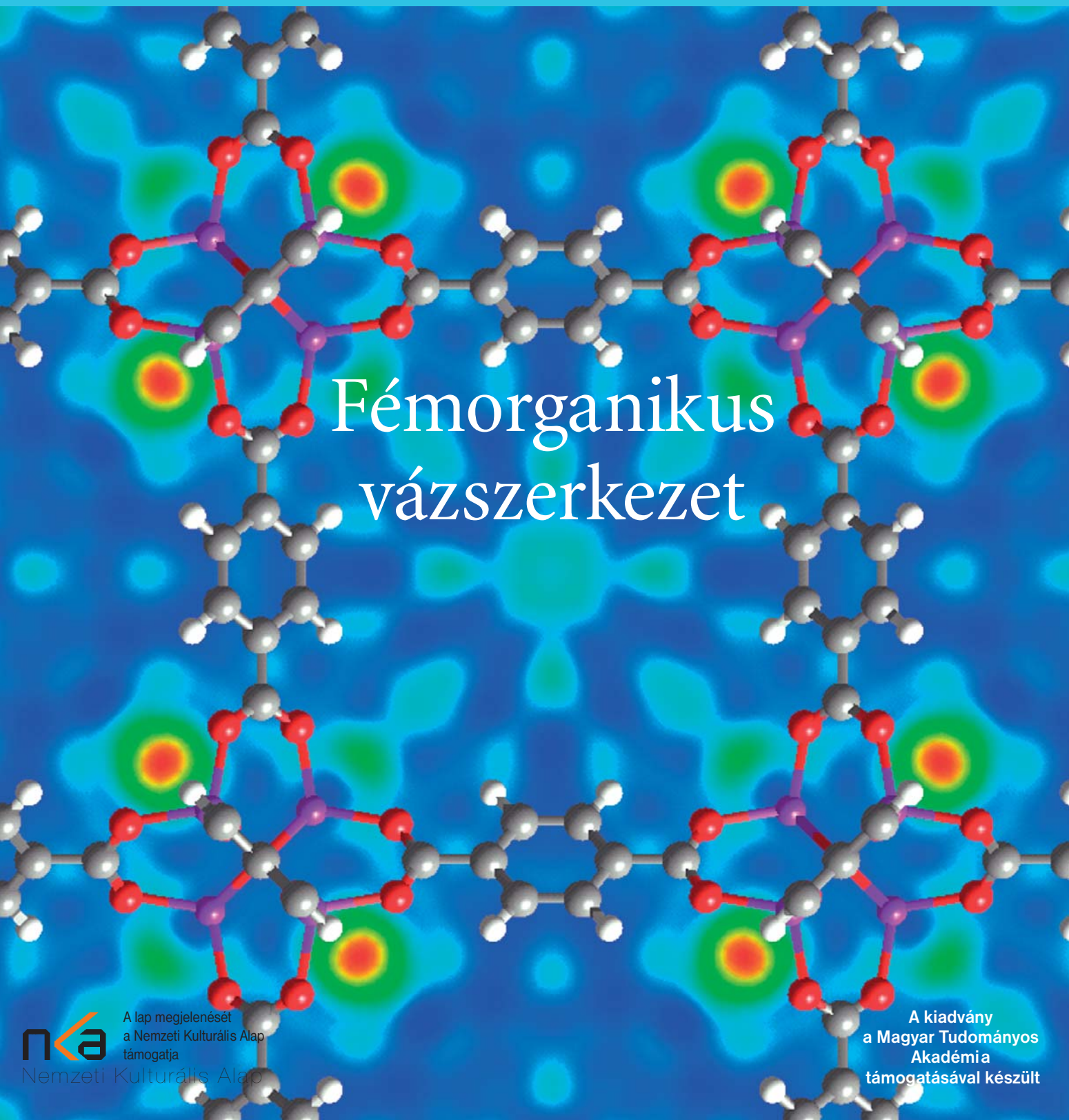
A TARTALOMBÓL:

- In memoriam kémia
- A kreatív kémikus
- Komplexkémiai kutatások az ELTE-n
- 2019-es IgNobel-díjak
- 35 000 km-es nanocső kábelre várva

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXV. ÉVFOLYAM • 2020. SZEPTEMBER • ÁRA: 850 FT



Fémorganikus vázszerkezet

A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap támogatja
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült

AUTOMATA TOC ANALIZÁTOROK

VÁLTOZATOS KIVITELEKBEN A LEGKÜLÖNBÖZŐBB TERÜLETEKRE

* Moduláris felépítés, variálható kivitelek
* Tiszta vizekhez és ivóvízhez (3ppb LOD értékű NDIR)
* Autosampler folyadék és szilárd mintákhoz
* Méréstartomány: 0-25000 és 0-60000 mg/L C
* Minta beadagolás: 0-2 mL illetve 1g-ig.
* Égetéses oxidáció 10 év kemence garanciával
* TIC, NPOC, DOC, TOC, TC és TN_b mérése

* Moduláris felépítés, variálható kivitelek
* Felszíni vizekhez és szennyvízhez
* Autosampler folyadék és szilárd mintákhoz
* Méréstartomány: 0-100000 mg/L C
* Égetéses oxidáció 10 év kemence garanciával
* TIC, NPOC, DOC, TOC, TC és TN_b mérése

* Univerzális mintabeadás 5 mL-es tégelyben robotkarral
* TIC, TOC és elemi szén tartalom szimultán mérése savazás nélkül
* Autosampler folyadék és szilárd mintákhoz
* Méréstartomány: 0-50 mg C és 0-20 mg N abs.
* Minta beadagolás: 0-3 mL illetve 0-3g
* Égetéses oxidáció 10 év kemence garanciával
* TIC, TOC, elemi szén és TN mérése

ACQURAY

* Moduláris felépítés, variálható kivitelek
* Nedves kémiai oxidáció UV fény mellett
* TOC, TN, TP és solid modulok választhatóan
* Mintabemérés: 2-40 mL, beállítható
* LOD: 2 ppb C, méréstartomány: 0-20000 ppm
* Szilárd modul: TIC, TOC és elemi C mérésre
* TIC, NPOC, DOC, TOC, TC és TN mérése

* A világon elsőként gyártott TOC-TN_b-IRMS mérőrendszer
* Ivóvíz, ipari víz, sóoldat, talajvíz és kivonatok mérésére
* Márixfüggetlen elválasztás szabadalmaztatott APT technológiával
* Méréstartomány: 0-60000 ppm
* Magas hőmérsékletű feltárás 10 év kemence garanciával
* TIC, TOC, TN_b, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$ mérése

elementar
Analysensysteme GmbH
EXCELLENCE IN ELEMENTS
www.elementar.de

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

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA
HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXV. évf., 9. szám, 2020. szeptember

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

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

Szerkesztők:
ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE, LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR, RITZ FERENC, ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

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

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

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

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

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank 10700024-24764207-51100005 sz. számlájára „MKL" megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 10 200 Ft
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti a Batthyany Kultur-Press Kft., H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.
1251 Budapest, Postafiók 30.
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

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

Aktuális számaink tartalma, az összefoglalók és egyesületi híreink, illetve archivált számaink honlapunkon (www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2020.09

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

KEDVES OLVASÓK!

Minden kémia, ami a világban körülvesz minket. Az elsőre talán túlzónak tűnő megállapítás mégis bizonyítást nyer, ha arra gondolunk, hogy a kémia segítsége nélkül lehetetlen lett volna feltárni a testek szerkezetét, felépítését, és nélküle arra sem kaptunk volna választ, hogy az emberiség miképpen ismerte meg egyre pontosabban az elemek és vegyületeik tulajdonságait az ókori természetfilozófusoktól kezdve a mai csúcstechnológiával rendelkező kutatókig.

Az elmúlt időszakban ez a szakterület egyre nagyobb fontosságra tett szert, újabb és újabb tudományágak fejlődtek ki belőle, miközben nélkülözhetetlen szerepe vitathatatlan az új anyagok és technológiák kifejlesztésében, a gyógyszergyártásban vagy akár a biotechnológia területén.

Úgy gondolom, az innovációs eredmények legfőbb motorja a jól képzett szakemberek teljesítménye, mely eredendően a magyar kutatási, fejlesztési potenciál és nagymértékben a kémia oktatásának színvonalán múlik. Ezért is nagyon fontos, hogy tegyünk a kémia mint tudományág elismeréséért és sikereiért, hiszen csak így biztosíthatjuk a fenntartható fejlődést a következő generációk számára.

Nagy öröm, hogy olyan hazai cégnél dolgozhatom, ahol mindezt felismerve, az erkölcsi támogatáson, valamint az igen széles körű szakmai együttműködéseken túl anyagilag is tesznek lépéseket ezen cél elérése érdekében. Kifejezetten a kémia iránt kevésbé érdeklődők körében talán kevesen tudják, hogy létezik egy igen nívós díj, mely évről évre azokat az általános és középiskolai tanárokat hivatott elismerni, akik évtizedeken át tartó áldozatos munkájukkal nagymértékben járulnak hozzá a magas színvonalú szakképzéshez, kiemelt figyelmet fordítanak a kémia oktatására, megszerettetésére, valamint a tehetséges diákok felkarolására. Ezért is tartom hiánypótló kezdeményezésnek a Magyar Kémiaoktatásért díjat, melyet minden évben ősszel a Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémiaoktatásért kuratóriuma ítél oda és ad át az aktuális díjazottaknak.

Annyi személyes vallomást talán megengednek nekem, hogy a díjátadó ünnepség alatt mindig emelkedett lélekállapotban vagyok. Ez az érzés minden évben átjár, nagy öröm számomra, hogy szervezőként évről évre átélhetem. Mindig nagyon meghatódom, olyan pillanatokat élek itt meg, melyekből hetekig táplálkozom. Nagy élmény részese lenni annak, ahogy a tanári életművek a szemünk előtt kibontakoznak, ahogy tanítványaik elismerően beszélnek róluk a díjátadón. Öröm látni és átélni, hogy egy olyan nagy gyógyszercég, mint a Richter, gondol arra, hogy hazánkban bizony számos kiváló pedagógus tanít, nagy ívű szakmai életúttal, akiknek munkáját igenis elismerni és díjazni kell. Ez a fajta megbecsülés véleményem szerint nagyon fontos dolog. Az ember sokszor úgy érzi, hogy leél egy életet, és közben nagyon kevés dicséretet, visszaigazolást kap. Ez az ünnepélyes díjátadó ezért is értékes, mert itt a tanároknak igazi elismerésben, megbecsülésben lehet részük, és ez számomra mindig nagyon felemelő és megható élmény.

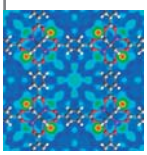
Ezekkel a gondolatokkal várom az idei, októberben esedékes díjátadót, és csak reménykedem benne, hogy a most nyáron született kisfiam is elmondhatja majd pár évtized múlva, hogy kiváló tanárai voltak az iskolában, akik olyan tudást és szakmai szemléletet adtak a kezébe, melyek kifogyhatatlan munícióként szolgáltak a sikeres karrierhez vezető úton.

2020. szeptember

Nagy Gábor
az MKL szerkesztőségének tagja

TARTALOM

KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM
Villányi Attila: In memoriam kémia 254
VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY
IUPAC-centenárium
A kreatív kémikus 256
Bélafiné Bakó Katalin, Takács Piroska, Nemestóthy Nándor: Újabb trendek a membránszeparációs műveletek területén 258
HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTATKOZÁSA
Barczáné Buvári Ágnes: Komplexkémiai kutatások az ELTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén 261
JUBILEUM: AZ MKL 75. ÉVFOLYAMA
Schay Géza, Nagy Lajos György: Adszorbensek fajlagos felületének meghatározási lehetőségei folyadékelegyek adszorpciós izotermáiból (1964) 265
László Krisztina: A Schay–Nagy-módszer 269
KITEKINTÉS
Lente Gábor: A szokások hatalma: a 2019-es IgNobel-díjak 270
Braun Tibor: Űrlifttel a csillagokig. 35 000 km-es nanocső kábelre várva 272
MEGEMLÉKEZÉS
Szepes László: Dr. Boksay Zoltán egyetemi tanár (1927–2020) 275
VEGYÉSZLELETEK
Lente Gábor rovata 276
EGYESÜLETI ÉLET 278
A HÓNAP HÍREI 279



Címlapunkon: Fémorganikus vázszerkezet (MOF) alkalmazása. A neutronszórási kép megmutatja, hol kötődnek a hidrogénmolekulák (vörös/zöld körök) a hidrogéntárolásra készített MOF-hoz. A MOF golyó-pálcika modelljét rárajzolták a szórási képre (Wikipédia, T. Yildirim/NIST)

Villányi Attila
ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium | attila.villanyi@gmail.com

In memoriam kémia

Soha nem gondoltam volna, hogy a nyugdíj előtti utolsó éveimet a kémiatanítás halálos ágyánál töltöm majd, fogva a képzeletbeli kezét, és biztatva, hogy még egy kicsit tartson ki.

Emelt szintű érettségi dolgozatok javítása közben pottyant az utolsó csepp a pohárba, hogy elhatározzam magam a gondolataim, érzéseim megosztására. Nem azért, mert az eredmény annyira rossz lett. Matematikailag biztosan nem, ugyanis a mi bizottságunkban a 2020. májusi írásbeli dolgozatok teljesítménye a tavalyi és a tavalyelőtti közé esik. A dolgozatok tartalma már sokkal inkább megriasztott. Nem a felkészületlen, semmit sem tudóké, akik képesek egy 100 pontos feladatsorból, elvileg több évi kémiatanulást követően, 8–10 pontot elérni. Ilyenek mindig voltak és lesznek is. A laikusnak biztos semmit sem jelentene, ha azt mesélem, hogy az általunk javított dolgozatok közül volt, ahol az anyagmennyiség-koncentrációt többen mol/cm^3-ben fejezték ki. Nem egy és nem két vizsgázó tette ezt. Miért is ez a nevetségesnek tűnő kétségbeesésem? Miért zavar engem egy idétlen mértékegység? Minden, a szaktárggyal kapcsolatba kerülő ember tudja, hogy bármilyen laborban nézünk is körül, az oldatok koncentrációját mol/dm^3-ben (legfeljebb mmol/dm^3-ben) adják meg. Mit is jelent az, ha nem egy, hanem sok gyerek tér el ettől? Hacsak nem publikáltak az elmúlt évben egy új kémiapéldatárat, amelyben ezt a furcsa koncentrációt preferálják, akkor ezek a diákok valószínűleg úgy készültek az emelt szintű érettségire, hogy bele sem kukkantottak egyetlen példatárba sem. A másik – az előzőnél talán kevésbé rossz – lehetőség, hogy a közoktatásba belépett egy új, igen tapasztalatlan kolléga, aki maga sem ismeri a hagyományosan alkalmazott mértékegységeket. Ekkor ugyanis nem kell azt feltételeznünk, hogy az a rengeteg diák, aki mol/cm^3-ben fejezte ki a koncentrációt, a középiskolai oktatás során soha nem találkozott a koncentráció fogalmával.

