Charles Kerr on Antigua „breathing the True Spirit of a West India Agent”*. *The Mariner’s Mirror* (2021) 107, 402–419. doi:10.1080/00253359.2021.1978257. S2CID 239769850.
- [21] S. Forgan, „Davy, Jane, Lady Davy (1780–1855)”, *Oxford Dictionary of National Biography*, Oxford University Press, 2004.
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/Mad_Jack_Fuller
- [23] Hargittai I., Hargittai M., *Londoni séták a tudomány körül*. Akadémiai Kiadó, 2021.
- [24] Róka A., *Magyar Kémikusok Lapja* (2024) 3, 74.
- [25] E. A. J. L. James (ed.), *The Correspondence of Michael Faraday*, Vols. 1–6. The Institution of Engineering and Technology, Royal Institution, 1991–2012. <https://www.rigb.org/explore-science/explore/collection/michael-faradays-correspondence>
- [26] *The Letters of Faraday and Schoenbein, 1836–1862: With Notes, Comments and by Michael Faraday, Christian Friedrich Schönbein, Georg Wilhelm August Kahlbaum, Francis Vernon Darbishire, Williams & Norgate, 1899.*
- [27] M. Faraday, *Tűnődés az elektromos vezetésről és az anyag természetéről*. <https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/mol/faraday.html>



Szólláthné Sebestyén Zita

■ Nyíregyházi Egyetem, Környezettudományi Intézet | sebestyen.zita@nye.hu

A LEGO® alkalmazása a kémiaoktatásban

„Toys enable us to construct who we are, appreciate our personal and collective pasts, prepare for the future in a world of constant flux, and live for the moment, having fun.”

K. M. Jackson

A kémia mint tantárgy nagy előnye, hogy oktatása nem elválasztható a kísérletektől, a közvetlen tapasztalatszerzéstől, melyekkel könnyű a diákok érdeklődését felkelteni. De ennek a tudományának is vannak olyan területei, ahol fantáziára, elvont gondolkodásra van szükség, például a molekuláris vagy atomi szintű jelenségeknél. Ezek modellezése régóta jelen van az oktatásban. Az elmúlt évtizedekben meghatározó trenddé vált az oktatási segédanyagok digitalizálása és az a remény, hogy a fiatalok így a saját nyelvükön, a saját eszközeiken keresztül kapják majd meg a tudást, és ez majd megkönnyíti a folyamatot. Talán elérkeztünk már ahhoz a ponthoz, amikor újra nagy jelentőséget nyer, ha valamit a diák kezébe tudunk adni, ami nem digitális, mert nem újabb online játékra van szüksége, hanem például a finommotoros képességeinek használatára, fejlesztésére.

A LEGO® építőköcek erre nyújtanak lehetőséget, akár a kémiaórákon is. Egy viszonylag olcsó, könnyen (akár használtan is) beszerezhető játékról van szó, amely ismerős lehet a diákoknak. Könnyen átépíthető, a változások jól követhetőek a modellekkel. Az építőelemek változatos alakja és színei megannyi lehetőséget rejtenek. Nem kell korlátoznunk a fantáziánkat a térszerkezetek lemásolására, csak el kell vonatkoztatnunk az eddig használt sablonoktól.

Halmazállapotok, kristályrácsok, elemi cellák

A legalapvetőbb jelenség, amelynek modellezésénél felhasználhatjuk a LEGO®-t, az a részecskék helyzete a különböző halmazállapotokban [1]. Két dimenzióban ábrázolva, ahol egy részecskét egy darab 1×1-es építőkocka képvisel, hangsúlyozhatjuk azok távolságát, rendszerezettségüket és a részecskemozgás lehetőségét, illetve utalhatunk a közöttük létrejövő kölcsönhatások erősségére. Greyer szerint ez a kétdimenziós módszer közvetlen számonkérésre – alaplapok beszedése – vagy beadandó / házi feladat készítésére is alkalmas, ahol elegendő a modellek fotóját digitálisan visszaküldeni. Ez a szemléltetési eszköz így online oktatás esetén is alkalmazható.

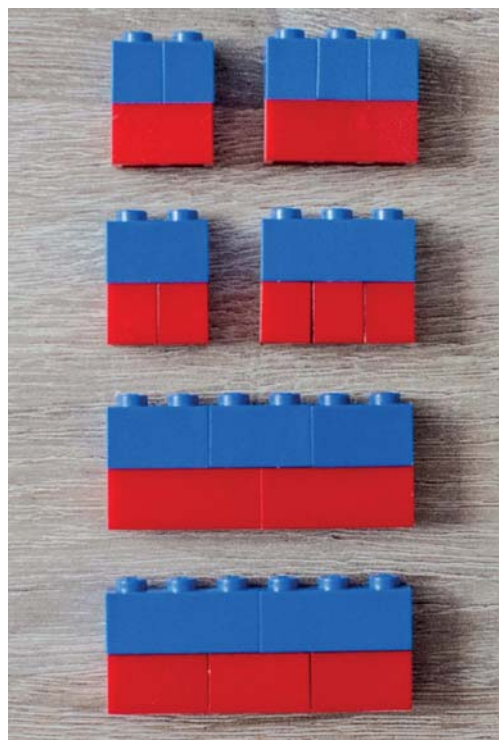
A kristályszerkezetek modellezése már mélyebb kémiai tudást feltételez, és háromdimenziós ábrázolást igényel, amelyre a LEGO® is alkalmas lehet. Az építőköcek alkalmazása abban az esetben praktikus, ha a rácsponatokon található részecskék mérete hasonló: helyettesíthetőek 1×1-es vagy 2×2-es elemekkel, illetve több elemből összerakott 3×3×2-es vagy 4×4×3-as tömbökkel [2].

Az anyagi minőséget különböző színekkel lehet jelölni. Annak ellenére, hogy ebben a tárgykörben más szemléltetési eszközök is rendelkezésre állnak, a LEGO®-nál két előnyt lehet megemlíteni: az elemi cellát rétegenként is fel lehet építeni és bemutatni, illetve nagyobb tömbök használata esetén az elemi cellák határainál részecske-töredékeket is beépíthetünk (pl. ha csak az adott részecske negyede tartozik abba a cellába). A *Wisconsini Egyetem* munkatársai aprólékosan kidolgozott példátartat is közzétettek különböző kristályszerkezet leírására, építési útmutatókkal segítve az alkalmazásukat az oktatásban [3].

Sztöchiometriai képlet és molekulatömeg

Az ionrácsos vegyületeknél a pontos sztöchiometria megállapítása, a képletek felírása is begyakorlást igényel a tanulás kezdeti szakaszában. Az angolszász irodalomban erre a kérdésre a leggyakrabban alkalmazott eljárás az úgynevezett „criss-cross” módszer. A magyarul cikcakk-módszernek fordítható eljárásban először össze kell hasonlítani a pozitív és a negatív ionok töltés-

1. ábra. Különböző összetételű ionvegyületek ábrázolása LEGO®-elemekkel (például jelenthetik a következőket: Na₂S, K₃N, MgF₂, Al(CN)₃, Ca₃P₂, Al₂O₃)





számát. Ha abszolút értékük megegyezik, akkor 1:1 arányban kell felírni az ionokat a képletben. Ha különbözik, akkor „keresztbe” kell beírni a töltésszámokat, tehát a pozitív ion töltésszámát a negatív ion sztöchiometriai számaként töltés nélkül, és fordítva [4]. Ha van a töltéseknek közös osztójuk, akkor azzal egyszerűsíteni kell az arányt, és kész a sztöchiometriai képlet.

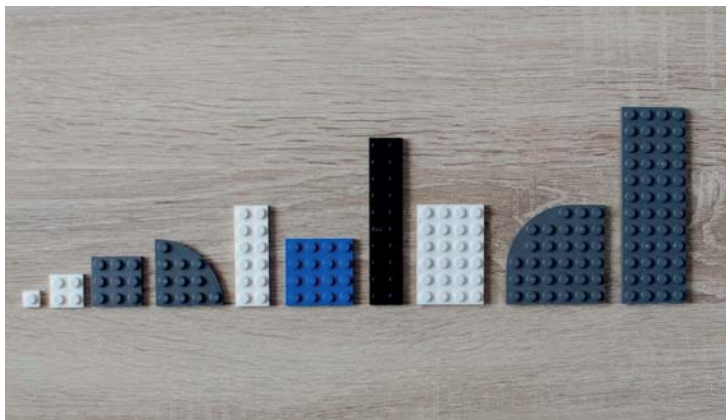
Ugyanez a feladat megoldható LEGO®-kockákkal is, ahol az építőelemek hossza (a kapcsolódási pontok száma) a töltések számával megegyezik: tehát az 1×1-es elem egyszeres töltésű, a 2×1-es kétszeres és így tovább [5]. Az ellentétes töltéseket különböző színekkel jelölhetjük. Több egymás mellé helyezett „pozitív töltésű” elemhez elkezdjük alulról csatlakoztatni a „negatívakat” egészen addig, amíg a lehető legkevesebb egész számú elemmel tudunk teljes lefedettséget elérni (1. ábra).

Ruddick három párhuzamos középiskolai osztályban vizsgálta a LEGO® hatékonyságát a képletírás tanulási folyamatában összehasonlítva a cikcakk-módszerrel és egy online oktató játékkal („Rainbow Matrix”) [5]. A különböző oktatási formák alkalmazása után ugyanazon a számonkérésen a LEGO®-csoport szignifikánsan jobb eredményt ért el a másik kettőhöz viszonyítva (az online játék eredményes használatához hosszabb begyakorlási időre lett volna szükség).

Az építőkockák mennyiségi jellemzők ábrázolására is használhatóak, hiszen a kapcsolódási pontjaik arányosak a felületükkel, illetve a tömegükkel is. Megfelelő méretű LEGO®-lapokból „atomként” adható össze a molekulatömeg. Itt a kialakított formának kisebb a jelentősége, nem kell, hogy feltétlenül a pontos térszerkezetre utaljon, egyes funkciós csoportok ábrázolása azonban hasznos lehet. Egy-egy molekula többféle elrendezésben ábrázolható, a lényeg, hogy a végeredmény arányos legyen a molekulatömeggel.

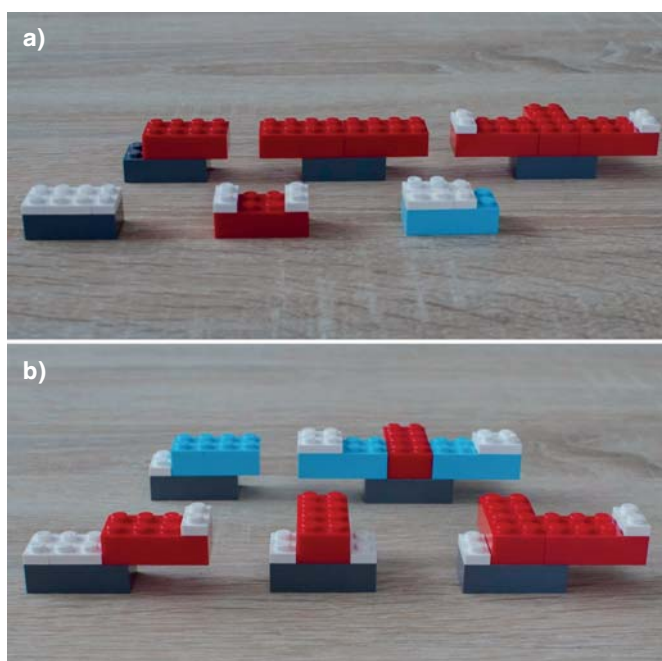
Ezek a kézbe adható „tömegek” jól használhatóak a tömegmegmaradás törvényének hangsúlyozására a reakcióegyenletek felírásakor, vagy később a zöld kémiai mérőszámok bevezetésére [6], illetve az egyes reakcióutak összehasonlításához, hiszen a kiinduláshoz használt építőkockákkal el kell számolni (főtermék, melléktermék, katalizátor, esetleg a kiindulási anyag feleslege). A Hudson és munkatársai által leírt példában a fehér 1×1-es elem fogja reprezentálni a hidrogénatomot, a piros 4×4-es az oxigént, a sárga 4×8-as pedig a kén [6]. (Az anyagi minőség színkódolása itt is megjelenik.) Ebből az is következik, hogy bár nagy a variációja a LEGO®-elemeknek, mégsem tudjuk velük bármelyik atomot helyettesíteni, gondoljunk csak a páratlan vagy nem egész számú atomtömegekre (2. ábra).

2. ábra. Példák LEGO®-elemekkel szimbolizálható atomokra és atomtömegekre: ^1H , ^4He , ^9Be , ^{11}B , ^{12}C , ^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg , ^{31}P , ^{48}Ti



Az oktett-szabály és a molekulaszervezeti modellek

Hasonló logikát követ a Lin és munkatársai által leírt molekula-modell, amely abból indul ki, hogy hány elektron helyezkedjen el az atom külső elektronhéján a nemegázszerkezet eléréséhez [7]. A szerzők praktikusán csak a szerves vegyületeket felépítő atomokat helyettesítették LEGO®-építőkockákkal: a hidrogént fehér 2×1-es, a szén, oxigént, nitrogént, kén pedig megfelelő színű 2×4-es elemekkel. Azok a kapcsolódási pontok, amelyek más építőkockákkal átfedésbe kerülnek, közös elektronok, tehát kötő elektronpárok lesznek, a szabadon maradt pontok pedig nem-kötők. Így a legalapvetőbb szerves (és szervetlen) vegyületek is felépíthetők (3. ábra), ráadásul többféleképpen. Mivel itt sem a pontos térszerkezetet kell leutánozni, több jó megoldás is elfogadható, viszont egészen más szemléletet igényel, mint a térszerkezet összerakása. Leginkább lineáris elrendezés esetén alkalmazható, a gyűrűs szerkezetek kialakítása a LEGO®-elemek paraméterei miatt nehézkes vagy lehetetlen.



3. ábra. Az oktett-szabálynak megfelelően kirakott molekula-modellek [7]: a) CO , CO_2 , H_2CO_3 , CH_4 , H_2O , NH_3 ; b) HCN , NH_2CONH_2 , CH_3OH , HCHO , HCOOH

De nem kell lemondanunk arról, hogy a molekulák térszerkezetét is modellezzük az építőkockákkal. Az elemi cellához hasonlóan itt is választhatunk különböző méretű elemek vagy tömbök közül, melyek egy adott atomot szimbolizálnak. Sajnos a LEGO® itt sem tekinthető univerzális megoldásnak, ráadásul számtalan más, kézbe adható szemléltetőeszköz áll már rendelkezésre a témában (golyómodellek, golyó-pálcika modellek stb.), a digitális megoldásokról nem is beszélve. Ennek ellenére jó néhány szerkezet kirakható LEGO®-val is, legyenek azok hosszú szénhidrogénláncot tartalmazó molekulák [2] vagy akár polimerek. Az utóbbi esetben egy LEGO®-egységgel nemcsak egy atomot, hanem akár egy egész monomert is helyettesíthetünk, így kevesebb építőanyagra (készletre) van szükség egy óriásmolekula megépítéséhez. Az egyik legegyszerűbb ilyen polimer a polietilén [8], de találhatunk példát az irodalomban akár a poli(dimetilsziloxán) modellezésére is [9]. Ha elegendő egyforma építőkocka áll rendelkezésre, poliszacharidokat is felépíthetünk (amilo-



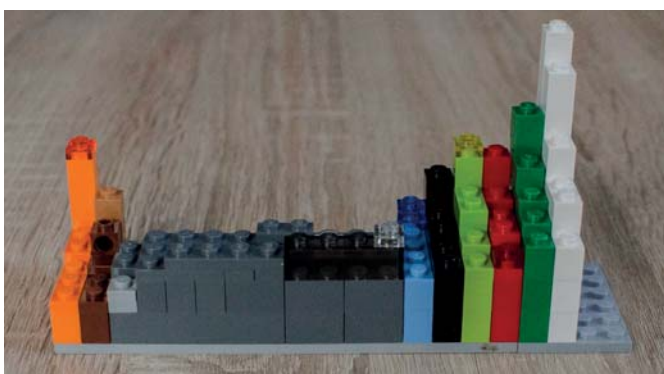
pektint, amilózt és cellulózt), különbséget téve az α - és β -D-glükóz szerkezete között [10].

Az elektronok beépülési sorrendje és a periódusos rendszer

Tapasztalataim szerint a hazai szakmai fórumokon nem az volt a leghangsúlyosabb oktatási kérdés, hogyan tanulják meg a diákok felírni az ionos vegyületek képletét, de arról már hallottam diszkussziót, hány éves kortól lehet, illetve kellene elmagyarázni számukra az atomok elektronszerkezetét, és milyen oktatási segédanyagokkal. Az elektronok beépülési sorrendjének logikája, és ehhez kapcsolódóan az elemek periodikus tulajdonságai a periódusos rendszerben egyértelműen az építőkockák használata felé terelhetnek bennünket.

A periódusos rendszert illetően gyakran csak addig jutnak el a LEGO®-felhasználók, hogy a táblán építőkockákkal rakják ki a vegyjeleket [11], de ez még nem tekinthető nagy előrelépésnek.

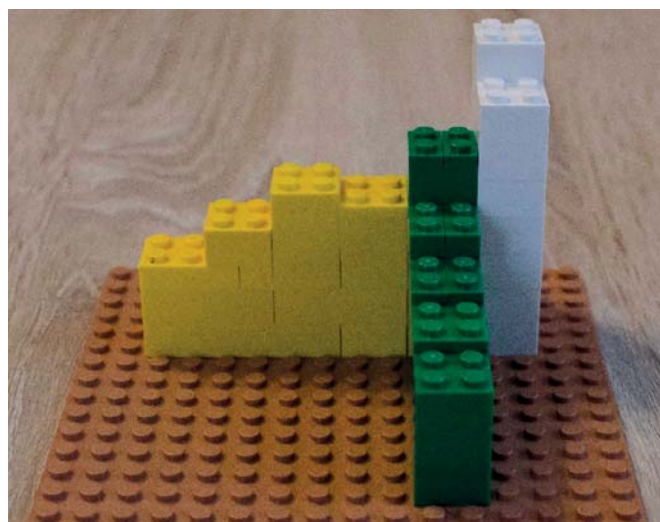
Az elemek periodikusan változó tulajdonságainak ábrázolása viszont hiánypótlónak nevezhető [12]. *Melaku és munkatársai* az atom-, illetve ionsugarak, az első ionizációs energia és az elektronegativitás változásait ábrázolták három dimenzióban oly módon, hogy az xy-alapsíkra vetítik a periódusos rendszert, és a z-tengelyen jelölik az adott tulajdonság mértékét, mindezt oszlop-diagram-szerűen, LEGO®-elemekkel kirakva (4. ábra).



4. ábra. Az első ionizációs energia változása a periódusos rendszerben [12]

Az atomok és a kationok, illetve az anionok sugarát egy-egy közös diagramon ábrázolták lépcsőzetesen, de ez véleményem szerint túl sok információ egy demonstrációban. A másik nehézség, hogy ha a kis különbségeket is szándékunkban áll érzékelteni, összességében túl magas oszlopokat lehet építeni. Emiatt sokszor a z-tengelyen való ábrázolás nem a nullától indul, hanem közel a legkisebb képviselt értékhez. Emellett gyakran ragasztó használatára is szükség lehet. A szerzők találmányosságáról beszél, hogy a jobb megértés és ábrázolhatóság érdekében vagy csak bizonyos főcsoportokat, vagy egy fél periódust és egy rá merőleges főcsoportot ábrázolnak (5. ábra), így bemutatva mindkét irányban a változást.

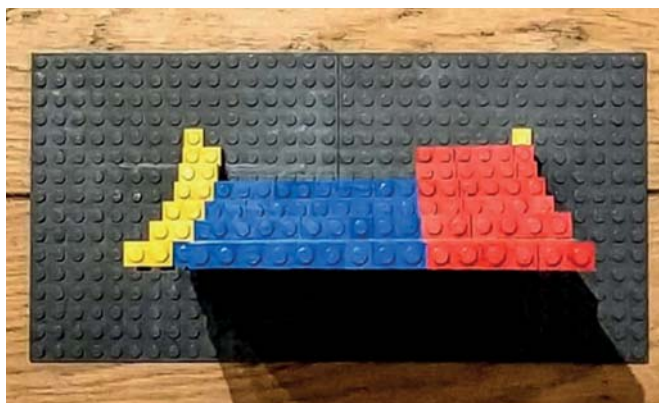
Ezek az ábrázolások gyengeségeik ellenére alkalmasnak bizonyultak arra, hogy vak vagy gyengén látó diákokkal is megismertessék a témát. Mivel számukra a színek kevésbé érzékelhetőek, a színes építőkockákat véletlenszerű sorrendben építették be a diagramokba. Látó hallgatók is kipróbálták a segédeszközöket bekötött szemmel is, és annyira felkeltették a figyelmüket, hogy további módosításokat javasoljanak [12]. Az ő esetükben a színekkel további információkat lehet beépíteni a rendszerbe.