Az érettségi dolgozatok javítása közben az is feltűnt, hogy sok, nyilvánvalóan gondolkodni képes diák a példamegoldási technikákban mindössze az általános iskola 8. évfolyamának szintjéig jutott el. A tehetséggondozó Hevesy-kémiaversenyen figyelhetők meg azok a tömegek arányítgatásán alapuló számítások, amelyek ott a tehetségesség jelei. Egy érettségi dolgozatban ez viszont már a képzetlenségé.

Az a bizonyos pohár már régóta telik. Jó néhány évvel ezelőtt azt mondtam, nem kell tíz év ahhoz, hogy Magyarország ne tudjon kiállítani négy olyan diákot a Kémiai Diákolimpiára és hat olyan versenyzőt a Junior Természettudományi Olimpiára, akik mind éremmel térnek haza a versenyről. Minden évben összeszoruló gyomorral indulok a versenyre, hogy ez a jóslat talán éppen abban az évben következik majd be. Tudom, tudom, a diákolimpiák nem reprezentálják az egész ország oktatásának helyzetét, de – ahogy a PISA-mérés is – egyfajta szempontból indikálják a közoktatás állapotát. Ősztől nem kötelező diszciplináris kémiát tanítani az általános iskolában. Ezt minden olyan iskola igazgatója ki fogja használni, aki eddig nem talált kémia-, fizika- vagy biológiatanárt az órák ellátására. A természettudomány integrált oktatása – természetesen némi újabb bújtatott óraszámcsökkentéssel – nem a természettudományos oktatás minőségének megőrzésére vagy megújítására született, hanem a tanárhiány leplezésére. A Junior Természettudományi Olimpia válogatójába a diákok többségét a korosztályi fizika- és kémiaversenyekről hívjuk. Ha nem lesz olyan szaktárgyi követelmény, amelyre minőségi versenyt lehet építeni, akkor megszűnik a verseny és az arra való felkészítés is. Ez a természettudományos tehetséggondozás halálát jelenti, és megszűnik a lehetőség a kimagasló tehetségek kiválasztására, vagyis nagyobb eséllyel fognak random módon bekerülni a diákok a tagozatokra és az olimpiai válogatóra, így az eredmény is egyre inkább véletlenszerű lesz. És a vége az lesz, hogy már el sem megyünk a versenyre.

Persze most sokan mondják, ne aggódjunk, mindenütt ott vannak a tehetséggondozó középiskolák, ahol majd kinevelik a tehetséges gyerekeket, jól felkészítik az érettségire és a továbbtanulásra. Igen ám, csakhogy sok minden hat ez ellen. A szülők két szempontot figyelnek: az iskolai rangsorokat és azt, hogy gyermekük „jól érezze magát az iskolában”. A jó érzésben általában nincs benne a kemény tanulás igénye. A rangsorok meghatározásának többségét pedig valamilyen lobbi érdekei irányítják. Az utóbbi években legnépszerűbb rangsor összeállításában sem a versenyeredmények, sem az emelt szintű kémia-, fizika- vagy biológiaérettségi eredményei nem szerepelnek. Szerepel viszont például az emelt szintű magyarérettségi szerinti sorrend, amely közismerten „kis” érettségi tárgynak számít, azaz az iskolák többségében csak egy-két tanuló választja ezt a vizsgaszintet. Egy természettudományos oktatásáról híres iskolát pedig jócskán hátrébb lökhet a sorrendben az az egyetlen emelt magyar érettségiző, aki mondjuk 60%-os eredményt ér el (és ez mint „átlageredmény” szerepel az iskola rangsor-meghatározó adatai közt). A sorrendben elfoglalt rosszabb helyezés azt eredményezi, hogy a tehetséges diákok egy részének szülei inkább a rangsorban előrébb álló iskolába íratják a gyermeküket, és ezzel elindul az örvény, ami 5–10 év alatt azt eredményezi, hogy az iskola nem tudja tehetséges diákokkal feltölteni a tagozatait. Az igazán okos, tehetséges diákok egy része valahol másutt végzi el a középiskolát, ahol ugyan nem rossz a képzés, de az a magas szintű szaktárgyi felkészítés hiányzik, ami alapja lehetne például egy nemzetközi versenyen való eredményes részvételnek. A tagozatot pedig közben végigbukdácsolják olyan diákok, akiknek bőven elég lett volna egy alapképzés is, és az eredményükkel persze tovább rontják az iskola rangsorbeli helyezését.

Jól ismerem azt a – sajnos egyre erősödő – véleményt is, hogy ezért felesleges a tagozat, tanítsunk mindent „egységesen, igényesen” az első két évben, és majd az utolsó két évben – magas óraszámban – azok felkészíthetők az emelt szintű érettségire, akik tovább akarnak tanulni. Oldalakon keresztül tudnám sorolni, mi nem adott az igényesen egységes természettudományos oktatáshoz. Harminc évvel ezelőtt heti 2 órában öt évig tanítottunk kémiát minden olyan fiatalnak, aki az általános iskola után

gimnáziumban folytatta a tanulmányait. Több mint húsz éve ez lecsökkent négy évre, kezdetben heti 2 órával, de később 7–8. osztályban ez már csak heti átlagosan 1,5 óra lett. Most ősztől lesz olyan diák, aki általános iskolában – például egy nem kémia szakos tanár által tanított – természettudományos oktatásban részesül, és közben a 9–10. osztályban is csak heti 1, illetve 2 órában tanulja a kémiát. Vagyis a 30 évvel ezelőtti óraszám 30%-ában fog „igazi" kémiaoktatásban részesülni. Eközben a kémia tananyaga nem 70%-kal csökkent. Ugyanakkor a kémia tudománya ezalatt is rengeteget fejlődött, az általtudományos kémiai képtelenségek pedig elképesztő számban gyarapodtak. Ez utóbbiak is indokolnák a kémiai összefüggések elmélyültebb oktatását. Az elvárt oktatási módszerek (csoportmunka, tanulói kísérletek, projektmunka) ugyanakkor sokkal több időt igényelnének azonos mennyiségű tananyag elsajátításához, mint a régi, elavultnak tekintett előadásszerű oktatás. Vagyis a heti 1 + 2 kémiaóra a 30 évvel ezelőtti 5·2 órának valójában még a 30%-ánál is kevesebb tananyag megtanítását tenné lehetővé. Mindannyian tudjuk, hogy bizonyos határon túl történő mennyiségi csökkenés olyan minőségromlást eredményez, ami gyakorlatilag már a semmivel egyenlő.

Ezért sok tanár ezt a kétéves heti 1 és 2 órát igyekezni fog kellemesen eltölteni a diákjaival. Nem fogja megkockáztatni a diákokon túl az iskolaigazgatósággal és a szülőkkel gerjedő konfliktusokat a sok rossz osztályzat miatt. A diákok 10. osztály végén – mint ahogy már eddig is – úgy fogják fakultációnak választani a kémiát, hogy nincsenek tudatában, milyen követelményeket kell a semmi után teljesíteni. A fakultációs foglalkozásokon pedig – szerencsés esetben, ha a szaktanár kolléga felkészült és tettre kész – a diák az első félévben fog szembesülni azzal, hogy mi mindent kellene igen nagy sebességgel megtanulnia és begyakorolnia. A sok kudarcélmény a diákok jó részénél teljes elutasítást eredményez, és ahelyett, hogy tényleg belevetnék magukat a tanulásba, abbahagyják a fakultációt. Az igazgató pedig elmarasztalja a szaktanárt, hogy miért nem halad lassabban, miért stresszeli a diákot. A tanár majd csinálja, amíg bírja idegekkel, aztán feladja, és otthagyja a pályát, vagy a fakultáció is átértékelődik kellemesen eltöltött időtöltéssé. Így a diákok jó jegyekkel eljutnak az érettségiig úgy, hogy valójában nem készültek fel arra. Ugyanez az eredménye annak is, ha eleve szakmailag felkészületlen pedagógus kapja ezt a feladatot. Az érettségi eredménye pedig messze elmarad a gimnáziumban kapott értékelések átlagától. És jön az újabb örvény: csökkentsük a követelményeket, aztán annak következtében valakinek eszébe jut, hogy ilyen alacsony érettségi követelményhez már elég lesz még kevesebb óraszám is.

Nagyon szomorú vagyok, és el vagyok keseredve. Hosszú évtizedekig az ország erőssége volt a természettudományok oktatása. Az elmúlt 20–25 évben csak a kémiatanárok kitartó küzdelme tudott ellenállni annak a folyamatos eróziónak, amit az óraszámok csökkenése, az egyre szűkülő tananyag és a mostoha feltételek eredményeztek. Eközben lassan kikopik egy nemzedék, a mi nemzedékünk. Az új kerettantervek óraszámai már azt a szabadságot is megakadályozzák, amit korábban egy-egy iskola a természettudományos oktatás megőrzésére fordított. A tanárjelöltek száma (nem is beszélve a minőségről) évek óta sokszorosan alulmúlja a nyugdíjba menő kollégákét. A megértést és elmélyítést segítő összefüggések lassan kiirtódnak a kötelező tananyagból. A kémia szépségét megmutatni értelmes magyarázat nélkül csak tiszavirág életű tudást eredményezhet.

A kémiaoktatás története 1750–1950

A Vegyészeti Múzeum kiállítása

A 18. század közepéig a természettudományok csak a filozófia részeként jelentek meg az oktatásban. A jezsuita rendek tanítási rendszerét az 1599-ben kiadott Ratio Studiorum szabályozta: „A jelentőséggel bíró dolgokban Arisztotelésztől el ne térj!"

A protestáns iskolák tanárai azonban már a nyugati egyetemeken tanultak, és az ott megszerzett korszerű tudást adták tovább tanítványaiknak; a kémiát a fizika tantárgy részeként tárgyalták.

A Habsburg-birodalom bányatisztjeinek szervezett képzésére az uralkodó 1735-ben Selmecbányán bányatisztképző iskolát alapított. Az intézmény 1770-től akadémiai rangra emelkedett, és ez lett a honi kémiai szakoktatás és tudományos kutatás bölcsője.

Mária Terézia 1777-ben adta ki a Ratio Educationist, a magyarországi iskolarendszer első, állami szabályozására irányuló rendeletét, amely kedvező légkört teremtett a természettudományok oktatásának területén is. A rendelet hatására megjelentek a központi tankönyvek. Az 1793-ban felállított erdélyi kémiai-metallurgiai intézet professzora, Etienne András írta az első magyar nyelvű iskolai kémiatankönyvet.

Az első egyetemi kémiatanszéket a Pázmány Péter által alapított nagyszombati egyetemen állították fel 1770-ben. Az egyetemet Budára, majd Pestre helyezték át, első kémia- és botanikaprofesszora Winterl Jakab orvos volt.

Kováts Mihály, Varga Márton, Nyulas Ferenc neve a magyar kémiai szaknyelv elterjesztése kapcsán vált ismertté. A magyar nyelvű oktatás a 19. sz. első felében hódított teret, fellegvárai a protestáns kollégiumok voltak.

A marosvásárhelyi kollégium kémiaprofesszora volt Bolyai Farkas, aki a kísérleti oktatáson kívül már a vegyjeleket is használta. Az első magyar nyelvű főiskolai kémiatankönyvet Tarczy Lajos adta ki. Az erdélyi iskolákban az 1840-es évektől mindegyik felekezet bevezette oktatási rendjébe a vegytan tárgyat.

A kiállítás a legfontosabb oktatási intézmények fejlődését és nevesebb alakjait ismerteti.

IUPAC-centenárium

Az IUPAC 2019-es centenáriumán elhangzott előadásokról[1] szóló összeállításunkban ***Sophie Carenco****, a Sorbonne/CNRS/Collège de France Kondenzált Anyagok Kémiai Laboratóriuma munkatársának cikke következik.*

A kreatív kémikus

Harmincnégy éves kémikusként a nem jól definiált „pályája elején álló tudós” vagy másképpen a „fiatal kémikus” kategóriához tartozom: ez az a generáció, amely a kutatói állások nyomasztó hiányának idején nőtt fel, amit csak fokozott az impaktfaktor zsarnoksága [1]. Hogy kielégíthessük szenvedélyünket a kémia – csodái, lehetőségeinek gazdagsága, közös munkára sarkalló, jobb világ teremtésére alkalmas képessége – iránt, ez a grantok utáni véget nem érő kutatást eredményezett. Vannak közöttünk olyanok, akik még tanulmányaikat folytatják, mások utaznak a világban: posztdok-állásról posztdok-állásra vándorolnak, néhányan, a szerencsésebbek oktatói vagy tanszéki álláshoz jutottak, míg a többiek kutató-fejlesztő ipari csoportokhoz vagy start-upokhoz csatlakoztak vagy más utat választottak.

Én a szerencsések egyike vagyok. A CNRS (a Francia Országos Tudományos Kutatási Központ) kutatójaként biztos állásom van egy jó egyetemen, korán elnyertem kutatási grantokat, így szívemhez közel álló területen indíthattam saját projektet: a kicsi, nagy számban előforduló molekulák, például a CO_2 hasznosításának fokozását segítő nanorészecskék tervezését. Új vegyületeket állítunk elő nanoméretben, és módosítjuk azokat szerves ligandumokkal, hogy növeljük felületi reaktivitásukat – ezzel járulva hozzá, ha csak egy jottányival is, a klímaváltozás óriási kihívásához.

Arra is időt kell szakítanom, hogy olyan elvi kérdéseken gondolkozzam, mint: „Melyek a nanoskálájú anyag legfontosabb jellemzői, deszkriptorai?” A kémikusok évszázadok alatt alakították ki a molekulák leírására, ábrázolására szolgáló rendszerüket az íztől és a szagtól a molekulatömegig, azután kifejlesztették a képletek és az elektronpályák rendszerét (*lásd az ábrát*). Hatékony fogalmak születtek, mint például a korszerű „aromaticitás”: ma egy molekula releváns deszkriptora a π-elektronok száma. Ennek a felfogásnak a technológiai melléktermékei az új gyógyszermolekuláktól a napelemekig terjednek. Ezzel szemben a nanokémia még a gyermekkorát éli: alig vagyunk a leírás szakaszában (összetétel, alak), talán csak néhány rendszer kivételével, mint pl. a plazmonikus nanorészecskék vagy a kvantumpötytyök… Ez hajmeresztő! Nyitott látóhatár, hogy kinyújtózzunk, szabadjára engedjük a képzeletünket, és új eszközöket hozzunk létre bolygónk lakóinak – például a nanorészecskéken alapuló teranosztikát, az intelligens energiahasznosító technológiákat, a kvantumszámítógépeket.

Minden ilyen „fiatal kémikusi álom” megvalósításához – akár a nanotudományban, akár a kémia bármely ágában – kell valami: a kreativitás vagy pontosabban a kreatív gondolkodáshoz és a kreatív munkához szükséges tárgyi feltételek teljesülése a pálya során.

Véleményem szerint a szakmai karrier és a munkafeltételek mai fejlődése fojtogatja a fiatal kémikusok kreativitását. A projektek rövid távú támogatása [3]; a produktivitáson, semmint az eredetiségen alapuló értékelési rendszerek; az emberek néha konformista szerződtetése, amely nem nézi jó szemmel az interdiszciplináris profilt; a sokféle kötelezettség (adminisztratív feladatok, menedzsment, oktatás, bírálatok…) mind-mind olyan akadályok, melyek gátolják a kreatív munkát. A nagyon kedvező munkafeltételek ellenére egy napom most is tele van olyan feladatokkal, melyek rabolják a kreatív képességeimet: szemináriumok és bizottságok szervezése, eszközök rendelése és készülékek specifikálása, űrlapok kitöltése (adminisztrációs, értékelő, utazási… mondd tovább), dokumentumok készítése különböző célokra (pl. folyóiratok és pályázati ügynökségek igényei kielégítésére), részvétel a laboratóriumi biztonsági körülmények megteremtésében és a betanításban... A legtöbb jogos feladat, de összességében kibírhatatlan. Ha le kellene írnom a munkakörömmel járó napi feladatokat, nemigen tudnám azt írni, hogy „ismeretek gyűjtése” vagy „tudományos kérdésekkel való foglalkozás”, hanem sokkal inkább azt, hogy „projekt-menedzser, tanácsadó, mentor, kommunikátor, bíráló és műszaki dokumentáció írója”.

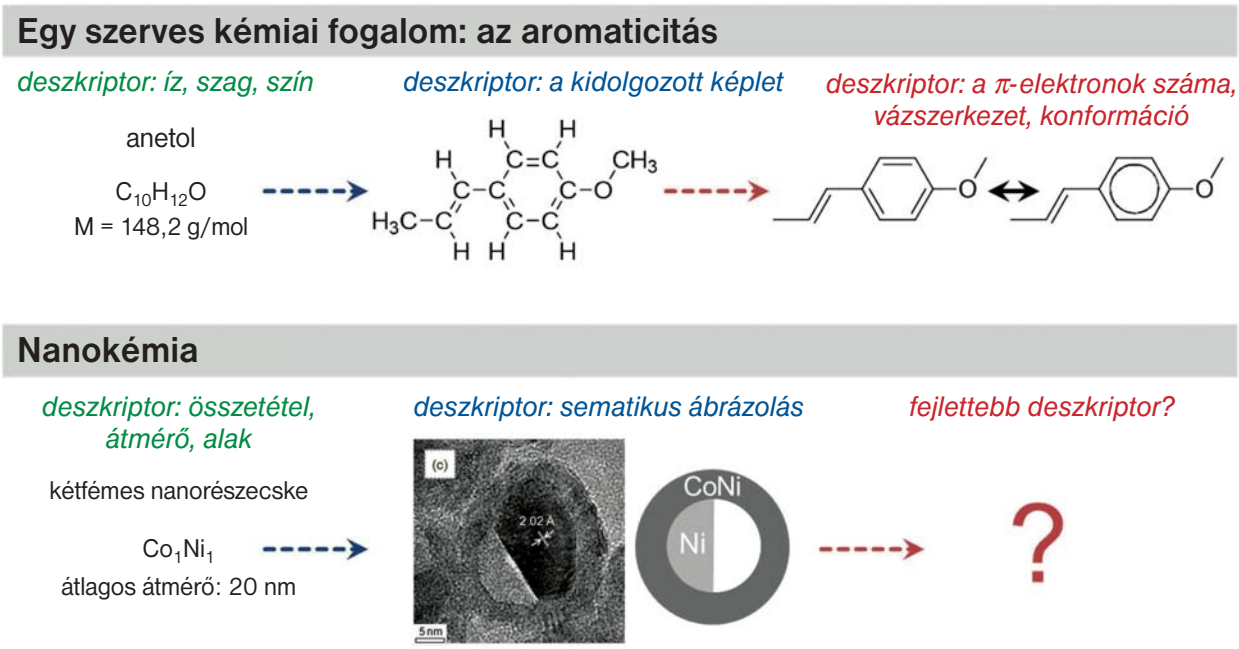
Mialatt elismerem ezen feladatok fontosságát, erősen hiszek abban, hogy közösségként egyensúlyt kell találnunk ezek és a kreatív gondolkodásra szánt idő között [4]. Néhányan közülünk kiemelkednek egyik vagy másik fentebb említett területen. Azonban úgy tűnik, mindannyiunknak meg kell küzdenünk ugyanazzal az összes feladattal. Véleményem szerint ez veszélyezteti a „kreatív kémikusi” magatartást: azt, hogy valaki hosszabb időt töltsön egyfolytában régi cikkek alapos olvasásával vagy olyan konferenciák anyagának hallgatásával, melyek kívül esnek szűk szakterületén, hogy gyökeresen új gondolatokkal álljon elő (még ha nem is divatosakkal), és hidakat építsen olyan tudományágak között, amelyek addig nem törődtek egymással. Ma ez nem fenntartható magatartás a kutatóintézetekben; így nem valószínű, hogy a kreatív kémikusok grantot nyernek el elképzeléseik megvalósítására, munkatársakat találnak és a tudományos közösség elismeri őket.

A kreatív kollégák kizárása veszélyes út: nincs többé a szokásostól eltérő gondolkodásmód, a tudományágak újramodellezése, nincsenek szikrák, melyek valóban rendbontó eredményekhez vezethetnek. Szélesebb aspektusból nézve, ha a kémia nem kérdőjelezi meg alapkoncepcióit, például az említett deszkriptorokat, akkor élő tudomány helyett más tudományok által használt eszköztárrá válhat. Ennek társadalmi következményei lehetnek. A közvélemény és a politika már negatív képet alkot a kémiai anyagokról. Ne hagyjuk, hogy a kémikusokkal is ez történjen.

Mit tehetünk?

Először is, javíthatjuk a változatosságot (korban, kulturális háttérben, nemben) a szerződéskötési (felvételi), értékelési, politikakialakító bizottságainkban. Például mellbevágó számomra, hogy

[1] http://www.lactualitechimique.org/numero/442



Fent: A szerves kémiában a deszkriptorok évszázadokon át fejlődtek az íztől és a szagtól kezdve az olyan modern fogalmakig, mint az aromaticitás. Lent: A nanokémia deszkriptorai a nanorészecskék átlagos átmérője és összetétele, morfológiájuk sematikus leírásával [2]

a hosszú távú stratégiai döntések olyan csoportokban születnek, melynek tagjai nem fogják megélni döntéseik következményeit. Nem kérdőjelezem meg azt a szándékukat, hogy jó választ adjanak. Azonban észszerűnek látszik, hogy rendszeresen néhány 30-as, 40-es éveiben járó kollégát is meghívjanak, hogy részt vegyenek ezekben a döntésekben. A fiatal kémikusok között néhányan magukhoz ragadhatják a kezdeményezést vagy kedvezően válaszolhatnak egy ilyen felkérésre, még akkor is, ha ezzel pluszfeladatot vállalnak. Az is feltűnő számomra, hogy intézményeink aktívak az interdiszciplináris kutatások támogatásában (pl. speciális grantok révén), de a saját értékelési rendszerükben ezt nem díjazzák. Próbálkoztál valaha is a saját területeden kívül eső folyóiratban publikálni? Ez rendszerint igen fájdalmas… Néhány szerkesztő ezt a kérdést interdiszciplináris folyóiratok indításával kezeli, de amíg az impaktfaktor a siker mérőszáma, addig ezek nem lesznek elegendőek. Úgy vélem, a fiatal kémikusoknak, mint közösségnek, a felelőssége, hogy megragadják a gyorsan változó publikálási modell adta új lehetőségeket és „leszereljék” egy maroknyi folyóirat hegemóniáját [5].

Másodszor, el kell érni, hogy minél több anyagi forrást vonjanak be a kutatásba és az oktatásba [6]. A fiatal kémikusok hozzájárulhatnak, hogy a tudósok visszaszerezzék a társadalom bizalmát: a tudomány tisztessége jó kezdet ehhez, de a fiatal kémikusok aktívabbak is lehetnek a különböző szervezetekben, hogy azok lobbizzanak a tudomány érdekében [7] (pl. a kémiai társaságok [8], a szakmai hálózatok). A társadalmi hálózatokban való jelenlét, annak elmagyarázása, hogy mi a tudományok feladata, a vitákban való részvétel és a hamis hírek, áltudományos nézetek eloszlatása szintén sokat segít, ha elég sokan vagyunk elkötelezettek ez iránt. A pályájuk elején álló kémikusoknak fel kell készíteni a fiatalabbakat a következő generáció aktív mentorálásával és a kutatói karrier akadályain való átsegítéssel.

Végül, minden kémikusnak élnie kell minden olyan lehetőséggel, amikor növelhetjük azokat az értékeket, amelyek alapján a munkánkat megítélik és értékelik. A kreativitás sohasem lesz gyakorlati tevékenység [9]. Lényegénél fogva tétovázást, belső küzdelmet, felépítést, majd lebontást követel meg. Különböző személyiségtípusokat igényel. A tudósok között mi, kémikusok vagyunk azok, akik anyagokat, molekulákat alakítunk a kezünkkel, majd sok időt töltünk el saját alkotásaink vizsgálatával. Ezt a kiváltságot magunkra is alkalmazhatjuk: bátorítsunk nem tipikus karrier-utakat, üdvözöljük azokat, akik átlépik a tudományterületek határait, és növeljük az olvasási és együttműködési készségeket, hogy minél több kreatív kémikust üdvözölhessünk.

MEGJEGYZÉSEK

[1] „Az impaktfaktornak tulajdonított jelentőség manapság teljesen abszurd […] Az, hogy egy cikk jelentőségét annak a folyóirat impaktfaktora alapján ítéljük meg, amelyben közölték, teljesen nonszensz” – írta Peter Gölitz, az Angewandte Chemie szerkesztője 2012-ben. Angew. Chem. Int. Ed. (2012) 51, 9704.

[2] Az itt bemutatott példát a következő cikkből vettük: Carenco, S. et al.: Small (2015) 11, 3045.

[3] Franciaországban a CNRS Kémiai Intézete nemrégen közölt egy cikket, amely figyelmeztet az önálló rövid távú támogatási rendszer veszélyeire és rámutat a felfedező, „blue sky” kutatások támogatásának szükségességére: L’Act. Chim. (2019) 436, 15.

[4] Ez minden korosztály kutatásaira vonatkozik, és tudományterületektől függetlenül érvényes megállapítás, amit számos újabban publikált cikk támaszt alá. Lásd pl. Johnson A. C., Sumpter J.: Nature (2019) március 22., Woolston C.: Nature (2017) 546, 175.

[5] A tudományos közlés szabályai gyorsan átalakulnak. A „Plan S” jó példa a politika beavatkozására ebbe a területbe (www.coalition-s.org). A fiatal kémikusok hálózatai, mint amilyen a Global Young Academy, kíváncsiak ennek a következményeire a következő néhány évben. https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2018/10/YA-Statement-on-Plan-S-FINAL.pdf

[6] Ez a pont kulcskérdés nemcsak a kémia, de az összes tudományág számára. A Global Young Academy friss felmérése kimutatta, hogy milyen nehézségekkel kell szembenéznie a fiatal kémikusoknak világszerte. https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2015/06/GYA_GloSYS-report_webversion.pdf

[7] „A fiatal emberek a fenntartható fejlődés kulcsemberei” az ENSZ szerint (www.un.org/press/en/2015/ga1648.doc.htm). A fiatalok akadémiái politikai tanácsokkal, tudományos kommunikációval és kapacitásépítéssel kívánnak ehhez hozzájárulni. https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2017/10/Statement-RoleYoungAcademies-SDGs-Oct2017.pdf

[8] Néhány példa a fiatal kémikusok hálózataira: az International Younger Chemist Network (IYCN) független szervezet és szorosan együttműködik az IUPAC-kal; a European Young Chemists Network (EYCN) a EuChemS fiatal kémikus divíziója; a Francia Kémiai Társaságban a „Réseau des jeunes chimistes” az országos társaság tagságának kb. 40%-át jelenti.

[9] A tudósok esetében, hasonlóan a művészekéhez, az alkotói rutin emberről emberre változik, de a kreatív munkához pihenésre és csapongási időre van szükség, ami nem produktív. Ezt illusztrálja a következő infografika, amely szemléletesen mutatja be híres emberek napi rutinját: https://podio.com/site/creative-routines

Bélafiné Bakó Katalin – Takács Piroska – Nemestóthy Nándor
Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet | bako@almos.uni-pannon.hu

Újabb trendek a membrán-szeparációs műveletek területén

Bevezetés

A membrántechnológia aktuális újdonságairól és a membrános társadalom történéseiről évtizedek óta beszámol a Magyar Kémikusok Lapja [1–2], legutóbb 2006-ban jelent meg egy közlemény [3]; ezt a hagyományt kívánjuk folytatni ezzel a rövid összeállítással, az azóta megfigyelhető trendek bemutatásával.

A membránosok jelentősebb nemzetközi találkozói ma már összehangolt módon zajlanak. A három nagy kongresszust évente váltogatva rendezik meg: a világ összes membránosát összefogó *International Congress on Membranes and Membrane Processes*-nek, rövidítve ICOM-nak 2005-ben Toulouse, 2008-ban Honolulu, 2011-ben Amszterdam, 2014-ben Suzhou (Kína), 2017-ben San Fransisco adott otthont, 2020-ban London következik. A két európai szintű találkozósorozat közül az egyik a *EuroMembrane*: 2006-ban Taorminában, 2009-ben Montpellier-ben, 2012-ben Londonban, 2015-ben Aachenben, 2018-ban Valenciában került megrendezésre; a másik pedig a *PERMEA*, amit – a visegrádi négyek szervezésében – 2007-ben Siófokon, 2010-ben Tatranska Matliaréban (Szlovákia), 2013-ban Varsóban, 2016-ban Prágában, 2019-ben pedig Budapesten rendeztünk meg [5].