5. ábra. Az első ionizációs energia változása a periódusos rendszerben, kiemelve a hidrogént, a második periódust és a VII.A főcsoportot [12]

A *Wisconsini Egyetemen* megpróbálkoztak azzal, hogy az általuk felépített periódusos rendszerre pillantva valamit megtudjunk az atomok külső elektronjairól is [13]. Ebben a táblázatban minden kémiai elem egy 2×4-es építőkockát kapott, melynek felületén újabb kockák felhelyezésével lehetett jelölni a külső elektronok számát. Sajnos itt a párosítatlan elektronok elkülönítése nehézkes volt. Az építők a főcsoportbeli fémek, félfémek és nemfémek, illetve az átmenetifémek jelölésére különböző színeket választottak, míg az elektronok színe mindenütt megegyezett.

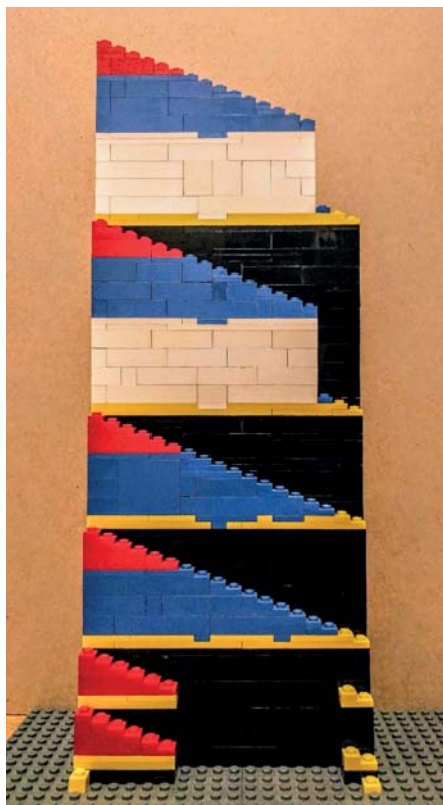
A legtalálékonyabb megoldás egy versenyfelhívásra készült a periódusos rendszer összeállításának 150 éves évfordulójára [14]. Felülnézetből igen egyszerű képet kapunk a periódusos rendszer mezőiről, különböző színekkel jelölve (6. ábra).



6. ábra. A periódusos rendszer Bartók–Pártay-féle modellje felülnézetből [14]

Oldalnézetből viszont egy monumentális építmény tárul elénk, ahol minden elemnél megállapíthatjuk az összes elektronszámot a hozzá tartozó oszlop magasságából, és vizuálisan elkülöníthetjük a lezárt héjak elektronjait (fekete építőkockák) a külső héjon található elektronoktól (7. ábra). A színkód segít megkülönböztetni az s-, p-, d- és f-elektronokat is egymástól. A kontrasztos színek miatt igazán szembeötlő az elektronok beépülésében tapasztalható néhány „szokatlan” lépés is.

A LEGO®-készletek változásával a lehetőségeink is bővülnek. A 2020-as években bevezetett LEGO® DOTS kicsi, színes és lapos dí-



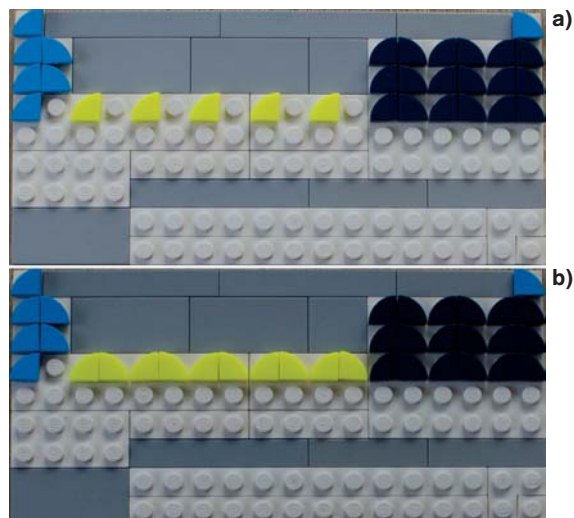
7. ábra.
A periódusos
rendszer Bartók-
Pártay-féle
modellje
oldalnézetből [14]

szítőelemekkel van tele. Az online keresőkben már találhatunk ebből készített periódusos rendszereket is, de itt sem látnak tovább a vegyjelek betűinek kirakásán, ami ráadásul még kevésbé olvasható.

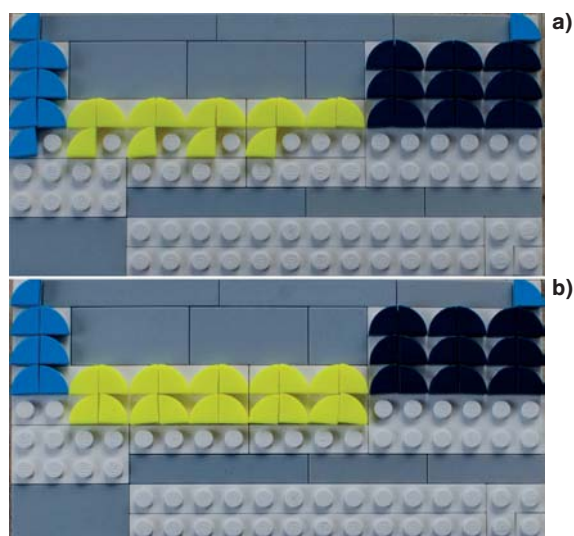
A különböző színes elemekkel viszont – a szerző ötlete alapján – megvalósítható a periódusos rendszer lépésről lépésre történő felépítése, az elektronok beépülési sorrendjében. A megfelelő alaplap könnyen kialakítható a periódusos rendszer üres rubrikáinak lefedésével (sima, semleges színű építőelemekkel), és legalább egy 18×8 egység nagyságú téglalapra van szükségünk. Az elektronokat negyedkör alakú elemekkel szimbolizálhatjuk. Ennek előnye, hogy derékszögű csúcsát többféle irányban lerakhatjuk: a bal alsó vagy a jobb alsó sarkot kiválasztva megkülönböztethetjük az ellentétes spinű elektronokat, egymás mellé rakva őket pedig félkört alkotnak, így az elektrópár jól vizualizálható. A különböző alhéjakra beépülő elektronok színe különböző is lehet. A különleges elektronszerkezettel bíró atomok ezzel a módszerrel is jól kiemelhetők (8–9. ábra).

Az ehhez hasonló építőjátékoknál megszokott, hogy építési útmutatót is mellékelnek hozzájuk. Ezeknél az oktatási segédanyagoknál ez elengedhetetlen, és nagy lehetőség is akár az önálló tanuláshoz, gyakorláshoz, akár azért, mert más információkat is tartalmazhat például arról az elemről, melynek az utolsó elektronja éppen bekerül az adott alhéjra.

Tehát a LEGO®-készletek használatának már ismert előnyeit kiegészíthetjük azzal, hogy online oktatás esetén is alkalmazható, „kézbe adható” modell készíthető, amely akár beadandó készítésére, akár számonkérésre is alkalmas. A módszer hatékonysága az ionos vegyületek képletének felírásánál bizonyítást nyert, és a többi témakörben is vizsgálható. Számos esetben vak vagy gyengén látó hallgatók számára is tapinthatóvá teheti az információt, ami látó hallgatók számára is érdekes tapasztalat lehet. Az építési útmutatók alkalmazásával a diák nem kész modellt kap, inkább neki kell felépítenie a modellt, ami előzetes tudást feltételez. Ha ezzel még nem rendelkezik, az útmutató a segítségére lehet,



8. ábra. Az elektronok beépülési sorrendje a periódusos rendszerben ábrázolva: a) króm: $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$; b) réz: $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$



9. ábra. Az elektronok beépülési sorrendje a periódusos rendszerben ábrázolva: a) nióbium: $[\text{Kr}] 4d^4 5s^1$; b) palládium: $[\text{Kr}] 4d^{10}$

melyből más információkhoz (tananyaghoz) is hozzájuthat, és a tanulást összekapcsolhatja az építés élményével.

IRODALOM

- [1] M. J. Greyer, J. Chem. Educ. (2017) 94(2), 202.
- [2] Exploring the Nanoworld with LEGO® Bricks: <https://chem.beloit.edu/edetc/LEGO/PDFfiles/nanobook.PDF> (2023.12.27.)
- [3] LEGO® Chrystals: <https://chem.beloit.edu/edetc/LEGO/crystal.html> (2023.12.27.)
- [4] N. J. Tro, Introductory Chemistry (4th Edition), Prentice Hall, Upper Saddle River (NJ), 2011.
- [5] K. W. Ruddick, Improving Chemical Education from High School to College Using a More Hands-on Approach (dissertation), ProQuest LCC, Ann Arbor (MI), 2012.
- [6] R. Hudson, D. Leaman, K. E. Kawamura, K. N. Esdale, S. Glaisher, A. Bishop, J. L. Katz, J. Chem. Educ. (2016) 93(4), 691.
- [7] H. J. Lin, J. Lehoang, I. Kwan, A. Baghaee, P. Prasad, S. J. Ha-Chen, T. Moss, J. D. Woods, Biochem. Mol. Biol. (2018) 46(1), 54.
- [8] S. Enthaler, J. Chem. Educ. (2017) 94(11), 1746.
- [9] D. J. Campbell, J. D. Miller, S. J. Bannon, L. M. Obermaier, J. Chem. Educ. (2011) 88(5), 602.
- [10] R. Horikoshi, The Chemical Educator (2017) 22, 191.
- [11] T. S. Kuntzleman, K. N. Rohrer, B. W. Baldwin, J. Kingsley, C. L. Schaerer, D. K. Sayers, V. B. West, J. Chem. Educ. (2013) 90(10), 1346.
- [12] S. Melaku, J. O. Schreck, K. Griffin, R. B. Dabke, J. Chem. Educ. (2016) 93(6), 1049.
- [13] LEGO® Periodic Table: <https://chem.beloit.edu/edetc/LEGO/LEGO%20PT%20final.html> (2023.12.27.)
- [14] Periodic table from Lego: <https://liviabpartay.wordpress.com/2019/10/04/periodic-table-from-lego/> (2023.12.27.)



Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott aktuális két publikáció közül az elsőben a szerzők a zabösszetevők technológiai viselkedésre gyakorolt hatását vizsgálták. A második közleményben pedig a szerzők egy újfajta, kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkező fluoreszcens cinkszenzor-családot mutatnak be.