A másik említésre méltó és régóta rendszeresen lezajló, utánpótlás-nevelő esemény, a *European Membrane Society* (EMS) által támogatott, évente megrendezett Membrános Nyári Egyetem, amelyre – most már hagyományként – minden évben eljut legalább egy magyar résztvevő, köszönhetően a MKE Membrántechnikai Szakosztály támogatásának. Az utóbbi rendezvények helyszínei: 23. Prága (2006), 24. Genova (2007), 25. Leuven (2008), 26. Geesthacht (2009), 27. Bukarest (2010), 28. Smardzewice (2011), 29. Nancy (2012), 30. Essen (2013), 31. Cetraro (2014), 32. Stráž pod Ralskem/Liberec (2015), 33. Bertinoro (2016), 34. Lund (2017), 35. Twente Egyetem, Enschede (2018), 36. Edinburgh (2019) és idén a 37. Alentejo következett volna (elhalasztották a járvány miatt). A fiatal magyar résztvevő(k) mindegyik eseményről beszámolót ír(nak) a szakosztály újságjába, a *Membrántechnika és Ipari Biotechnológia* című negyedévenként megjelenő lapba [4].

A magyar membrános kutatók közül néhány eljutott a legrangosabb konferenciákra, így első kézből értesülhetett a legújabb trendekről, újdonságokról. Ezek közül az olyan új, műszaki technológiák, mint a 3D nyomtatás vagy a nanotechnológiai eljárások, nagy hatással vannak a membrános fejlesztésekre is. Ebben az összeállításban a polimer membránok előállításához, a modulok kialakításához és az egyes membrános műveletekhez kapcsolódó új eredményekről, érdekességekről számolunk be.

Membránok előállítása

Nanospinning, elektrospinning

A pár nanométer átmérőjű (kapilláris membrán) szálak gyártására manapság egyre inkább elterjed az ún. elektrospinning (néhol nanospinning) technika. (A spinning szó fonást jelent). Az elektrospinning olyan szálhúzó eljárás, amely elektromos erőteret használ a fonalak húzására polimer oldatokból vagy olvadékokból [6–7], s nemrégiben e lap hasábjain is volt róla szó a textiliparral kapcsolatban [8]. Ezzel a módszerrel kiváló mechanikai szilárdságú és nagy modulkitöltési sűrűségű (felület/térfogat arány) „üreges fonalakat” lehet előállítani, amelyek előnyös tulajdonságai vonzóak a legkülönfélébb alkalmazás technikáknál, mint pl. a membrános vízkezelésnél. De az egészségügyben (sebkezelés) és gyógyszeriparban is nagy az érdeklődés.

Fémorganikus vázszerkezetek

Ezek a különleges, fémorganikus vázszerkezetek (*metallorganic frameworks*, rövidítve MOF), más néven szerves-fémkoordinációs rendszerek tulajdonképpen nagy porozitású, kristályos anyagok [9–12]. Felépítésüket tekintve hibridek, két fő szerkezeti egységből állnak: fémtartalmú szervetlen klaszterek alkotják a rácspontokat, amiket szerves molekulákból álló élek kötnek össze. Legérdekesebb jellemzőjük, hogy a kristályrács alkalmas kisebb molekulák befogadására, például H_2 vagy CH_4 tárolására. Az egyik legelterjedtebb a MOF-5 jelű anyag, ez kémiailag bázisos cink-tereftalát. Ezek a MOF-szerkezetek membránok anyagába is beépíthetők, s kivételes permeabilitású, szelektivitású membránok nyerhetők. Eddig elsősorban a gázszeparációknál vizsgálták őket.

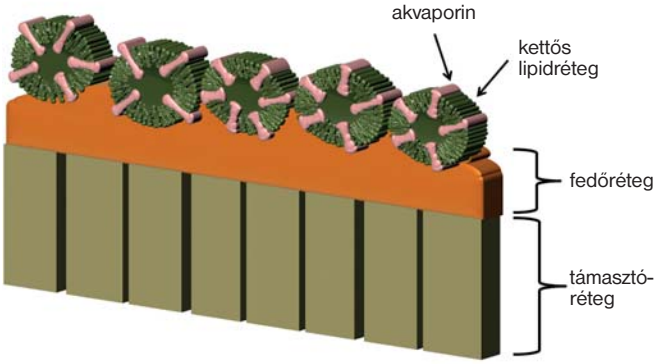
Akvaporinok

Az akvaporinok vízcsatorna-fehérjék, a biológiai sejtek (pl. a vese) vízáteresztő képességét szabályozzák [13], Peter Agre (USA) fedezte fel őket 1991-ben, s Nobel-díjat kapott érte 2003-ban. Az akvaporin fehérje úgy épül be a sejtmembránba, hogy belsejében egy 15 Å átmérőjű csatorna alakul ki, így a vizet átengedi, a víznél nagyobb molekulákat méretük alapján kizárja. Ennek és további különleges szerkezeti viszonyoknak köszönhetően az akvaporinok vízáteresztő képessége a $6 \cdot 10^{-14}$–$11 \cdot 10^{-14}$ cm^3/s tartományban van csatornánként, *ami körülbelül 3 milliárd vízmolekulát jelent másodpercenként!*

Az akvaporinok szintetikus membránba való beépítéséhez ún. proteo-liposzómákat alkalmaznak. Ezekbe a kettős lipidrétegből álló „gömbökbe” (vezikulumok) ágyazzák bele az akvaporinokat [14–17], amelyekből határfelületi polimerizációval történik a szelektív réteg kialakítása, amit pórusos támasztórétegre visznek fel **(1. ábra)**. Az így nyert membránok igen hatékony, szelektív víztranszportra képesek, főként a direkt ozmózisnál, illetve fordított ozmózisnál alkalmazhatók.

Többrétegű polielektrolit membránok

E speciális membránok (*polyelectrolite multilayer membranes*, rövidítve PEM) kialakítása során szintén a szelektív réteg felépítése az érdekes: itt rétegről rétegre, felváltva viszik fel a polikation és



1. ábra. Akvaporin-membránok felépítése

polianion réteget a hordozó támasztórétegre [18–19]. Az így előállított membránok népszerűvé váltak az utóbbi időszakban, egyrészt mert előállításuk viszonylag egyszerű, másrészt olyan „aktív” membránfelület nyerhető, amelynek szelektivitása jobb a jelen lévő töltéseknek köszönhetően. Leginkább nanoszűrésnél alkalmazzák, de pervaporációnál, fordított ozmózisnál is lehetséges.

Membránmodulok

3D nyomtatás

Az anyagtudomány fejlesztéseinek (is) köszönhetően és a 3D nyomtatás rutinszerűvé válása nyomán egyes polimerekből szinte bármilyen felépítésű, szerkezetű membránmodulok előállíthatók [20], ami az alapkutatáshoz nagyszerű lehetőséget kínál, hiszen így jóval szélesebb tartományban kutatható az áramlási és más környezeti viszonyok hatása az egyes membránok szeparációs teljesítményénél, speciális alkalmazások vizsgálhatók stb.

Újfajta modulelrendezés

Egyes gázszeparációs kapillárismembrán-moduloknál – bár ezt a gyártók nem verték nagydobra – a kapilláris szálkötegeket nem a megszokott egyenes szálirányú módon ragasztják be a modulba, hanem azokat eltérő irányú felcsévéléssel rögzítik **(2. ábra)**.

2. ábra. Gázszeparációs modul belső szerkezete

Ezzel a megváltozott áramlási viszonyok előnyös hatást gyakorolnak az elválasztásra.

Membrános műveletek

Elektromembrános eljárások

Az elektrodialízis (ED) és a bipoláris elektrodialízis (EDBP) alapján és mellett az utóbbi évtizedekben újabb és újabb elektromembrános eljárásokat fejlesztettek ki [21–22], ezek közül néhányat bemutatunk. A hagyományos ED működtetésénél az egyik legnagyobb gondot a vízkőkiválás jelenti, amelynek megszüntetésére az ún. fordított elektrodialízist (*electrodialysis reversal*, EDR) lehet alkalmazni. Ennek során az elektródok polaritását periodikusan megfordítják, így az ionáramlás iránya ellentétes lesz, s a kiváló részecskék leszakadnak.

Az elektrodeionizáció (EDI) lényegében az ioncserét és az elektrodialízist ötvözi. Az eljárás olyan folyamatos üzemű kevertágyas ioncserélés, mely nem igényel vegyszeres regenerálást, hanem azt elektrodialízissel oldják meg.

A membrán kapacitív deionizáció (MCDI) a kapacitív deionizációt ötvözi elektrodialízissel [23]. Az eljárásnál pórusos szénalapú elektródokat használnak, amelyek felületére ionszelektív membránt helyeznek. A művelet két fázisból áll. Az első az adszorpciós fázis, mely során a víz sótalanítása zajlik, a második pedig a deszorpciós fázis. Az adszorpció során az ionok az elektródok felé vándorolnak az ionszelektív membránokon keresztül. Amikor az elektródok telítődnek, az elektródok polaritását megfordítják (vagy lekapcsolják a feszültséget), s így deszorpció következik.

Gázszeparáció

A gázszeparációt legszélesebb körben a levegő szétválasztására használják, egészen pontosan nitrogén kinyerésére. A poliimid membránok alkalmasak erre, és a technika oly mértékben rutinszerűvé vált, hogy már a repülőgépeken is alkalmazzák [24]. Ugyanis, ahogy ürül ki a repülőgép tankjából a kerozin, a gáztérbe levegő kerülhet, ami robbanóelegyet alkot. Ebből baleset is volt: 1996-ban a TWA 800-as menetrend szerinti utasszállító járat (egy Boeing 474-100 repülőgép) New Yorkból Párizson át Rómába indult, a felszállás után 12 perccel felrobbant és az Atlanti-óceánba zuhant. 230 személy tartózkodott a gépen, és senki sem élte túl. A vizsgálat feltárta, hogy a szárnynál levő üzemanyagtankban az éghető kerozingőzök a beszivárgó levegő miatt robbantak be, valószínűleg egy rövidzárlat okozta szikra révén. Ezért azóta kötelező előírás, hogy a gázteret inert gázzal kell utántölteni, amihez a legegyszerűbb megoldás a helyben (membrános gázszeparációval) levegőből előállított nitrogén.

A gázszeparáció nagy tekintélyű atyjának tekintett Richard Baker professzor (USA) az ICOM-on elhangzott plenáris előadásában [25] konkrét és hasznos tanácsokat osztott, mit NE kövessünk el a membrános gázszeparáció alkalmazásánál:

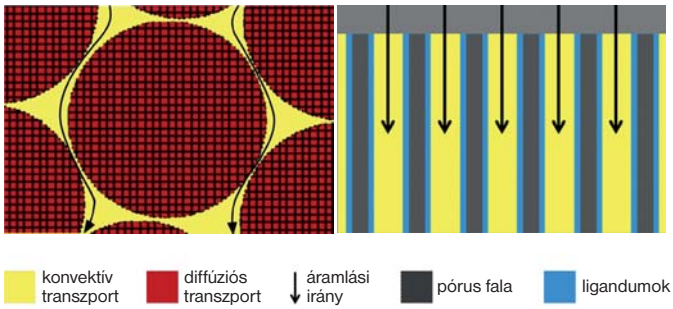
– NE növeljük a szelektivitást a permeabilitás rovására, ugyanis nem igazán számít a szelektivitás elméleti értéke 5 felett;
– NE használjunk 50 nm-nél vastagabb membránt: csak a nagyon vékony membránokkal fogunk elérni elfogadható permeabilitást;
– NE alkalmazzunk vákuumot a permeátum-oldalon, mivel meglehetősen drága.

Membrános kristályosítás

Első pillantásra talán meglepőnek tűnhet, de bizonyos speciális kristályosítási feladatokra membrános művelet is alkalmazható [26]. Az eljárás során a membrán felületére (amit korábban megfelelően módosítottak) kristályosodnak ki a jellemzően fehérjemolekulák. Először a protein adszorbeálódik a felületre, majd aggregátumok jönnek létre, az oldószer elpárolog vagy a membrán pórusain keresztül távozik (*solvent migration*), így túltelítődés alakul ki, és elindul a kristályosodás (nukleusz- és kristálynövekedés). A membrán felületének kritikus szerepe van a technikánál, nemcsak a kristályosodás szempontjából, hanem a kristályok eltávolítása miatt is…

Membránalapú affinkromatográfia

Fehérjeelegyek szeparálására jelenleg az egyik legelterjedtebben használt technika az affinkromatográfia. A kromatográfiás oszlopban porózus szemcséket alkalmaznak töltetként, és az ezek felületén található ligandumokhoz kötődik specifikus kölcsönhatás eredményeként a célfehérje. A porózus szerkezetnek köszönhetően a szemcsék nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, ezáltal nagy ligandumsűrűség és fehérjemegkötő kapacitás érhető el. A ligandumok jelentős része azonban a pórusok belsejében található, ahová csak diffúzióval jutnak be a fehérjék, a diffúziólimitáció pedig jelentősen növeli a megfelelő elválasztáshoz szükséges tartózkodási időt. Az említett probléma leküzdésére alkalmas a membránalapú kromatográfiás rendszer [27–28], mely a jövőben a hagyományos affinkromatográfia alternatívája lehet **(3. ábra)**.



3. ábra. Töltetes affinkromatográfia (balra) és membránalapú kromatográfia (jobbra)

A hagyományos oszlopkromatográfiánál az elválasztás során a fehérjék konvekciós mechanizmussal jutnak a töltet felületéhez, majd diffúzióval haladnak tovább a pórusokba. A lassú diffúziós transzport relatíve hosszú tartózkodási időt igényel, ami a produktivitás csökkenését eredményezi. A membrántechnikai eljárásnál viszonylag nagy pórusméretű (1–10 µm) membránokat használnak, ezen pórusok falán helyezkednek el a ligandumok. A nagyobb áramlási keresztmetszet révén a membránon keresztül konvektív transzport valósulhat meg, így nem lép fel diffúziólimitáció. A gyorsabb anyagtranszportnak köszönhetően nagyobb áramlási sebességgel működtethető a rendszer, ezáltal magasabb produktivitás-értékek érhetők el.

Általános megjegyzések, trendek

A membránszeparációs műveletek elterjedése az iparban igazi sikertörténetként értékelhető, a 60–70-es évektől kezdve bizonyos területeken domináns technológiákká nőtték ki magukat [29], sokszor az emberek nincsenek is tisztában ezzel. E területek:

– tengervíz-sótalanítás
– szennyvíztisztítás, vízvisszanyerés
– élelmiszeripar (gyümölcslevek előállítása, tejipar…)
– energiaipar (H_2, üzemanyagcellák)
– szelektív szeparációk (pl. bioaktív anyagok, peptidek…)

A szennyvíztisztításnál ráadásul a membrán-bioreaktoros technológia az EU-ban elnyerte a BAT címet (*Best Available Technology*).

A membránok jövőbeli szerepe elválaszthatatlan a világtrendektől. Ezek fő vonalakban: energia, környezetvédelem, nyersanyagok. Az energia kérdésköréhez kapcsolódóan megemlíthető, hogy pl. Szaúd-Arábiában ma már napenergiával működtetett membrándesztillációs sótalanító technológiák üzemelnek, 25 °C-on, ahol nincs ozmózislimit és 100 %-os sóvisszatartást lehet elérni. A másik nagy gond a környezetvédelemhez köthető: a membrángyártásnál használt oldószerek veszélyesek, mérgezők, ezért várhatóan nemsokára be lesznek tiltva, a „tiszta technológiák” trendjéhez igazodva. Ezért más oldószereket kellene találni, ahhoz azonban technológiát is kell váltani. Itt segíthetnek az utóbbi időszak „sláger” témái: a nanoanyagok, nanoszerkezetek. A nyersanyagok problémakör megoldásaiban kifejezetten nagy szerepet kaphatnak a membránok, hiszen a víznél mint nyersanyagnál már most is dominánsnak számítanak. De más értékes nyersanyagok (pl. lítium, ritka fémek…) visszanyerésénél is meghatározó szerep juthat a membrános elválasztástechnikáknak.

Összefoglaló értékelés

A membránszeparációs műveletek alkalmazása már több mint 80 éves múltra tekinthet vissza, ezalatt fejlődése töretlen volt, sőt a felhasználási területek köre egyre gyorsuló ütemben bővül, ami elsősorban környezetkímélő sajátságainak köszönhető. Örömteli az is, hogy hazai alkalmazása is egyre jobban terjed, egyetemeinken sok helyütt külön tantárgyként oktatják a membrános műveleteket, s egyre több nívós kutató-fejlesztő munka is kapcsolódik e területhez.

Köszönetnyilvánítás. A szerzők köszönetet mondanak az EFOP-3.6.1-16-2016-00015 számú, „A Pannon Egyetem átfogó intézményfejlesztése az intelligens szakosodás elősegítése érdekében” című projekt keretében kapott támogatásért.

IRODALOM

[1] Vásárhelyi K., Farkas L. P.: MKL (1987) 43, 447.
[2] Bélafiné Bakó K.: MKL (1999) 54, 128.
[3] Bélafiné Bakó K.: MKL (2006) 61, 145–152.
[4] Cséfalvay E.: PERMEA, 2019; MKL (2019) 12, 394.
[5] https://www.mke.org.hu/kiadvanyok/membrantechnika.html
[6] Tang, Z. et al.: J. Membr. Sci. (2009) 328, 1–5.
[7] Ahmed, F. E., Lalia, B. S., Hasjaikeh, R.: Desalination (2015) 356, 15–30.
[8] Kutasi Cs.: MKL (2020) 5, 168–170.
[9] Li, W.: Progress in Materials Science (2019) 100, 21–63.
[10] Shekhah, O. et al.: Crystals (2018) 8, 412–467.
[11] Pekker S. et al.: Fizikai Szemle (2018) 1, 11–15.
[12] Shah, K. H., Yousaf, T.: Removal of As (III) by magnetic oxide nano-particle coated Chitosan adsorbent, PERMEA, Budapest, 2019.
[13] https://aquaporin.com/products/
[14] Chun, Y. et al.: Desalination (2018) 445, 75–84.
[15] Kaufman, Y., Freger, V.: Supported Biomimetic Membranes for Pressure-Driven Water Purification, in On Biomimetics, InTech, 2011.
[16] Tang, C.Y. et al.: Desalination (2013) 308, 34–40.
[17] Li, Y. et al.: Desalination (2019) 467, 103–112.
[18] Joseph, N. et al.: Polym. Chem. (2014) 5, 1817–1831.
[19] Bruening, M. L. et al.: Langmuir (2008) 24, 7663.
[20] Lee, J.Y. et al.: J. Membr. Sci. (2016) 499/1, 480–490.
[21] Slouka, Z.: PERMEA, Prague, 2016.
[22] Mitko, K., Turek, M.: Copernican Letters (2015) 6, 34–40.
[23] Suss, M. E. et al.: Energy Environ. Sci. (2015) 8, 2296.
[24] Lee, Y.M.: Novel membranes for energy and environment, PERMEA, Prague, 2016.
[25] Baker, R.W.: Processing natural gas with membranes, ICOM, 11th International Congress on Membranes and Membrane Processes, San Francisco, 2017.
[26] Drioli, E., Di Profio, G., Curcio, E.: Current Opinion in Chemical Engineering (2012) 1/2, 178–182.
[27] Adametz, P., Thom, V.: Advantages of membrane-based protein chromatography processes, 17th Aachener Membran Kolloquium, 2019.
[28] Hagemann F. et al.: Conceptual performance modelling for high capacity chromatography affinity membranes used for antibody capture processes, 17th Aachener Membran Kolloquium, 2019.
[29] Drioli, E.: Realizations and future development of membrane engineering, PERMEA, Prague, 2016.

Az irodalomgyűjtés lezárva: 2020. május 20.

Barczáné Buvári Ágnes
ELTE Kémiai Intézet

Komplexkémiai kutatások az ELTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén

Az ELTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékének kutatói jelentős arányt képviseltek a magyarországi komplexkémiai kutatásokban, különösen annak kezdeti időszakában. Kőrös Endre, Burger Kálmán és Barcza Lajos a Komplexkémiai Kollokviumok alapító gárdájához tartoztak. Kőrös Endre több évtizeden át a Komplexkémiai Szakcsoport elnöke és a Kollokviumok fő szervezője, Burger Kálmán az MTA Koordinációs Kémiai Munkabizottsága elnöke volt. A Munkabizottság ülései hosszú időn keresztül rendszeresen a Tanszék könyvtárában zajlottak.

Kezdetben (1955 és 1960 között) különösen Kőrös Endre és Barcza Lajos jelentős szerepet játszott a komplexometriás analitikai módszerek hazai elterjesztésében; számos komplexometriás, illetve komplexképződésen alapuló egyéb analitikai eljárás kidolgozásában vettek részt [1–4]. Később, főleg a svédországi L. G. Sillén kutatócsoportjában folytatott tanulmányutak nyomán [5], a kutatások súlypontja a komplexkémiai egyensúlyok vizsgálatára tevődött át, majd az 1970-es évektől Burger Kálmán munkatársaival szerkezeti kérdésekkel, míg Kőrös Endre és csoportja a reakciók kinetikájával kezdett foglalkozni. (Magam 1971-től voltam a Tanszéken, ettől kezdve rendelkezem a programokkal, így pontos adatokkal innentől tudok szolgálni.)

A három alapítóhoz kapcsolódóan a továbbiakban három irány, illetve kutatócsoport alakult ki.

Kőrös Endre és Orbán Miklós kezdetben molekulakomplexekkel és egyéb gyenge kölcsönhatásokkal, hidrogénhidas komplexekkel foglalkoztak [6–8], Kőrös Endre *Molekulakomplexek* címmel könyvet is írt (Akadémiai Kiadó, 1975). Az 1970-es évek elejétől emellett áttértek a reakciók kinetikájának, az oszcilláló reakcióknak a tanulmányozására, bár a komplexképződés szerepét a jelenségek értelmezésében mindig szem előtt tartották [9–14]. Különösen érdekes eredményük a katalizátor nélküli oszcilláló rendszerek felfedezése [15,16]. Ezzel párhuzamosan eredményeiket egyre inkább a Reakciókinetikai és Katalízis Munkabizottság rendezvényein mutatták be, a Komplexkémiai Kollokviumokról lassan elmaradtak. 1971-től az összesen 8 munkatárs 16 előadással szerepelt a kollokviumokon.

(Az előadások számát illetően meg kell jegyeznem, a mai szokásokkal összehasonlításképpen, hogy régebben nem kellett a publikációs kényszer miatt mindenáron előadni, meg az akkori technikával, számítási lehetőségekkel több idő is kellett az eredmények eléréséhez – egy-egy csoport ritkábban, kiérleltebb munkákkal lépett föl, azokat viszont a kísérleti körülményekkel együtt, részletesebben ismertetve.)

A csoport állandó, ill. tartósan tagjai: Kőrös Endre, Orbán Miklós, Burger Mária, Nagy Zsuzsa, Varga Margit, Kurin Krisztina; néhány évig, szaklaborosként, ill. doktoranduszként Kiss Ágnes és Györgyi László.

A Kőrös-laborban 1980-ban, balról jobbra: Burger Kálmán, Kőrös Endre, Burger Mária, A. M. Zsabotyinszkij, Nagy Zsuzsa, Ruff Imre

Burger Kálmán úttörő szerepet játszott a szerkezetvizsgáló módszerek komplexkémiai alkalmazásában. 1969–70-ben a nála készült szakdolgozatom témája a Cu(II) szalicilaldoxim- és egyéb oxim-kelátjainak ESR-spektroszkópiai vizsgálata volt. Ennek a munkának itt nem következett folytatása (Rockenbauer Antal és csoportja lett ennek a területnek a művelője), viszont 1974-ben egy japán tanulmányút nyomán Burger Kálmán beszámolt a röntgen-fotoelektron-spektroszkópia (ESCA) alkalmazásáról [17], amely lehetőségeinek kiterjesztéséhez saját egyéni ötleteivel, a szilárd hordozón rögzített, illetve gyorsfagyasztott oldatok vizsgálatával is hozzájárult [18–20]. Ezzel párhuzamosan Vértes Attilával és Korecz Lászlóval bevezették a vas- és önkomplexek Mössbauer-spektroszkópiás vizsgálatát [21–23].

Ezek mellett a csoport munkájában folyamatosan jelen voltak az egyensúlyi vizsgálatok, egyre inkább biológiailag érdekes ligandumokkal (peptidek, cukorsavak stb.) kapcsolatban [24–26].

Ez az áttekintés eredetileg az 50. Komplexkémiai Kollokvium által ösztönözve készült, ezért, bár némileg átdolgozva, inkább történeti jelleggel, elsősorban az ezen rendezvényeken megjelent képet tükrözi.

Ennek az iránynak a fő képviselője Noszál Béla, aki elsőként foglalkozott a többfunkciós ligandumok különböző lehetséges protonálódási helyeihez rendelhető ún. protonálódási mikroállandók kérdésével [27–31].

1983-tól, Burger Kálmán Szegedre távoztával ez a kutatási terület jelentős részben Szegedre tevődött át. Noszál Béla folytatja azóta is az ilyen irányú munkát, de miután 1995-ben a Semmelweis Egyetem Gyógyszerészi Kémiai Intézetében lett egyetemi tanár, eredményeit inkább a Szerves és Gyógyszeranalitikai Munkabizottságban mutatja be.

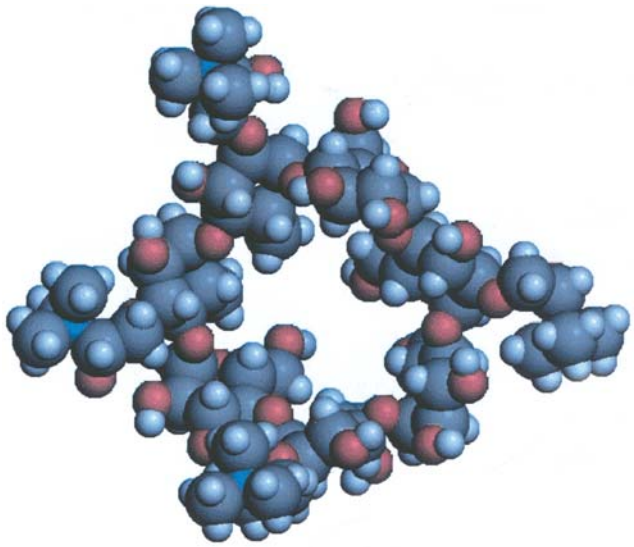
A Komplexkémiai Kollokviumokon a csoport 1971 és 1992 között 26 előadást tartott. Hosszabb-rövidebb ideig a csoport állandó tagjai: Burger Kálmán, Noszál Béla, Zay István, Andrási Erzsébet, Pékli Márta, Nyíri Judit; további munkatársak (külső vagy csak rövid ideig, doktorandusz, szaklaboros): Vértes Attila, Nagyné Czakó Ilona, Korecz László, Gaizer Ferenc, Wajand Judit, Takácsné Novák Krisztina, Pethő Gábor, Iváncsics Rita, Tánczos Rózsa, Szakács Zoltán, Molnár József, Molnárné Hamvas Lívia. Közülük néhányan más munkahelyre kerülve sem szakadtak el teljesen a komplexkémiától.

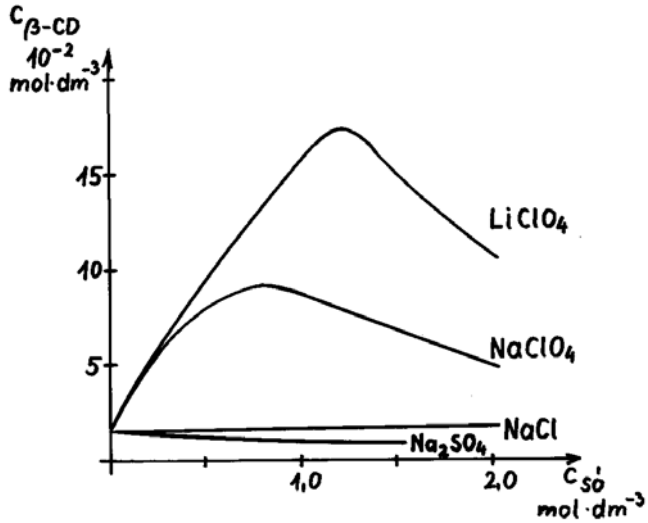
Barcza Lajos eleinte saját korábbi analitikai munkái és a Silléniskola nyomán izopolisavak, főleg a szelenit egyensúlyaival foglalkozott [32], elsősorban precíziós potenciometriás mérések alapján, különös tekintettel a diffúziós potenciál esetleges torzító hatására és annak kiküszöbölésére [33], emellett a gyenge kölcsönhatások (pl. hidrogénhidas asszociációk vizes közegben) követésére alkalmas egyéb módszerek keresésével (refraktometria, vezetőképesség) [34]. Az egyensúlymérések adatainak számítógépes kiértékelése magyarországi úttörői közé tartozott [35].