Perczel András

az MTA rendes tagja, osztályelnök

A makromolekulák funkcionalitásának vizsgálata a zabőrlemény reológiai és sütési tulajdonságaiban

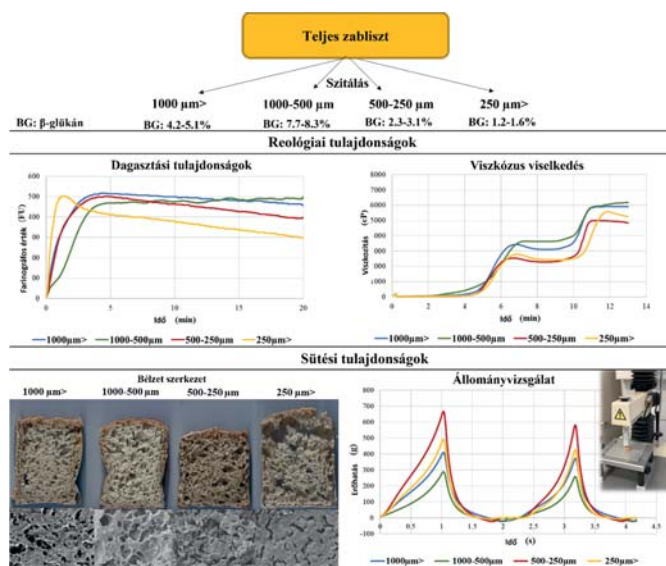
Food Hydrocolloids, 2024

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X23007877?via%3Dihub>

Renáta Németh, Alexandra Farkas, Edit Martin, Annamária Gaál, Eszter Schall, Róza Szilágyi, Sándor Tömösközi

Research Group of Cereal Science and Food Quality, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

A kutatás vizsgálja a zab összetevőinek technológiai viselkedésre gyakorolt hatását, frakcionálással előállított, különböző szemcseméretű zabőrlemények bevonásával. Megállapítható, hogy a frakcionálás során növekvő rost-, fehérje- és lipidtartalom nagyobb vízfelvételt, viszkózusabb gél és stabilabb téztszerkezetet eredményez, amelyhez kedvező sütőipari tulajdonságok is társulnak. Munkánk hozzájárulhat a zab összetevőinek funkcionalitásával kapcsolatos ismereteink bővítéséhez és a több élelmi rost fogyasztását támogató új, rostban gazdag zabalapú termékek kifejlesztéséhez is.



GFP-kromoforon alapuló, biológiai mintákban alkalmazható kétfoton-fluoreszcens cink-kemoszenzorok – a tervezéstől az alkalmazásig

Sensors and Actuators B. Chemical, 2024

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400523014685>

Attila Csomos^{1,2}, Ervin Kovács³, Miklós Madarász⁴, Flóra Fedor^{4,5}, Anna Fülöp¹, Gergely Katona⁶, Balázs Rózsa^{4,5,6}, Zoltán Mucsi^{1,4,7}

¹Department of Chemistry, Femtonics Ltd., Budapest, Hungary

²Hevesy György PhD School of Chemistry, ELTE, Budapest, Hungary

³Institute of Materials and Environmental Chemistry, HUN-REN Research Centre for Natural Sciences, Budapest, Hungary

⁴BrainVisionCenter, Liliom utca 43, H-1094 Budapest, Hungary

⁵Laboratory of 3D Functional Network and Dendritic Imaging, HUN-REN Institute of Experimental Medicine, H-1083 Budapest, Hungary

⁶Two-Photon Measurement Technology Research Group, The Faculty of Information Technology, Pázmány Péter Catholic University, Budapest, Hungary

⁷Faculty of Materials and Chemical Sciences, University of Miskolc, Miskolc, Hungary

A cinkionok kiemelt biológiai szerepe miatt fluoreszcens mikroszkópiás kimutatásuk az analitikai kémia fontos feladata. A közlemény egy újfajta fluoreszcens cinkszenzor-családot mutat be, melynek működési elvét a zöld fluoreszcens protein (GFP) kromofórjának módosítása, ionkötés általi feltételes zárolása biztosítja. A bemutatott szenzorok kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkeznek, alkalmazásukat kétfoton-mikroszkópiában biológiai mintákon demonstráltuk.



Olvasnivalót ajánlanék. Ezúttal inkább néznivalóra invitálom az olvasót. Az SZTE egyik Innovációs díjas kutatójával, Kozma Gáborral készült rövid interjúját ajánlom a figyelmükbe (<https://www.youtube.com/watch?v=DJyAMLIct&t=11s>).

Kozma Gábor az SZTE TTIK Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszékének fiatal kutatója. Az oktatás és alap kutatás mellett az ipari kapcsolatokkal megbízott munkatárs. Az ő feladata, hogy fogadja a külső ipari partnereket, akik valamilyen fejlesztési problémával keresik meg a tanszékét. Ő az, aki átbeszéli, feldolgozza és közvetíti a témát a kollégáknak. Erről a munkáról vall a beszélgetésben, és konkrét példákon keresztül világítja meg ennek a munkának a lényegét, szépségét és vonzerejét. Gábor a tanszék „neveltje”. Itt diplomázott, majd szerezte meg doktori fokozatát Kuvkovecz Ákos egyetemi tanár vezetésével. Jó példája annak, hogy a kutatók az egyetemeken az alap kutatás mellett konkrét fejlesztési feladatokkal is foglalkoznak, a tudomány és az ipar ma sok szálon kötődik egymáshoz és sikeresen működik együtt az innováció területén. Érdemes néhány percet szánni a videóra. Jó moizást! **KT**



TÚL A KÉMIA

Korai amazóniai civilizáció



A múlt évezred végén a történészek még azt gondolták, hogy az Amazonas medencéje ellenséges környezet az emberi társadalmak számára. Az elmúlt húsz évben azonban Bolíviában és Braziliában nagy és összetett szerkezetű, másfél évezrede létezett civilizáció nyomait találták meg a régészek. A lidar nevű lézeres térképező technológia segítségével a közelmúltban újabb szenzációs felfedezéseket tettek: a mai Ecuador területén lévő Upano-völgy egymással szoros kapcsolatban álló városoknak adott otthont

mintegy 2500 évvel ezelőtt. Nagyjából 300 négyzetkilométernyi területén 5 nagy és 10 kisebb település nyomait azonosították, amelyeket fejlett úthálózat kötött össze, és mai szemmel nézve is kimondottan városiasak lehettek.

Science 383, 183. (2024)

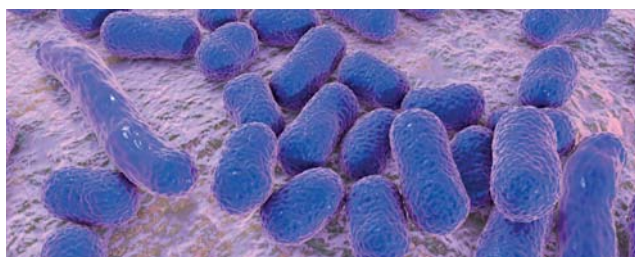
Új antibiotikumcsalád

Az *Acinetobacter baumannii* baktériumból az emberiség egyik legnagyobb ellensége lehet: könnyen alakul ki benne antibiotikummal szembeni rezisztencia, illetve hetekig életképes marad olyan körülmények között is, amelyek más mikroorganizmusoknak már végzetesek. Ezért van nagy jelentősége annak, hogy a közelmúltban két olyan új hatóanyagcsaládot is felfedeztek, amely ezt az ádáz kórokozót is legyőzheti. A Roche gyógyszercég kutatói fejlesztették ki az első szert, a zosurabapinnak elnevezett makrocikulusos peptidet, amely egy, a sejtmembrán külső felén lévő liposzacharid beépülését gátolja, s mivel a szállítófehérje fajspecifikus, ezért csak a már említett *A. baumannii* ellen hatásos. A másik, szintén korábban ismeretlen hatásmechanizmusú vegyület az abaucin nevet kapta, ez egy olyan rendszert inhibeál, amely lipidekkel módosított fehérjéket szállít a membrán belső és külső fele között.

Nat. Chem. Biol. 19, 1342. (2023)

Nature 625, 566 (2024)

Nature 625, 572 (2024)



Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt

Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.

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

CENTENÁRIUM



J. Tykociński-Tykociner and J. Kunz:
A New Photoelectric Cell Science Vol. 59,
pp. 320–321. (1924. április 4.)

Joseph Tykociński-Tykociner (1877–1969) lengyel származású mérnök volt. Eleinte a rádiós kommunikáció továbbfejlesztésén dolgozott. 1921-ben a University of Illinois Urbana-Champaign egyetemen a mérnöki tudományok első professzora lett. 1922-ben mutatta be legnagyobb hatású találmányát: a mozifilmek hangrögzítését lehetővé tevő technológiát.

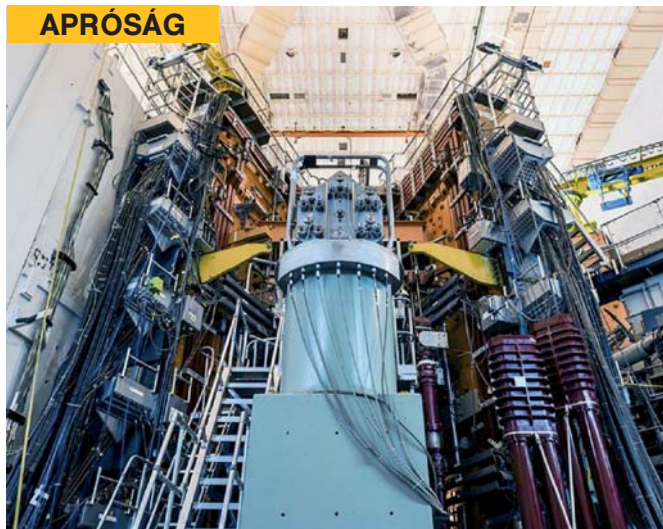


Álfosszília

Az Alpok olaszországi részén 1931-ben találtak egy mára híressé vált, nagyon érdekes fossziliát, amely egy gyíkra hasonlító élőlényt formázott. Ez annak idején a *Tridentinosaurus antiquus* nevet kapta. A padovai Természettudományi Múzeum tulajdonában lévő kődarab akkor vált igen gyanússá, amikor egy szakértő mikroszkóp alatt megsejmelte azt látta, hogy teljesen hiányzik a bőrnek megfelelő réteg rajta. A minta alapos vizsgálata azt mutatta, hogy valójában az állat lágy szövetének maradványaira hasonlító részek csupán festéket tartalmaznak, s ezt még a lelet első, 1959-es részletes leírása előtt juttathatta valaki a 280 millió éves homokkő felületére.