A súlypont egyre inkább a H-hidas asszociációkra (karbonsavak, aminok, alkoholok) helyeződött [36], ezt tükrözi *A kémia újabb eredményei* sorozatban (Akadémiai Kiadó) megjelent két monográfiája: *A hidrogénkötés* (1976) és a *Hidrogénhidas anionkomplexek* (1981). Eközben kereste meg a Chinoinból Szejtli József Kőrös professzort a *Molekulakomplexek* c. könyve alapján, hogy közreműködést kérjen – akár részben alapkutatási szinten is – az akkoriban indult ciklodextrin-programjukhoz. Ő ezzel nem kívánt foglalkozni, így lett a mi fő kutatási profilunk a hetvenes évek végétől a ciklodextrinek, később szubsztituált (metilezett, hidroxipropil- és kvaterner-ammónium-) származékaik **(1. ábra)** komplexképzési viszonyainak a tanulmányozása, mindvégig kiemelt figyelemmel a hidrogénkötés szerepére.

Egyebek közt megállapítottuk, hogy bár a ciklodextrinek (CD) elsősorban megfelelő méretű szerves molekulákkal képeznek stabilis zárványkomplexeket, egyes egyszerű szervetlen ionokkal, főleg anionokkal sem elhanyagolható a kölcsönhatás **(2. ábra)**, ami nem föltétlenül bezáródást, inkább hidrogénhidas, külső kapcsolódást jelent [37].

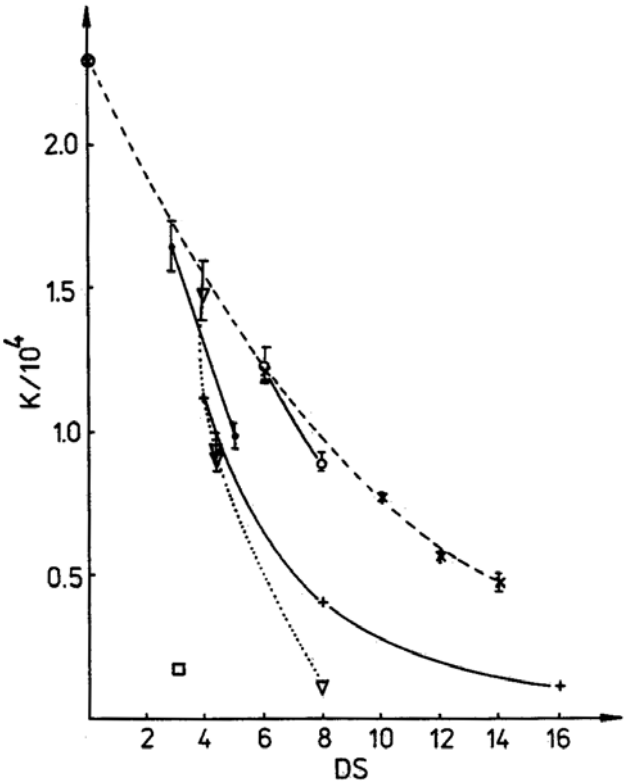
1. ábra. A kvaterner-ammónium- ß-ciklodextrin (DS = 4) egy lehetséges változatának modellképe

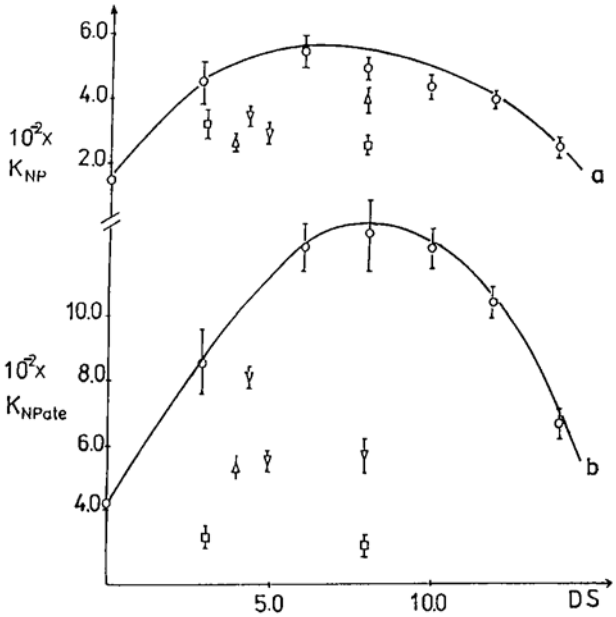




2. ábra. A ß-ciklodextrin oldhatóságváltozása különböző sók koncentrációjának a függvényében

3. ábra. A hidroxipropil-ß-ciklodextrin–fenolftalein komplexek stabilitási állandójának függése a szubsztitúciós foktól. A különböző szimbólumok különböző módon előállított mintákat jeleznek, amelyekben adott szubsztitúciós fok mellett a szubsztituensek eloszlása különböző (lehet). A görbék az azonos előállításból származó minták adatait kötik össze





4. ábra. Hidroxipropil-ß-ciklodextrinek p-nitrofenollal (NP, savas közeg), illetve a p-nitrofenolát-anionnal (NPate, lúgos közeg) képzett komplexeinek stabilitási állandója a szubsztitúciós fok függvényében. A jelölések megegyeznek a 3. ábráéval

Kimutattuk, hogy a komplexképződést befolyásoló számos tényező között nem hagyható figyelmen kívül a hidrogénkötés szerepe a CD-gyűrűk peremén levő OH-csoportokkal, akár H-donorként, akár H-akceptorként: a H-kötés kialakítására képes vendégmolekulák (karbonsavak, alkoholok, aminok) komplexeinek a stabilitási állandói mindig nagyobbak, mint az egyébként hasonló (méretű, térkitöltésű stb.) más vegyületekéi [38].

A szubsztituált ciklodextrin-származékokkal kapcsolatos eredményeink közül a legfontosabb annak a bizonyítása, hogy a komplexképző tulajdonságokat jelentősen befolyásolja nemcsak a szubsztituens minősége, hanem a szubsztitúció mértéke (átlagos szubsztitúciós fok: DS = az egy CD-gyűrűhöz átlagosan kapcsolódó szubsztituensek száma) és a szubsztituensek elhelyezkedése, eloszlása a CD-gyűrű primer, illetve szekunder alkoholos OH-csoportjai között is [39, 40], sőt, a hatás különböző méretű, típusú vendégmolekulák esetén különböző lehet **(3–4. ábra)** [41, 42].

A csoport tagjai: Barcza Lajos, Buvári Ágnes, rövidebb ideig, illetve részben már külső munkahelyről: Gyimesi János, Máté Magdolna, Horváth Péter; további résztvevők: Rózsahegyi Márta, Kajtár Márton, valamint szaklaborosok, doktoranduszok: Beleznay Zsuzsa, Gyarmathy Dóra, Rák Eszter, Mészáros Ágnes, Pap Viktória, Tarnay Máté, Máthé Katalin, Csernák Orsolya, Sebestyén Zita. Komplexkémiai Kollokviumokon összesen 32 előadással szerepeltünk. És közvetve idesorolhatjuk a Chinoinban, majd az Országos Gyógyszerészeti Intézetben működő Paál Tamást, akinek komplexkémiai érdeklődését és tevékenységét a Barcza Lajosnál végzett diákköri munka indította el [43]. Komplexkémiai Kollokviumokon 12 előadást tartott, főleg a borát és cukrok, polialkoholok komplexeiről.

A komplexkémiai csoport 1985 körül. Első sor balról: Gulyás Katalin (laboráns), Nguyen Hoang Ha (ösztöndíjas aspiráns), Iváncsics Rita, Noszál Béla. Második sor: Zay István, Gyimesi János, Barcza Lajos, Buvári Ágnes

A Trefort kerti B épület. A régi kémiai tanszékek helyére bölcsész tanszékek költöztek

Ahogy már említettem, Burger Kálmán, majd Noszál Béla (és Zay István) távozásával, a Kőrös-csoport irányváltásával a 90-es évek második felére már csak a mindig is kis létszámú Barcza-csoport maradt a Tanszékről a komplexkémia területén. Közben Gyimesi János, Horváth Péter és Nyíri Judit is (részben kényszerből) más munkahelyre távozott, így csak ketten maradtunk néhány szaklaborossal, doktorandusszal. Sebestyén Zita PhD-védésével [44] 2011-ben gyakorlatilag befejeződött az ilyen irányú munka.

Emlékeim a Komplexkémiai Kollokviumokról

1971-ben, a VI. kollokviumon vettem részt először. Akkoriban a Kollokviumok helyszínét a Komplexkémiai Szakcsoport elnökeként Kőrös Endre (legtöbbünknek egyszerűen Bandi) személyesen, helyszíni szemle alapján választotta ki, a mindenkihez mindig kedves és segítőkész, a szervezést a MKE részéről intéző Németh Pálnéval, azaz Borikával együtt, lehetőleg úgy, hogy az előadásokra alkalmas helyszínen kívül egyébként is érdekes, kellemes legyen. Így a Komplexkémiai Kollokviumok sorozata afféle „ismerd meg hazádat” mozgalom is volt, Soprontól Gyuláig, Salgótarjántól és Egertől Pécsig bejártuk az ország szép helyeit (33 év alatt 24 helyszín). Néha szervezett kirándulást is sikerült beiktatni, pl. Győrből Pannonhalmára.

A Kollokviumok légköre kezdetben kifejezetten családias volt, hiszen a legidősebbek is legfeljebb 50-es éveikben jártak. Ahogy

az alapítók haladtak előre korban és rangban, és újabb fiatalok kapcsolódtak be, ez természetesen némileg merevedett, de valamennyire máig megmaradt. Sosem felejtem el, amikor (valamikor a 80-as évek első felében?) egy kezdő kolléga az előadása végén megköszönte Markó professzornak, hogy a munkáját segítette, ő szinte kikérte magának, mondván, hogy egyrészt neki mint tanszékvezetőnek ez kötelessége, másrészt ebben a körben mellőzzük az ilyen protokolláris formaságokat. (Ez persze nemcsak a légkörre, hanem az emberre is jellemző.)

A második este azóta is szokásos ünnepélyesebb vacsora sokszor külön, kiemelt helyen volt. Az ilyen alkalmak rendszerint nagy éneklésben végződtek (népdaloktól magyar nótákon át vegyészoperáig) Markó László, Papp Sándor (Veszprém Város Vegyeskara oszlopos tagjai) és Kőrös Endre (a vegyészopera eredeti szerzőgárdájának tagja) vezetésével. Különösen emlékezetes az egri Szépasszony völgyében és a soproni Cézár-pincében (kétszer is) lezajlott borkóstolós vacsora.

Érdekes emlék még, amikor Esztergomban a vacsora hivatalos vége után egy kisebb, de több kutatóhelyről összejött csoporttal a Kis-Duna partján népdalokat énekelgetve sétáltunk, vagy amikor Mátrafüreden az Avar Szállóban „vizes szekció” alakult, mármint a szálloda úszómedencéjében, ahol a vízben a professzortól a kezdőig mindenki egyenrangú volt, és fesztelen beszélgetések folytak.

Összefoglalva, a Komplexkémiai Kollokviumok mindig adtak a szakmán túl valami egyebet is, és talán ez a titka, hogy ez a rendezvénysorozat már több mint 50 éve, máig fennmaradt.

IRODALOM

[1] L. Barcza, E. Kőrös, Determination of bismuth and divalent heavy metals in presence of each other. Chemist-Analyst (1959) 48, 94–95.

[2] Barcza L., Kőrös E., Újabb eredmények a nehézfémek komplexometriás meghatározásában. Acta Pharm. Hung. (1961) 31B, 9–15.

[3] L. Barcza, Angaben zur Bestimmung geringer Mengen von Wismut mit Dithizon. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1961) 28, 143–149.

[4] R. P□ibil, E. Kőrös, L. Barcza, Die komplexometrische Bestimmung des Hg-Gehalts von Quecksilberverbindungen. Pharm. Zhalle (1961) 100, 522–526.

[5] L. Barcza, L.G. Sillén, Equilibrium studies of polyanions, 19. Polyselenite equilibria in various ionic media. Acta Chem. Scand. (1971) 25, 1250–1260.

[6] Kőrös Endre: Újabb eredmények a molekulakomplexek kutatása terén. Előadás a VI. Komplexkémiai Kollokviumon, Eger, 1971. május 24.

[7] Orbán M., Kőrös E., Kiss Á., Vizsgálatok a hidrogénhidas komplexek körében. Előadás a VIII. Komplexkémiai Kollokviumon, Sopron, 1973. május 21.

[8] M. Orbán, Á. Kiss, L. Barcza, Formation of hydrogen bonded complexes between phenol and some heterocyclic bases in carbon tetrachloride. J. Chem Soc., Perkin Trans. 2, (1987), 1815-1817.

[9] Kőrös E., Burger M., Kiss Á., A bromátion redukciója trisz(fenantrolin)-vas(II)-ionnal kénsavas közegben Magyar Kémiai Folyóirat (1975) 81(3), 115–117.

[10] E. Kőrös, M. Orbán, Z. Nagy, Calorimetric studies on the Belousov Zhabotinsky oscillatory chemical reaction. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1979) 100, 449–461.

[11] E Kőrös, M. Varga, A novel possibility to clarify the role of bromide in bromate oscillators. Reaction Kinetics and Catalysis Letters (1982) 21(4), 521–526.

[12] Z. Nagy-Ungvárai, E. Kőrös, Calorimetric study on the bromate–malic acid–catalyst oscillating system. Reaction Kinetics and Catalysis Letters (1985) 27(1), 83–89.

[13] M. Varga, L. Györgyi, E. Kőrös, Bromate oscillators – elucidation of the source of bromide ion and modification of the chemical mechanism. J. Am. Chem. Soc. (1985) 107(16), 4780–4781.

[14] E. Kőrös, M. Varga, L. Györgyi, Thorough study of bromide control in bromate oscillators, 1. The effect of bromo-complex-forming metal-ions. J. Phys. Chem. (1984) 88(18), 4116–4121.

[15] E. Kőrös, M. Orbán, Uncatalyzed oscillatory chemical reactions. Nature (1978) 273, 371–372.

[16] M. Orbán, E. Kőrös, R.M. Noyes, Chemical oscillations during the uncatalyzed reaction of aromatic compound with bromate, 2. Plausible skeleton mechanism. J. Phys. Chem. (1979) 83(23), 3056–3057.

[17] K. Burger, E. Fluck, H. Binder, C. Várhelyi, X-ray photoelectron spectroscopy (ESCA) investigations in coordination chemistry, 2. Study of outer sphere coordination and hydrogen bridge formation in cobalt(III) and nickel(II) complexes. J. Inorg. Nucl. Chem. (1975) 37(1), 55–57.

[18] K. Burger, F. Tchimarov, H. Ebel, XPS-ESCA applied to quick-frozen solutions, 1. Study of nitrogen-compounds in aqueous solutions. J. Electron Spectroscopy & Related Phenomena (1977) 10(4), 461–465.

[19] K. Burger, Charge correction in XPS-ESCA – Bulk solvent as internal standard in quick-frozen solutions. J. Electron Spectroscopy & Related Phenomena (1978) 14(5), 405–410.

[20] K. Burger, H. Ebel, XPS (ESCA) characterization of spin-state crossover in an iron(II) mixed complex. Inorg. Chem. Acta – Letters (1981) 53(2), L105–L107.

[21] A. Vértes, I. Nagy-Czakó, K. Burger, Mossbauer study of equilibrium constants of solvates, 2. Determination of some solvation parameters of tin tetrahalides. J Phys. Chem. (1976) 80(12), 1314–1317.

[22] A. Vértes, I. Nagy-Czakó, K. Burger, Mossbauer study of equilibrium constants of solvates, 3. Solute–solute interactions in non-aqueous solutions of iron(III) chloride. J Phys. Chem. (1978) 82(13), 1469–1473

[23] L. Korecz, A. A. Saghier, C. Várhelyi, K. Burger, Mossbauer spectroscopic study of the electron-structure of iron dioxime mixed complexes. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1979) 102 (1), 27–37.

[24] K. Burger, J. Molnár, L. Molnár-Hamvas, F. Gaizer, Equilibrium investigations of hemin mixed complexes. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1976) 91(4), 403–411

[25] K. Burger, F. Gaizer, I. Zay, M. Pékli, B. Noszál, Coordination-chemical study of polypeptides, 2. Equilibrium study of zinc complex-formation of synthetic alpha-H-corticotropin 1–32. J. Inorg. Nucl. Chem. (1978) 40(4), 725–728.

[26] B. Noszál, K. Burger, Silver complex-formation equilibria of corticotropin fragments. Inorg. Chim. Acta (1979) 35(2), L387–L388.

[27] K. Burger, B. Noszál, Protonation and complexation equilibria of macromolecular bioligands in aqueous-mixed-solvent solutions – the solvent effect. Inorg. Chim. Acta – Articles (1980) 40(2), X7–X7.

[28] K. Burger, F. Gaizer, B. Noszál, M. Pékli, G. Takácsi-Nagy, Coordination-chemical study of polypeptides, 3. Protonation-deprotonation equlilibrium study of synthetic alpha-H-corticotropin 1-32 – data on pH-dependent conformation of corticotropin. Bioinorg. Chem. (1977) 7(4), 335–344.

[29] B. Noszál, K. Burger, New method for the evaluation of overlapping protonation equilibria of polyfunctional ligands – effect of solvent on the protonation of the funcional groups of corticotropin. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1979) 100, 275–288.

[30] Noszál B., D.L. Rabenstein, A hisztidin, hisztamin és rokonvegyületek N-protonálódási mikroegyensúlyai és C(2)-deprotonálódási mikrokinetikája. Előadás a XXV. Komplexkémiai Kollokviumon, Keszthely, 1990. május 30.

[31] B. Noszál, R. Kassai-Tánczos: Microscopic acid-base equilibria of arginine. Talanta (1991) 38(12), 1439–1444.

[32] L. Barcza, Beiträge zur Chemie des Selens und der Selenverbindungen, XII. Reaktion zwischen Selen(IV) und 3,3-Diaminobenzidin. Mikrochim. Acta (1964), 967–986.

[33] L. Barcza. L. Stróbl, B. Lehoczky, Investigation of the liquid junction potential in solutions of constant ionic strength. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1970) 63, 319–327.

[34] L. Barcza, Refractometric determination of stability constants. J. Phys. Chem. (1976) 80, 821–824.

[35] Barcza L., Kémiai egyensúlymérések adatainak számítógépes kiértékeléséről, I. A képződési állandók kiszámítása az n–p(A) értékpárok ismerete alapján. Magyar Kémiai Folyóirat (1969) 75, 513–517.

[36] M. Máté, L. Barcza, Investigation on the hydrogen bonded dimerization of aminoalcohols, I. Interactions between amines and alcohols. Acta Chim, Acad. Sci. Hung. (1989) 126, 21–26.

[37] Á. Buvári, L. Barcza, ß-cyclodextrin complexes of different type with inorganic compounds. Inorg. Chim. Acta (1979) 33, L179–L180.

[38] Á. Buvári, L. Barcza, The effect of hydrogen bonds on the inclusion complex formation of ß-cyclodextrin. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1989) 126, 455–462.

[39] Á. Buvári-Barcza, J. Kajtár, L. Barcza, Relationships between the stability, circular dichroism spectrum and type of substitution in inclusion complexes between phenolphthalein and different cyclodextrins. J. Inclusion Phenomena (1996) 24, 211–217.

[40] Á. Buvári-Barcza, L. Barcza, Influence of the guest, the type and degree of substitution on inclusion complex formation of substituted ß-cyclodextrins. Talanta (1999) 49, 577–585.

[41] Á. Buvári-Barcza, D. Bodnár-Gyarmathy, L. Barcza, Hydroxypropyl-ß-cyclodextrins: correlation between the stability of their inclusion complexes with phenolphthalein and the degree of substitution. J. Inclusion Phenomena (1994) 18, 301–306.

[42] Á. Buvári-Barcza, E. Rák, Á. Mészáros, L. Barcza, Inclusion complex formation of p-nitrophenol and p-nitrophenolate with hydroxypropyl-ß-cyclodextrins. J. Inclusion Phenomena (1998) 32, 453–459.

[43] T. Paál, L. Barcza, The formation of ethylene glycol–borates in aqueous medium, II. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. (1975) 87, 33–40.

[44] Z. Sebestyén, Á. Buvári-Barcza, J. Rohonczy, pH-dependent complex formation of amino acids with ß-cyclodextrin and quaternary ammonium-ß-cyclodextrin. J. Inclusion Phenomena Macrocycl. Chem. (2012) 73, 199–210.

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

XIX. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

Adszorbensek fajlagos felületének meghatározási lehetőségei folyadékelegyek adszorpciós izotermáiból

SCHAY GÉZA*—NAGY LAJOS GYÖRGY*

Kétkomponensű folyadékelegyek szilárd felületen kialakuló adszorpciós viszonyait *Ostwald* és *De Izaguirre* nyomán a következő kifejezéssel írhatjuk le:

$$\chi = H^0(x^0 - x) = n_1'(1 - x) - n_2'x = = n_1' - (n_1' + n_2')x \qquad (1)$$

ahol H^0 (mmól/g adszorbens) a kiindulási elegy mennyisége;
x^0 ill. x az 1. komponenes kiindulási, ill. egyensúlyi moltörtje a folyadékban;
n_1' és n_2' a két komponens mennyisége a határfelületi rétegben, egynsúly esetén (mmól/g adsz.).

Amennyiben feltehető, hogy tisztán fizikai adszorpció esetében a határfelületi réteg gyakorlatilag egy molekula vastagságúnak tekinthető, fennáll még az

$$n_1'\Theta_1 + n_2'\Theta_2 = F \qquad (2)$$

összfüggés is, ahol: Θ_1, ill. Θ_2 a komponensek felületigénye (m^2/mmól), és F az adszorbens fajlagos felülete (m^2/g adsz.).

Az elegyizotermák főbb típusai

Közismert és nyilvánvaló, hogy (2) érvényessége esetén ennek és (1)-nek a felhasználásával számítható a komponensek mennyisége a határfelületi fázisban (n_1' és n_2'), ha ismerjük az adszorbens fajlagos felületét, az adszorbeálódó molekulák felületigényét, és mérjük az adott mennyiségű kiindulási elegy koncentrációváltozását. Nem elegendő azonban ez a két összefüggés akkor, ha az F fajlagos felület is ismeretlen, ill. ezt kívánjuk a mért izotermából meghatározni.

* Budapesti Műszaki Egyetem.

Az, hogy folyadékelegyek adszorpciós izotermáit alkalmas körülmények között ennek ellenére fel lehet használni fajlagos felület meghatározására, csak az utóbbi években vált ismeretessé [1—4].

Korlátlanul elegyedő folyadékpárok adszorpciós izotermáinak különböző típusait vizsgálva — lényegében öt izotermatípust különböztethetünk meg [2] — megállapíthatjuk, hogy három típusnál a χ—x izoterma egy szakasza gyakorlatilag lineáris.

Az 1. ábra az elegyizotermák említett öt alaptípusát mutatja be. A 2—4. típusnál mutatkozik a χ—x izotermán lineáris szakasz és látható, hogy ennek az egyéni izoterma ($n' - x$) vízszintes szakasza felel meg, vagyis itt az n_1' és n_2', a komponensek mennyisége a határfelületi fázisban állandó.

A fajlagos felület meghatározása „grafikus" módszerrel

Az (1) összefüggés a lineáris szakaszra a következő formában írható fel:

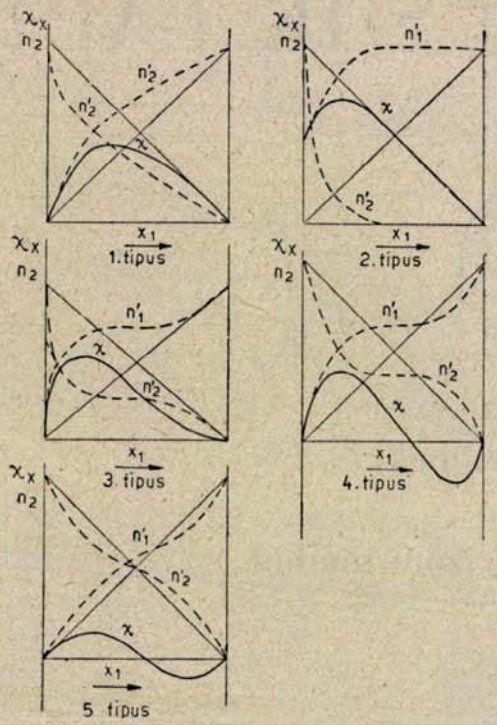
$$n_1' - (n_1' + n_2')\,x = a - bx \qquad (3)$$

$a = n_1' =$ konst.

$b = n_1' + n_2' =$ konst.

Ezek szerint a lineáris szakasz meghosszabbítása az $x = 0$ és $x = 1$ tengelyig megadja az 1. és 2. komponens mennyiségét a hátárfelületi fázisban (grafikus módszer).

A kísérleti eredmények — ismert fajlagos felületű adszorbenseken felvett izotermák — kiértékelése alapján megállapítottuk, hogy számos rendszernél a lineáris szakasz grafikus extrapolálásával megállapított n_1' és n_2' értékek helyettesítése

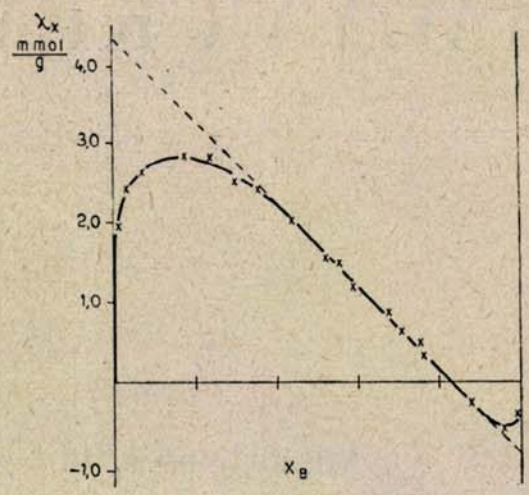


1. ábra. Folyadékelegyek adszorpciós izotermáinak főbb típusai

a (2) egyenletbe a hibahatárokon belül helyes értéket szolgáltat F-re, ez az eljárás tehát alkalmas felületmeghatározásra és ez az eredmény azt is mutatja, hogy a lineáris szakaszon belül az összetétel állandónak tekinthető.

Megjegyezzük azonban, hogy elméletileg az összetétel állandósága a határfelületi fázisban csak közelítésként fogadható el [2].

Az irodalomban közölt és saját mérési adataink alapján különböző adszorbenseken (aktív szén, szilikagél, alumínium-oxid, korom, grafit) felvett izotermákkal határoztunk meg fajlagos felületet [3, 4] és azt tapasztaltuk, hogy több elegypárnál jó az egyezés a BET módszerrel (gőz adszorpció) és a grafikus módszerrel meghatározott értékek között. A kétfajta módszerrel meghatározott felületek $\pm 5\%$-on belül egyeztek, ami adszorpciós



*2. ábra. Az etilalkohol-benzol elegy adszorpciós izotermája aktív szénen, 25 C°-on. $n'_B = 4{,}3$ mmól/g; $n'_A = 0{,}8$ mmól/g; $F_G = 4{,}3 \cdot 180 + 0{,}8 \cdot 120 = 870$ m²/g. $\Phi^*_B = 180$ m²/mmól; $\Phi^*_A = 120$ m²/mmól; $F_{BET} = 840$ m²/g; * a felületértékek irodalmi adatok [10].*

felületmeghatározásnál igen jó egyezésnek tekinthető.

Az 1. táblázatban néhány adszorbens BET módszerrel és grafikus módszerrel meghatározott fajlagos felület értékét mutatjuk be.

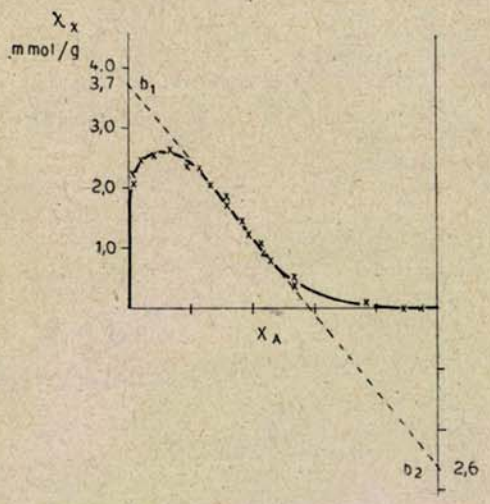
Aktív szén adszobenseknél a legjobb eredményt a metilalkohol-benzol, etilalkohol-benzol, propilalkohol-benzol és az etilalkohol-széntetraklorid elegyekkel kaptuk, ugyanakkor méréstechnikailag is ezek az elegypárok váltak be a legjobban (4. típusúak).

A felsorolt elegypárokon kívül a vizsgáltak közül még a következő elegyek adnak grafikusan kiértékelhető izotermát aktív szén esetében: ecetsav-benzol (4. típus); ecetsav-víz (3. típus); etilalkohol-víz (3. típus); butilalkohol-benzol (3. típus); propionsav-víz (3. típus); piridin-víz (4. típus); metanol -széntetraklorid (4. típus); aceton-benzol (4. típus); propilalkohol-víz (4. típus); kapronsav-széntetraklorid (4. típus) és ciklopentán-hexán (3. típus).