Palaeontol. 67, e12690. (2024)

APRÓSÁG



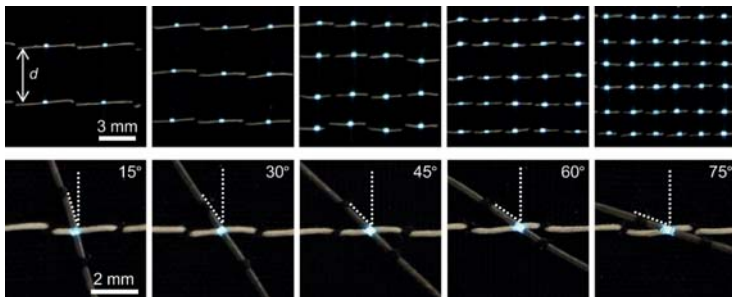
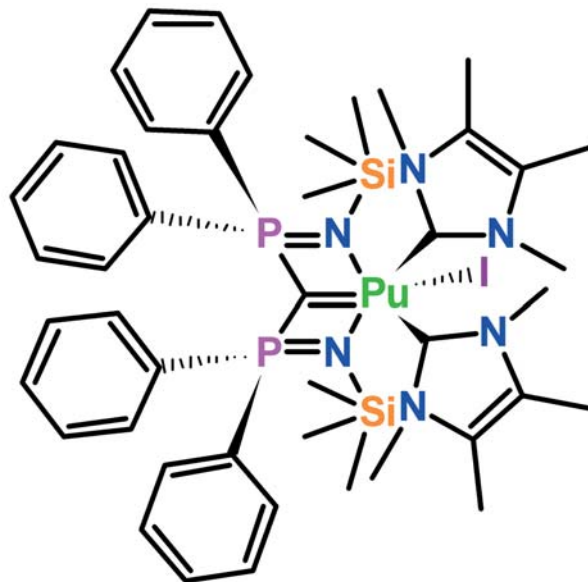
Az Angliában 40 éve működését megkezdő, Joint European Torus nevű kísérleti fúziós reaktort 17 év alatt fogják szétszerelni.



A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az ábrán látható szerkezeti képlet az elsőként szintetizált plutónium-karbén komplexet ($C_{45}H_{64}IN_6P_2PuSi_2$) mutatja, amelyet a Los Alamos National Laboratory munkatársai állítottak elő. A vegyületet spektroszkópiai módszerekkel és kristallográfiailag is jellemezték. Az eredmények azt mutatják, hogy a komplexben a fém-szén kötés kovalens jellege nagyobb, mint azt elméleti megfontolások alapján várták volna.

J. Am. Chem. Soc. 146, 4098. (2024)



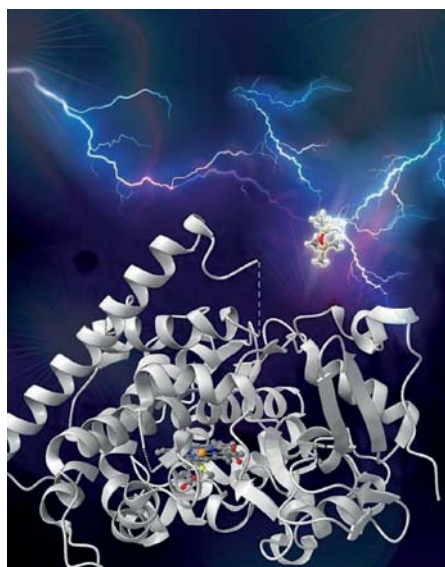
Képernyőruha

Elektrolumineszcens szövetanyag segítségével olyan, digitális képek megjelenítésére is alkalmas szövetszerű anyagot sikerült készíteni, amelyet mosógépbe vagy varrógép alá is lehet tenni károsodás nélkül. Az ötlet lényege, hogy a kereskedelmi forgalomban is kapható, elektromosan vezető szálak anyagára poliuretánt és cink-szulfidot vittek fel. A létrejövő rendszer áram hatására fényt bocsát ki, amelynek a színét a feszültséggel széles határok között lehet szabályozni. Az így elkészített viselhető kijelzőket akár szenzorokkal is össze lehet kötni, így az azok által mért jellet mindenki számára hozzáférhetővé tenni.

Sci. Adv. 10, adk4295. (2024)

Mesterséges enzim

Egy emberi beavatkozásokkal irányított evolúciós folyamat eredményeképp sikerült olyan enzimet előállítani, amely szilícium-szén kötések felhasítását katalizálja.



Az így létrehozott rendszernek a jövőben jelentős szerepe lehet illékony metilsziloxánok biomimetikus lebontásában. A fejlesztésben az a megfigyelés segített, hogy a citokróm-P450 enzim képes Si-H kötések bontani, s valamelyest Si-C kötésekkel is reakcióba léphet. A mesterséges evolúciós folyamat végére az enzim már teljes mértékben képes volt erre.

Science 383, 438. (2024)

Az áfonyaszín titka



A kék szín meglehetősen ritka a gyümölcsök világában. Egy új tanulmány szerint az áfonya, a szilva és egyes kék szőlőfajok színe a felületükön lévő, rendezetlen szerkezetű epikutikuláris (vagyis a kültakaró legfelső rétege fölött elhelyezkedő)

viasztól származik. A vizsgálatok során pásztázó elektronmikroszkóppal alkottak képet a legkülső rétegről, s ezen rendezetlen rész fényszórását azonosították a szín alapvető okaként.

Sci. Adv. 10, eadk4219 (2024)



Acél a vörösiszapból

Magyarországon sokan emlékezhetnek rá, hogy a bauxitbányászat és -feldolgozás egyik legkellemetlenebb mellékterméke a vörösiszap. Ebből négyszer annyi keletkezik, mint a hasznos végtermék könnyűfémből. Ezért a világban már mintegy négymilliárd tonna halmozódott fel belőle, így környezetvédelmi szempontból előrelépés lenne, ha bármilyen hasznos célra alkalmaznák. Egy újonnan felfedezett, elektromos ívkemencét használó eljárással a vörösiszap vastartalmának mintegy 70%-át viszonylag egyszerűen ki lehet nyerni. A módszer továbbfejlesztése a remények szerint alkalmas lesz arra, hogy az eddig használhatatlannak vélt anyagból a ritkaföldfémeket is elkülönítsék.

Nature 625, 703. (2024)

Global Women's Breakfast2024 – Catalyzing Diversity in Science

A magyar Nobel-díjak nyomában

A kémikusok világszervezete, az IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) megalakulásának 100. évfordulója alkalmával, 2019-ben indította útjára a *Global Women's Breakfast* elnevezésű nemzetközi rendezvénysorozatot azzal a céllal, hogy elősegítse a női kémikusok kapcsolati hálózatának bővítését helyi és nemzetközi szinten egyaránt.

A világ minden részén egy meghatározott februári napon tartják a rendezvényt, az idei rendezvény időpontja február 27., az idei nemzetközi mottó: *Catalyzing Diversity in Science – A tudomány sokszínűségének katalizálása* volt.

A Magyar Kémikusok Egyesülete a kezdetektől fogva csatlakozott a nemzetközi akcióhoz. Az idei magyar rendezvény nemzetközi honlapon való láthatóságának/elérhetőségének címe: <https://iupac.org/gwb/2024/catalyzing-diversity-in-science-a-magyar-nobel-dijak-nyomaban/>

A Magyar Kémikusok Egyesülete február 27-én a konferenciatermében közel 20 fő személyes jelenlétében, illetve a Facebook-felületen közel 300 érdeklődő online bekapcsolódása mellett tartotta meg a „Magyar Nobel díjak nyomában” alcímű, MKE-GWB2024 rendezvényt.

A tudományos elismerés szempontjából a tavalyi különleges év tükrében két sikeres fiatal kutató előadását hallgattuk meg, akik személyes találkozás révén is megismerhették Karikó Katalin végtelenül kedves kutatói egyéniségét.

Az egyik előadó, **Dr. Wilhelm Imola**, a Neurovaszkuláris Egység Kutatócsoport, HUN-REN Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biofizikai Intézet kutatója, az FKA elnöke *Áttörések a Fiatal Kutatók Akadémiáján (FKA) szemszögéből* címmel tartott előadást, amelyben a saját kutatási területének rövid bemutatása mellett a Karikó Katalinnal való személyes találkozás élményéről is beszámolt. A másik előadást **Dr. Horváti Kata**, az MTA–HUN-REN TTK Lendület Peptidalapú Vakcinák Kutatócsoport, Természettudományi Kutatóközpont, Anyag és Környezetkémiai Intézetének kutatója tartotta *Szintetikus vakcinák: egy sokszínű kutatási terület érdekességei és kihívásai* címmel.

Köszönjük az előadóknak a rendkívül színvonalas előadásokat, a résztvevőknek a közreműködést a jó hangulatú, tartalmas beszélgetésben.

Reméljük, hogy jövőre, 2025 februárjában ismét találkozhatunk!

Simonné Dr. Sarkadi Livia
az MKE tiszteletbeli örökös elnöke

A résztvevők az MKE konferenciatermében



WILEY-VCH

Chemistry
Europe

Make an Impact
with Your Chemistry
Research through
Chemistry Europe Journals

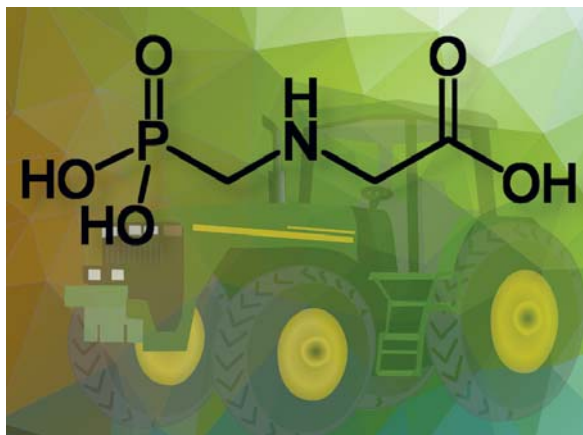
Chemistry Europe provides an openly accessible platform for exceptional chemistry that inspires and innovates.

Take advantage
and submit your paper now.

www.chemistry-europe.org

A glifozát-megújítás jóváhagyása

Az Európai Unió tagállamainak nem sikerült megszerezniük a szükséges többséget, amely a glifozát további alkalmazásának engedélyezéséhez vagy elutasításához lett volna szükséges a Fellebbezési Bizottság szavazásán. A glifozát a legáltalánosabban használt aktív komponens, amely megakadályozza nemkívánatos növények (gyomok) szaporodását a mezőgazdasági termények körül vagy elpusztítja azokat, vagy azok részeit, azaz gyomirtó tulajdonságú. Gyanú merült fel a vegyület potenciális környezeti és egészségkárosító hatásával kapcsolatban.



Az EU-törvénykezés szerint a jelenleg érvényes szabályozás határidejének lejárt, 2023. december 13. előtt a Bizottságnak meg kellett hoznia új döntését. Alapos biztonsági elemzés alapján az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) és az Európai Kémiai Ügynökség (ECHA) valamint az EU tagállamai, a **Bizottság most újabb tíz évre megújítja a glifozát alkalmazásának engedélyét**. Az engedély korlátozásokkal lép életbe, ilyen például az aratás előtti használat tilalma és a nem célnövényekkel szembeni védelmet jelentő intézkedések foganatosítása.

A tagállamok felelősséget vállalnak, hogy meghatározzák a glifozát-tartalmú növényvédő szerek (PPP-k) azon körét országoként és régióként, melyekre rugalmasan korlátozásokat írhatnak elő kockázatelemzések alapján és különösen a biodiverzitás védelme érdekében.

A tudományos értékelés széles körű információkon alapult, beleértve a kötelező EU-s szabványosítási vizsgálatokat és nagy mennyiségű publikált tudományos közleményt. Mintegy 16 000 munka áttanulmányozása után az előterjesztők 2000 körül tartottak relevánsnak, és átfogó elemzés alapján a kört tovább szűkítették 780-ra. További 300 munkát ajánlottak az elemzők figyelmébe a közmeghallgatásokon.

2022-ben az Európai Kémiai Ügynökség (ECHA) a glifozátot kockázatelemzési vizsgálatnak vetette alá abból a szempontból, hogy rákkeltő, mutagén, reprodukciós szempontból a toxikus anyagok kritériumait kielégítő anyagnak tekinthető-e a jelenleg érvényes osztályozás szempontjából, de súlyos szemsérüléseket okoz és hosszan tartó behatás esetén a vízi élőlények számára toxikus hatású. Az EFSA véleménye és a kísérő dokumentáció megtalálható a honlapjukon. (<https://www.chemistryviews.org/renewal-of-glyphosate-approval/>)

KT

További információ:

Az EU-tagállamok nem értek el minősített többséget, hogy a glifozát alkalmazását engedélyezzék vagy elutasítsák: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_23_5792

Az EU 3/5792 határozata, Brüsszel, Belgium, 2023. november 16. A glifozát aktív hatóanyagú gyomirtószer-kockázatelemzésének összegző jelentése. Készült a European Food Safety Authority (EFSA) minden tagállamának képviselője részvételével; a magyar résztvevő: Szentés Csaba, *JEFS*A 2023, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8164>

Téltemető tolnai kémiaversenyek

A bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium 2024. február 9-én – a korábbi évek hasonló rendezvényeinek gyakorlatát jelentősen megújítva – KEMBIÓZIS címmel egynapos, komplex kémia-biológia versenyt szervezett a régió általános iskolásainak (7–8. osztályos diákok számára) Csiki Nikolett szaktanár vezetésével. Az eseményen 29 kétfős csapat vett részt bonyhádi, dombovári, dunaföldvári, kalocsai, mecseknádasdi, paksi, pécsi és szekszárdi oktatási intézményekből. A reggeli írásbeli forduló után a legjobb nyolc csapat részvételével követte az izgalmas, vetélkedő formájában megrendezett döntő.



A szekszárdi I. Béla Gimnáziumban 2024. márciusának első két napján rendezett X. Müller Ferenc Nemzetközi Kémiaversenynek a korábbi években Bonyhád adott otthont. Az idén először nemcsak általános iskolások, hanem gimnazisták számára is meghirdetett vetélkedőn írásbeli forduló, kvízzjáték és kísérleti bemutató is szerepelt a programban. A két kategóriában összesen 45 csapat jelentkezett a Kárpát-medence magyar nyelvű iskoláiból a dél-dunántúli régió kivételével Sepsiszentgyörgyről, Csíkdánfalváról, Marosvásárhelyről, Dunaszerdahelyről, Zentáról, Budapestről, Debrecenből, Győrből és Székesfehérvárról. A verseny névadója Müller Ferenc, a tellúr nevű elem felfedezője. A verseny fő gondo-zója a Müller Ferenc Tudományos Társaság, főszervezője pedig Nagy István kémiatanár.

LG

HÍREK AZ IPARBÓL

Lemondott elnöki tisztségéről Bogsch Erik a Richter igazgatóságában

Bogsch Erik 2024. március 1-jei hatállyal lemondott a Richter Gedeon Nyrt. Igazgatóságában betöltött elnöki tisztségéről, igazgatósági tagsága megtartása mellett. Az Igazgatóság a döntést 2024. február 26-i ülésén elfogadta. A Társaság érdekében végzett munkája és elvülhetetlen érdemei elismerésül az igazgatóság a „Richter Gedeon Nyrt. Örökös Tiszteletbeli Elnöke” címet



adományozta Bogsch Eriknek. Az Igazgatóság elnöki tisztségét március 1-jétől Vizi E. Szilveszter tölti be, alelnöke Hardy Ilona lesz.



Bogsch Erik 1970. augusztus 3-án, frissen végzett okleveles vegyészmérnökként csatlakozott a Richterhez, Technológiai és Műszaki Fejlesztési Osztály kutató-fejlesztő mérnökeként. 1977-től az állami gyógyszer-külkereskedelmi vállalat, a Medimpex mexikói irodáját vezette. 1983-ban fejlesztési főmérnök-helyettesként tért vissza a cég kötelékébe, ahonnan 1988-ban ismét külföldre szólította

a kötelezettség: ezúttal Londonba, ahonnan a Medimpex brit tevékenységét irányította.

1992-ben az Állami Vagyonügynökség felkérésére tért vissza Budapestre, hogy a szovjet gazdaság összeomlása és a KGST-piacok szétesése miatt veszteségessé vált, óriási adósságokkal küszködő Richtert talpra állítsa. A Bogsch Erik vezetésével megalkult új menedzsment sikeres átszervezési erőfeszítéseinek és új stratégiájának köszönhetően a cég már az 1993-as évet nyereséggel tudta zárni.

Vezérigazgatói tevékenységét egyebek mellett olyan kiemelkedő eredmények fémjelzik, mint a Richter 1994-es sikeres tőzsdei bevezetése, amelynek köszönhetően a Társaság a régió egyetlen független gyógyszeripari cége maradhatott; a folyamatos nemzetközi terjeszkedés, melynek eredményeként a cég készítményei több mint 100 országban érhetők el világszerte; a nőgyógyászati termékvalaszték folyamatos bővítése, amely révén a Richter mára globális szinten is vezetőnek számít a nőgyógyászat területén; vagy a vállalat saját fejlesztésű eredeti készítményének, a cariprazine-nak a törzskönyvezése az USA és az európai piacon.

Bogsch Erik 2017 novemberéig volt a Richter Gedeon Nyrt. vezérigazgatója, majd ezt követően 2022 novemberéig a Társaság operatív elnöke. A Richter Igazgatóságában 2017 óta látta el az elnöki feladatokat. A Richter árbevétele a vezérigazgatói kinevezése óta eltelt három évtized alatt több mint 60-szorosára, a tőzsdei árfolyama pedig a tőzsdei bevezetése óta több mint 70-szeresére nőtt.

Bogsch Erik életútját, szakmai munkáját számos díjjal ismerték el. 1997-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend Kiskeresztjével, 2001-ben Széchenyi-díjjal, 2002-ben Heller Farkas-díjjal, 2004-ben Tőzsde embere díjjal, 2007-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztjével, 2016-ban a Figyelő Év Embere díjjal, 2017-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend Nagykeresztjével.

A Társaság iránti elkötelezettsége és annak eredményeihez való kimagasló hozzájárulása elismeréseként Pillich Lajost és Gelsey Vilmost követően az Igazgatóság Bogsch Eriknek is a „Richter Gedeon Nyrt. Örökös Tiszteletbeli Elnöke” címet adományozta. Emellett arról is döntés született, hogy 2024 során „Bogsch Erik Gyógyszerkutató Alapítvány” néven új alapítványt hoz létre és azonos névvel díjat alapít.

Az elnöki teendőket március 1-je után ellátó Vizi E. Szilveszter 2008 óta tagja a Richter Igazgatóságának. Diplomáját a Semmelweis Orvostudományi Egyetemen szerezte. 1989 és 2002 között az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet igazgatója. 2002-től 2008-ig a Magyar Tudományos Akadémia elnöke. Jelenleg az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet kutatóprofesszora. Úttörő jellegű munkásságát számos alkalommal díjazták világszerte. Hazai elismerései közül kiemelkedik a Széchenyi-díj (1993), a 2003-ban első alkalommal kiosztott Prima Primissima

díj, a 2012-ben odaítélt Corvin-lánc és a Széchenyi-nagydíj, amelyet a központi és perifériás idegrendszer ingerületátvitelére, a kémiai ingerületátvitel farmakológiájára terén elért, világszerte elismert kutatási eredményeiért, iskolateremtő tudományos tevékenységéért, széles körű tudományszervezői és tudománydiplomáciai munkásságáért, példaértékű életpályája elismeréseként vehetett át. Elévülhetetlen érdemei vannak a vinpocetin és a cariprazine molekulák mögött folyó tudományos munkában is. Az alelnöki feladatokat ellátó, jogász végzettségű Hardy Ilona 2017 óta tagja az igazgatóságnak. Karrierjét az Állami Fejlesztési Banknál kezdte, majd a Budapesti Értéktőzsdénél, illetve jogelődjénél töltött be vezető tisztséget, ezt követően az Állami Vagyonügynökség, ill. az ÁPV Rt. igazgatóságában volt tag. Később ügyvédi praxist is folytatott, amely mellett számos kiemelt tisztséget viselt. Jelenleg az Aranykor Önkéntes Nyugdíjpénztár Igazgatótanácsának elnöke, a BÉT Tőzsdei Tanácsadó Testületének tagja, a BOM Felügyelő Bizottságának elnöke, a Magyar Atlanti Tanács alelnöke.

NG

• • • • •

Sajtóhírek a TEVA hatóanyaggyártó részlegének eladásáról

2024. február 23-án a magyar napisajtóban hírek jelentek meg arról, hogy a Teva gyógyszeripari cég világszerte megváltik hatóanyagüzletágától (<https://telex.hu/belfold/2024/02/23/megvalik-hatoanyaggyarto-reszlegetol-a-teva-a-ceg-ketezer-embert-foglalkoztat-debrecenben>). A sajtó számára az információt a vállalat hivatalosan is megerősítette. A döntés érintheti a TEVA debreceni és sárbabonyi üzemét is. Szerkesztőségünk megkereste a TEVA magyarországi képviselőjét, de a kapott válasz szerint a TAPI eladási szándékáról szóló bejelentés kapcsán nem szeretnének nyilatkozni a Magyar Kémikusok Lapjának.

LG

• • • • •

Vegyipari mozaik

Szagmentes újrahaznosított műanyagokat fejleszt a MOL.

A jó minőségű, újrahaznosított műanyagokra számos iparágból érkezik igény, ez alól nem képez kivételt az autóipar sem. A MOL a piaci kívánalmakat kielégítő új, kedvező szagtulajdonságokkal rendelkező natúr, kompaund és újrahaznosított műanyagok alapuló, elsősorban az autóiparban hasznosítható termékek receptúráinak kifejlesztésébe kezdett. A projekt a GINOP PLUSZ program keretében 91,14 millió forint európai uniós vissza nem térítendő támogatásban részesült.

Mindenki számára ismerős a műanyag termékek jellegzetes szaga, amit a termék gyártása során képződő melléktermékek, bomlástermékek kibocsátása okoz. Minél magasabb a környezeti hőmérséklet, a hatás annál nagyobb mértékű. A gépjárművek utasterében nyári melegben a hőmérséklet 60–70 °C-ra is emelkedhet, így nem véletlen, hogy az autóiparban a műanyagok illóanyag-tartalma és a termékek szagtulajdonságai nagyon érzékeny paraméterek, amelyek szigorúan szabályozottak.

A MOL a Tiszaújvárosban megvalósuló fejlesztés során





vizsgálja többek közt a natúr műanyag gyártási technológiák, technológiai paraméterek módosítását, a felhasznált komponensek, adalékanyagok összetételének finomhangolását, illetve a gyártást követő, illóanyag csökkentésére alkalmas technológiák hatását.

Az összefüggések birtokában a cél új, alacsony emissziójú és szagcsökkentett natúr, kompaundált, valamint visszadolgozott hulladékot tartalmazó műanyagtermékek kifejlesztése.

A kutatás-fejlesztési projekt jól illeszkedik a MOL stratégiai céljaihoz, mivel egyik célja az újrahasznosított műanyagtermékek illóanyag-kibocsátásának csökkentése és szagtulajdonságainak javítása, így előmozdítva a körforgásos gazdaság megvalósulását.

Amennyiben a termékek fejlesztése sikeres lesz, akkor a MOL európai szinten is jelentős piaci előnyre tehet szert, az ágazatvezető vállalatok termékeivel sikeresen felveheti a versenyt.

A projekt a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21 – Vállalati kutatási, fejlesztési és innovációs tevékenységek ösztönzése program keretében 91,14 millió forint vissza nem térítendő támogatást kap. (<https://molgroupchemicals.com/hu/hirek/fejleszteseink/autoipari-felhasznalas-natur-muanyagok-kompaundok-es-ujrahasznosított-muanyagot-tartalmazó-termékek-fejlesztése>)



Saját villamos energiát termel a Magyar Suzuki. Helyben előállított villamos energia segíti a Magyar Suzuki energiaellátását: néhány hete hivatalosan is átadták az esztergomi autógyár napelemparkját. A teljes beruházás csaknem két évig tartott és 2 millió euróba került. A vállalat így éves szinten csaknem 270 millió forintot spórol meg és több mint 1700 tonnával csökkenti a közvetett CO₂-kibocsátását. A saját napelempark fontos része annak a fenntarthatósági törekvésnek, hogy a Suzuki Csoport összes terméke és üzeme karbonsemlegesen működjön 2050-re.



A Magyar Suzuki 2021-ben döntötte el, hogy villamosenergia-felhasználásának egy részét megújuló energiaforrásból szeretné előállítani. A gyár adottságait, a műszaki követelményeket és a pénzügyi szempontokat figyelembe véve választották ki azt az

erőműméretet és kapacitást, amely a Magyar Suzuki számára a legoptimálisabb. A teljes tervezési-engedélyeztetési és jóváhagyási folyamat 2022 májusa és 2024. február közepe között zajlott le. 2024. február vége óta pedig a Magyar Suzuki saját villamos energiát is termel.

A telepített erőmű beépített maximális teljesítménye 3223 kWp, amelyből 2397,5 kWp a kihasználható teljesítmény. A megtermelhető 3,2 millió kWh éves energiamennyiségből 3,1 millió kWh a felhasználható energia mennyisége. Az esztergomi gyár évente 45 millió kWh energiát használ fel, így a naperőmű az energiaszükséglet 6-7 százalékát fedezi, ami nagyjából 272 millió forint megtakarítást jelent évente. Mindemellett több mint 1700 tonnával csökken a vállalat közvetett CO₂-kibocsátása. A Magyar Suzuki további napelemes bővítést tervez, amely idővel az energiaszükséglet mintegy 30-50 százalékát fedezné. A Suzuki Csoport globális elvárása, hogy 2050-ig minden terméke és üzeme elérje a karbonsemleges működést.

A napelempark mellett 2022 óta saját hőszivattyúk is segítik a termelés egyes részeinek hűtését és fűtését. A festőüzemben há-

rom, a lökhárítóüzemben és az üzemeltetési részlegen pedig egy-egy ilyen berendezést használnak. A technológiai hőveszteség, a hulladékhő felhasználásával a termelési területeknél szükséges hűtéséhez és fűtéséhez járulnak hozzá, emellett a teljes gyár szociális meleg vizét is ezzel állítják elő.

(<https://www.tisztajovo.hu/meguulo-energiaforrasok/2024/02/28/sajat-villamosenergiat-termel-a-magyar-suzuki>)



Olcsón válhatnak hatékonyabbá a napelemek. A malajziai Multimédia Egyetem kutatói azt vizsgálták, hogy gazdaságilag mennyire megvalósítható a fényvisszaverők használata a fotovoltaiikus (PV) rendszerek teljesítményének növelése érdekében – számol be a PV Magazine. A tükröket a múltban széles körben alkalmazták a napelemodulok energiatermelésének növelésére, és bebizonyosodott, hogy az évszaktól, a telepítés helyétől és a reflektor típusától függően 20–30 százalékkal fokozhatják a teljesítményt. A valós projektekben való használatok azonban még mindig korlátozott a költségek és az erre szakosodott iparág hiánya miatt. A kutatók célja nem csupán a meglévő PV-tükörtechnológiák áttekintése volt, hanem a reflektorokat használó panelek rendszertervezésének kidolgozása is. A szakértők a rendszer prototípusát egy malajziai szennyvíztisztító telepen helyezték üzembe. A rendszer négy, egyenként 525 watt teljesítményű, 20,3 százalékos hatásfokú és -0,35 %/°C hőmérsékleti együtthatójú napelemodulra támaszkodott. A tükrök mérete 2,2-szer 1 méter volt.



A tömbön 2022 februárja és áprilisa között egy sor tesztet végeztek. Teljesítményét egy reflektor nélküli referenciarendszer adataival hasonlították össze, az elemzés során figyelembe vették a környezeti hőmérsékletet, a napsugárzást, a szélesebséget, a kimenő energiát és a hatékonyságot.

A csoport szerint a tesztek azt mutatták, hogy a tükrrel ellátott rendszer a 14,57 százalékos teljesítmény-növekedésnek köszönhetően képes volt felülmúlni a tükrök nélküli társait. Megállapították továbbá, hogy a reflektorral felszerelt rendszer 25,5 százalékos maximális hatásfokot tudott elérni, míg a referenciarendszer csak 22,7 százalékos hatásfokra volt képes. „Annak ellenére, hogy februárban nagyobb a szélesebség, ami csökkentheti a PV hőmérsékletét és növelheti a teljesítményt, a februárban telepített, reflektor nélküli PV rosszabb teljesítményt mutat, mint az áprilisban telepített, reflektorral ellátott PV” – állapították meg a szakértők.

Gazdasági értékelésüket a költséghatékonysági tényező (FCE) alapján végezték. Ezt a paramétert figyelembe kell venni, amikor a PV-rendszerekben teljesítményjavítókat, így tükröt vagy hűtési rendszert terveznek. Az FCE meghatározza, hogy a javasolt eszköz a költségéhez képest elegendő teljesítményt ad-e hozzá a napelemhez, vagy jobb, ha további PV-t szereznek be. A csapat



becslése alapján a fényvisszaverők FCE-értéke a PV-alkalmazásokban 0,955. „Ez azt mutatja, hogy ha a reflektor költségét PV-teljesítményre számoljuk át, majd ezt a teljesítményt hozzáadjuk a PV-rendszer kimenetéhez, akkor az kisebb lesz, mint a reflektorral ellátott PV kimeneti teljesítménye” – magyarázzák a kutatók. Arra a következtetésre jutottak, hogy a javasolt rendszer gazdaságilag megvalósítható Malajzia éghajlati viszonyai között, ám úgy vélik, kiterjedt vizsgálatokat kell végezni a teljesítmény javítása érdekében. (<https://www.tisztajovo.hu/kornyezetvedelem/2024/03/07/olcson-valhatnak-hatekonyabba-a-napelemek>)



A Richter rekordmagas gyógyszergyártási árbevételről és tisztított EBIT-ről számolt be. A Richter Gedeon Nyrt. („Richter”) ismertette a negyedik negyedévi és a teljes 2023. évi pénzügyi eredményeit. A **teljes árbevétel** (beleértve az első 5 hónapos romániai nagy- és kiskereskedelmi árbevételt is) 805 milliárd forint (2,11 milliárd euró) volt.



2023-ban közel 22%-kal nőtt éves szinten, jelentősen meghaladva az eredeti előrejelzést. A különbség számottevő (közel 8 százalékpont) negatív árfolyamhatást jelez, melyet a rubel gyengesége (2023-ban átlagosan 26%-kal értékelődött le) és (a legtöbb valutával szemben) erősebb forint okozott.

Mind a négy üzletág két számjegyű volumen/mixnövekedéssel járult hozzá a 2023-as kiemelkedő növekedéshez, amelyhez nélkülözhetetlen volt a termelési, értékesítési és K+F területek támogatása.

A **CNS (neuropszichiátria) üzletág** 2023-ban is kiemelkedő teljesítményt nyújtott, az Abbvie Vraylar 35%-os növekedést mutató 2023-as értékesítésének köszönhetően. A Richter saját cripazine-értékesítési teljesítménye is erőteljes volt, mivel saját hálózata ~40%-kal növelte a bevételeket, miközben más partnerek is dinamikusabban növelték a Reagila®-eladásokat.

A **Nőgyógyászati üzletág** ismét jelentős, több mint 20%-os volumennövekedést ért el 2023-ban. Az új termékek (mint a Drovelis® és a Ryeqo®) továbbra is különösen jól teljesítenek.

A **General Medicines üzletág** egész évben megbízhatóan működtette az értékláncot, és a sikeres termékbevezetések magasabb (árfolyamhatástól szűrt) bevételeket biztosítottak

Mind a Terrosa® értékesítési volumenek, mind a CDMO-tevékenységek új csúcsra értek 2023-ban, ami növelte a **Biotechnológia üzletág** bevételeit

A növekvő üzleti aktivitás támogatása érdekében a termelés 2023-ban jelentős mértékben, 304,5 millió egységnyi csomagolt dobozra emelkedett, amely 17,7%-kal magasabb, mint egy évvel korábban. A jelentős termelékenység-javulás az ügyfeleknek időben történő szállítást tartósan magas szintjével párosult.

A **K+F pipeline-ban** további előrelépés történt az év során, és jelenleg 4 CNS-vegyület van fázis-I klinikai vizsgálati szakaszban (ebből kettő a negyedik negyedévben került be) és 1 fázis-II vizsgálati szakaszban, miközben mind a Nőgyógyászati, mind a General Medicines termékfejlesztési portfólió jelentősen bővült.

A **bruttó fedezet** (gyógyszergyártási szegmens) 15%-kal 514 milliárd forintba nőtt, a bruttó fedezeti hányad pedig 0,6 százalékponttal 68,8%-ra javult 2023-ban annak ellenére, hogy a kedvezőtlen devizaárfolyamok a volumennövekedésből adódó emelkedés ellen hatottak.

A **tisztított EBIT** 235 milliárd forint volt (beleértve a romániai nagy- és kiskereskedelmet az első 5 hónapban), míg a tisztított EBIT (gyógyszergyártási szegmens) elérte a 236 milliárd forintot (619 millió euró), ami 15%-os növekedést jelent, felülmúlva a legutóbbi előrejelzést. A devizaárfolyamok kiszűrésével a tisztított EBIT növekedése 29% lenne, ami kiemelkedő teljesítmény. A tisztított EBIT növekedéséért a CNS üzletág volt felelős, mivel a Vraylar értékesítésének ugrásszerű növekedése magasabb jogdíjbevételeket jelentett a Richter számára. A Nőgyógyászati és a General Medicines üzletágak tisztított EBIT-je enyhén csökkent, mivel a kedvezőtlen devizaárfolyamok és a hatékonyságjavító projektek költségei átmenetileg befolyásolták a nyereségességet.

A **riportált EBIT** mintegy 28 milliárd forintot gyógyszeripari különadófizetést, valamint néhány kisebb egyszeri tételt tartalmazott, és 189 milliárd forintot tett ki.

Az (anyavállalat tulajdonosaira jutó) **adózott eredmény** 159 milliárd forint volt 2023-ban, 6%-kal alacsonyabb a tavalyi évhez képest, mivel a jelentős devizaárfolyam-veszteségek (szemben a 2022. évi devizaárfolyam-nyereséggel) megterheltek az eredménykimutatást, és ellensúlyozták a jövedelmezőség növekedését.

A **szabad cash flow** (M&A tevékenység előtt) 2023-ban 87 milliárd forintot tett ki, ami éves szinten jelentősen csökkent a gyógyszeripari különadófizetés időzítése, a realizált devizaárfolyam-veszteségek magas összege és a nettó működőtőke növekedése miatt, mely a növekvő üzleti aktivitásból kifolyólag következett be. A kisebb mértékű, elsősorban a nőgyógyászati szegmens további fellendítését célzó M&A tevékenység és az osztalékfizetés jelentős növekedése a készpénztartalékok csökkenéséhez vezetett 2023 végére.

Orbán Gábor vezérigazgató az eredmények kapcsán elmondta: „2023-ban pénzügyileg sikeres évet zártunk, hiszen eredeti céljainkat sikerült túlteljesítenünk, bizonyos esetekben igen jelentős mértékben. A Gyógyszergyártás árbevétele megközelítette a 2 Mrd EUR értéket és a tisztított üzemi eredményünk a rendkívül kedvezőtlen árfolyamkörnyezet ellenére 616 MEU-ra javult. Mind a négy üzletágunk két számjegyű volumetrikus növekedést ért el 2023-ban, ami rekordárbevételt eredményezett. Emellett az üzletfejlesztést támogató tranzakcióink tovább erősítették a nőgyógyászati és biotechnológiai üzletágainkat.

A Társaság küldetésével összhangban valamennyi üzletágunkban világszerte növekvő számú betegekhez juttattuk el készítményeinket és terápiáinkat. Robusztus üzleti teljesítményünkre alapozva bizakodással, elkötelezettséggel és lelkesedéssel tekintünk a 2024-es esztendő elé.” (<https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/media/240229>)



Richter Anna Díj. A Richter Gedeon Nyrt. hatodszor hirdette meg pályázatát, melyre tavaly óta már középiskolások is küldhetnek be ötleteket. Az idei döntős projektötleteket a www.richterannadij.hu weboldalon lehet megtekinteni.

Az **orvos kategória** döntősei mellett érdemes kiemelni, hogy a magasan képzett **gyógyszerészek** elengedhetetlen szereplői a társadalomnak, miközben manapság a gyógyszerész a hiányszakmák közé tartozik. Ezért is hiánypótló a Debreceni Egyetem vég-



zós hallgatóinak projektötlete, melynek keretében videósorozatot készítenének a gyógyszerész hivatás szépségeiről, mindennapjairól. Szintén fontos és innovatív ötlettel pályázott a szegedi E-patikusok csapata is, amely a kórház keretein túl a betegek otthoni ellátásában is alkalmaznák az automatizált gyógyszerelést (vagyis a betegek napszakok szerinti csomagolásban kapnák meg a szükséges készítményeket, akárcsak a kórházi ellátás során), telemedicinális eszközökkel követve a páciensek paramétereit. A csapat egy klinikai vizsgálatot szeretne megvalósítani, melyben az automatával támogatott gyógyszerelést a hagyományos megoldással kívánják összehasonlítani. Győzelem esetén a projekt eredményeit hazai és külföldi konferenciákon is bemutatná az innovatív döntős csapat. Szintén gyógyszerész kategóriában a szakmában dolgozók sokoldalúságáról és elhivatottságáról tanúskodik az a veresegyházi projekt, amely az egész várost szeretné mozgásra, egészségesebb életmódra biztatni.

A junior kategóriában két csapat, a Budapesti Orvostanhallgatók Egyesülete és a Göllner Mária Waldorf Gimnázium döntősei az egészségtudatosságot és a már sokat említett prevenciót teszik projektjük középpontjába, a harmadik projektben, amit a Toldy Ferenc Gimnázium diákjai álmodtak meg, a klímaváltozással kapcsolatban szerveznének konferenciát, megosztva tudásukat más iskolák diákjaival.

A döntős pályaművek mindegyikéről elmondható, hogy bármelyikük lesz a hat szerencsés kiválasztott csapat egyike, a projekt megvalósítása nem csupán az adott közösség, de rajtuk túlmutatóan az egész társadalom, mindannyiunk javát szolgálja majd.

Az eredményhirdetésre lapzárta után került sor. (<https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/media/240212>)

Dobó Dorina összeállítása

MKE-HÍREK

Az MKE 2024. évi rendezvénynaptára

Dátum	Rendezvény	Helyszín
Április 5–7.	56. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny Döntő	Debrecen
Április 11.	Szakosztályok, társaságok, területi szervezetek és munkahelyi csoportok vezetőinek találkozója	Budapest
Május 10.	Küldöttközgyűlés	Budapest
Május 14–15.	MKE Biztonságtechnikai Szeminárium, 2024	Balatonszárszó
Június 5.	2 nd Blue Danube PhD Symposium online conference	
Június 10–12.	Vegyészkonferencia	Eger
Június 24–26.	18 th European Symposium on Commintion & Classification	Miskolc
Augusztus	Varázslatos Kémia Nyári Tábor	
Augusztus 25–29.	International Conference on Green & Sustainable Chemistry	Budapest
Október 14–16.	Őszi Radiokémiai Napok	Balatonszárszó
November 22.	Kozmetikai Szimpózium	Budapest
November 26–27.	Hungarocoat Nemzetközi Festékipari Kiállítás és Konferencia	Budapest

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy a **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 671 907 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 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 2023. évi szja bevallásakor – értelve 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 2024-ben az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az 56. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint 2024-ben tizenhatodszor 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.

HUNGARIAN

CHEMICAL JOURNAL

LXXIX. No. 4. April

CONTENTS

An unexpected hydrogen deposit in Albania102

GÁBOR LENTE

Great leaps need perseverance. An interview with Bence Kutus103

TAMÁS KISS

New pharmaceutical technologies at CF Pharma Pharmaceutical Ltd.105

ÁDÁM BOR, KATALIN GYERGYÓI, ATTILA GERGELY MÁTÉ et AL.

Nuclear techniques and the textile industry108

CSABA KUTASI

Memorials under the Arcades of the University of Vienna112

ISTVÁN HARGITTAI and MAGDOLNA HARGITTAI

Whom was it named after? Faraday's laws. Part II117

GYÖRGY INZELT

Teaching chemistry with LEGO®121

ZITA SZÓLLÁTH SEBESTYÉN

Publication of the month125

Chembits126

GÁBOR LENTE

The Society's Life128

News of the Month129

Megbízható Mennyiségi Meghatározás

Minden komponens, mátrix és felhasználó esetében

A tudományos és üzleti célok elérése csak megbízható eredmények birtokában lehetséges.

A felhasználási területtől függetlenül a Thermo Scientific™ TSQ hármas kvadrupól tömegspektrometriás rendszerei kiemelkedő precizitást biztosítanak a mennyiségi meghatározási feladatokra. Nagy felbontású SRM üzemmód, robusztusság, megbízhatóság és érzékenység egy készülékben, mely segítségével minden felhasználó a mérendő komponenstől vagy a mátrixtól függetlenül megbízható mérési eredményekhez juthat.



Thermo Scientific™ TSQ Altis™
hármas kvadrupól tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Quantis™
hármas kvadrupól tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Fortis™
hármas kvadrupól tömegspektrométer

További információk:

thermofisher.com/confidentquantitation

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.
Telefon: +36 1 221 5536
E-mail: unicam@unicam.hu
Web: www.unicam.hu

UNICAM