1. táblázat

Néhány abszorleus BET módszerrel (F_{BET}) és grafikus módszerrel (F_g) meghatározott fajlagos felülete

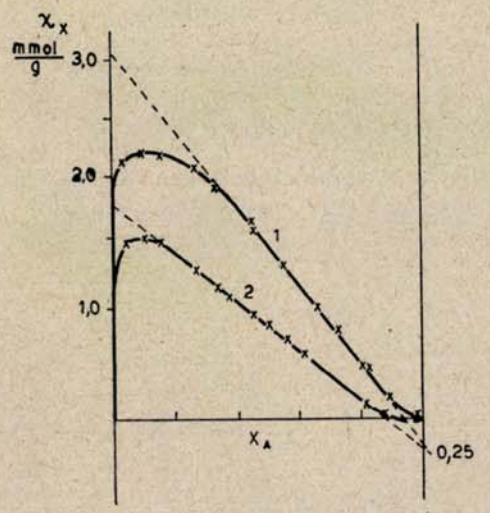
Adszorbens	F_{BET}	F_G	Elegy	Izoterma típusa	Irodalmi hivatkozás
Korom	116	127	ciklopentán-n-hexán	3	[2]
grafit	84	82	n-vajsav ciklohexán	3	[2]
Aktív szén	612	587	etilalkohol-benzol	4	[5]
Aktív szén	590	620	etilalkohol-benzol	4	
Aktív szén	840	870	etilalkohol-benzol	4	
Aktív szén	840	840	ecetsav-benzol	4	
Aktív szén	540	556	benzol-ciklohexán	3	[5]
Korom	81	81	benzol-ciklohexán	(1)—2	[6]
Szilikagél	580	560	metilacetát-benzol	1—2	[7]
Szilikagél	540	522	etilalkohol-benzol	4	
Szilikagél	340	340	toluol-n-heptán	(1)—2	[8]
Szilikagél	540	560	toluol-n-heptán	2	
Alumínium-oxid	184	174	piridin-ciklohexán	3	[9]
Alumínium-oxid	240	236	toluoln-heptán	2	
Alumínium-oxid	212	207	etilalkohol-benzol	4	
Aktív szén	620	601	ecetsav-víz	3	



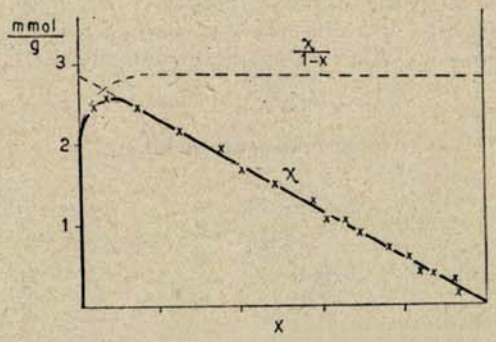
*3. ábra. Ecetsav-víz elegy adszorpciós izotermája aktív szénen, 25 C°-on. $n'_E = 3{,}7$ mmól/g ; $n'_V = 2{,}6$ mmól/g ; $F_G = 601$ m²/g, $F_{BET} = 620$ m²/g, $\Phi^*_E = 120$ m²/g ; $\Phi^*_V = 60$ m²/g. * = a felületértékek irodalmi adatok [11]*

A 2. ábrán etilalkohol-benzol izotermáját mutatjuk be aktív szénen (4. típus). A 3. ábra az ecetsav-víz adszorpciós izotermát mutatja be aktív szénen.

A felsorolásból is látható, hogy elsősorban a 4. típusú, előjelváltásos izotermák alkalmazhatók a gyakorlatban. Ezeknél a leghosszabb a lineáris szakasz, itt adódik a legjobb egyezés a BET eredményekkel, az ilyen típusú izotermák közelítik meg a legjobban azt a határesetet, hogy a felületi összetétel változatlan egy adott szakaszon. Oxidadszorbenseknél a felsorolt elegypárok általában nem alkalmazhatók, mert valamelyik komponens kemiszorbeálódik, bár nem egy közülük ugyancsak grafikusan kiértékelhető izotermát ad.



4. ábra. Etilalkohol-benzol adszorpciós izotermák szilikagélen, 25 C°-on. 1. izoterma : előkezeletlen szilikagél $n'_A = 3{,}1$ mmól/g, $n'_B = 0{,}25$ mmól/g, $F_{BET} = 280$ m²/g $F_G = 430$ m²/g. 2. izoterma : alkohollal előkezelt szilikagélnél $n'_A = 1{,}8$ mmól/g ; $n'_B = 0{,}25$ mmól/g, $F_{BET} = 260$ m²/g ; $F_G = 240$ m²/g



5. ábra. Metilalkohol-benzol elegy adszorpciós izotermája előkezelt szilikagélen 25 C°-on; a $\chi - x$ és a $\frac{\chi}{1-x} - x$ görbék bemutatása egy 2. típusú izotermánál

Oxidadszorbensek fajlagos felületének meghatározási lehetőségei

A 4. ábra etilalkohol-benzol izotermákat mutat be szilikagélen. Az 1. izotermát előkezeletlen, a 2. izotermát alkohollal előkezelt (2 hétig alkoholban áztatott) szilikagélen vettük fel, amelyiken már csak fizikai adszorpció van.

Az oxidadszorbensek előkezelése azonban a felület nagyságát jelentősen megváltoztatja, ezért olyan elegypárok jöhetnek elsősorban számításba, amelyeknél nincs kemiszorpció. Ilyen pl. a benzol-heptán (2. típus), toluol-heptán (2. típus), metil-acetát-benzol (2. típus), toluol-i-oktán (2. típus).

A 2. típusú izotermák igen szélsőséges határesetet jelentenek. Ebbe a típusba elvileg csak azok az esetek sorolhatók, amelyeknél egy jelentős koncentráció-tartományban csak az egyik komponens képezi a határfelületi fázist. Ez szigorúan soha nem valósulhat meg, a gyakorlatban is csak abban az esetben, amikor az egyik komponens kemiszorbeálódik (metilalkohol-benzol-szilikagél, 5. ábra). Gyakori viszont az az eset, hogy az egyik komponens már kis egyensúlyi koncentrációknál (0,2—0,4 móltört) erősen feldúsul a felületen (x' elérheti a 0,85—0,95 értéket). Ebben az esetben a lineárisnak látszó izotermaszakasz grafikus kiértékelése a valóságosnál kisebb felületértéket ad.

Jobb eredményeket kapunk ilyenkor, ha a $\chi - x$ izoterma helyett a $\frac{\chi}{1-x} - x$ izotermát értékeljük ki, azaz a $\frac{\chi}{1-x}$ görbét extrapoláljuk az $x = 1$ tengelyig és az így kapott értéket tekintjük az erősebben adszorbeálódó komponensből a teljes borítottsághoz szükséges mennyiségnek (n'_∞)

A $\frac{\chi}{1-x}$ összefüggés extrapolálása az $x = 1$ tengelyig az ún. 1—2. típusú átmeneti izotermák esetén egyértelműen az erősebben adszorbeálódó komponens azon mennyiségét adja meg, amely a tiszta komponensből adszorbeálódik (n'_∞), mert

$$\lim_{x \to 1} \frac{\chi}{1-x} = \lim_{x \to 1} n'_1 - n'_2 \frac{x}{1-x} = n'_{1\infty}$$

abban az esetben, ha n'_2 magasabb rendben tart 0-hoz, mint az $\frac{x}{1-x}$, az 1—2. átmeneti izoterma

típusnál pedig éppen arról van szó, hogy a 2. komponens az 1-nek már viszonylag kis koncentrációjánál nagymértékben kiszorul a felületről.

2. táblázat

Metilacetát-benzol-szilikagél*

x	x	χ	$\frac{\chi}{1-x}$
0,1	0,548	1,56	1,73
0,2	0,662	1,68	2,11
0,3	0,762	1,66	2,37
0,4	0,835	1,58	2,64
0,5	0,886	1,42	2,85
0,6	0,920	1,18	2,95
0,7	0,945	0,908	3,02
0,8	0,962	0,614	3,07
0,9	0,982	0,309	3,09
0,95	0,997	0,158	3,16

(gőzadszorpcióval $n'_{\infty MAC} = 3{,}2$)

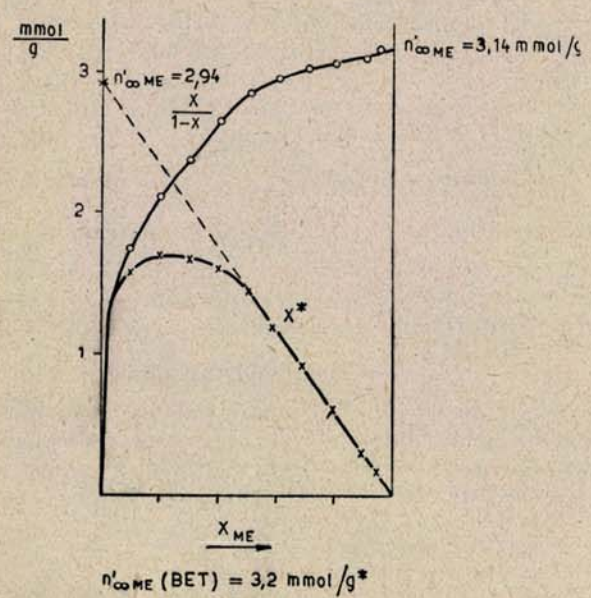
χ—x-ből $n'_{\infty MAC} = 2{,}94$

$\frac{\chi}{1-x}$ — x-ből $n'_{\infty MAC} = 3{,}14$

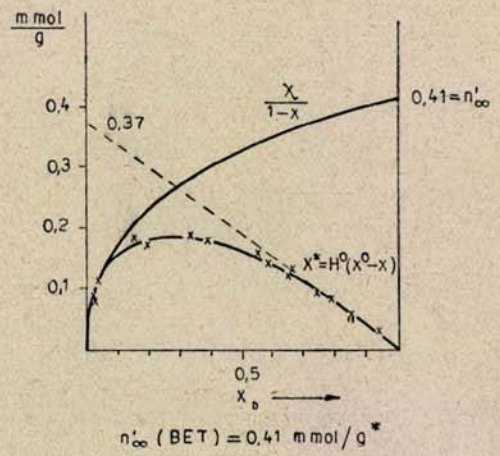
* Az x' és a gőzadszorpciós érték irodalmi adat [6].

A 6., 7. ábrán és a 2. táblázatban a metilacetát-benzol-szilikagél és a benzol-ciklohexán-korom rendszer ilyen kiértékelését mutatjuk be.

A felületmeghatározás céljából felvett izotermáknál az egyszerűbb számolás miatt célszerű a $\chi_s = G^0(s^0 - s)$ értéket ábrázolni a súlytört függvényében. (G^0 az elegy súlya 1 g adszorbensre vonatkoztatva, s_0, ill. s a kiindulási és egyensúlyi súlytört). A lineáris szakasz meghosszabbítása ebben az esetben is az adott komponens határfelületi mennyiségét adja meg (g/g aszorbens). Az (1) és (2) összefüggés ugyanis ugyanolyan joggal vonatkoztatható a tömegekre is.



*6. ábra. Metilacetát-benzol elegy adszorpciós izotermája szilikagélen, 25 C°-on. * A χ és $n'_{\infty BET}$ irodalmi adat* [10]



*7. ábra. Benzol-ciklohexán elegy adszorpciós izotermája kormon, 26 C°-on. * A χ és $n'_{\infty BET}$ irodalmi adat* [10]

[...]

IRODALOM

[1] *Schay—Nagy:* J. Chim. Phys. *149* (1961).
[2] *Cornford—Kipling—Wright:* Trans. Farad. Soc. *58*, 74 (1962).
[3] *Nagy—Schay:* M. Kém. F. *66*, 31 (1960).
[4] *Schay—Nagy—Szekrényesy:* Per. Polytechn. *4*. 95 (1960).
[5] *Kipling—Tester:* J. Chem. Soc. 720 (1952).
[6] *Kipling—Peakall:* J. Chem. Soc. 4054 (1954).
[7] *Kipling—Peakall:* J. Chem. Soc. 4030 (1954).
[8] *Kiszeljov — Hopina — Eltyekov:* Iz. Ak. Nauk. SzSzSzR, No. 6. 664 (1958).
[9] *Kipling—Peakall:* J. Chem. Soc. 194 (1958).
[10] *Kipling, J. J.:* J. Chem. Soc. 2373 (1957).
[11] *Blackburn—Kipling:* J. Chem. Soc. 3819 (1954).
[12] *Blackburn—Kipling:* J. Chem. Soc. 4103 (1955).

A Schay–Nagy-módszer

Schay Géza a hazai határfelületi fizikai kémiai kutatások iskolateremtő, nemzetközi szinten a mai napig is megkerülhetetlen alakja. A fakszilime cikk egy fiatal kollegájával, Nagy Lajos Györggyel közös kutatásainak eredményét ismerteti.

Schay Géza pályája érdekesen indult, hiszen egyetemi tanulmányait jogászként kezdte, de már az első félév után irányt változtatott, hogy kémia-fizika tanári oklevelet szerezzen. Matematikát Fejér Lipóttól, analitikai kémiát Winkler Lajostól tanult, a szerves kémiát a „szomszéd várból", a műegyetemi Zemplén Gézától hallgatta.

A hagyományos klasszikus műveltséggel (is) rendelkező tudósgenerációhoz tartozott. Látóköre a kémián belül is széles és sokirányú volt, amit publikációi és pályafutása állomásai jól fémjeleznek. Felsorolásuk messze meghaladná kereteinket. Már életében legendává vált. Különös érzéke volt ahhoz, hogy a kísérleti munka gyenge pontjait felismerje és arra jellegzetes éneklő hangján rá is kérdezzen a tudományos előadásokat követő diszkussziók során. Ezért a konferenciákon, akadémiai üléseken jelenléte a minőségbiztosításnak is abszolút garanciája volt.

Doktori dolgozatát „A halogének elválasztása és meghatározása elektrolízissel" témában írta. Már 1922-től egészen 1943-ig, ahogy egy önéletrajzában fogalmazta, „a Mezőgazdasági Kísérletügy szolgálatában állt". Közben 1927 és 1930 között a Berlin melletti Dahlemben, a Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie-ben, a mai Max Planck Intézetek elődjében volt ösztöndíjas. Mentora a határfelületi kémiában is kiemelkedő munkásságú (vö. Polányi-potenciál) Polányi Mihály volt. Az itteni Fizikai Kémiai és Elektrokémiai Intézetben végzett munka egyik eredménye a *Zeitschrift für Physikalische Chemie*-ben megjelent cikksorozat és az „Über hochverdünnte Flammen" című monográfia. 1929-ben a Pázmány Péter Tudományegyetemen a fizikai kémia magántanára lett, mely tárgykörnek 1939-től 1949-ig címzetes nyilvános rendkívüli tanári címmel volt itt előadója. Egész életén végigvonult az elméleti munka és az alkalmazott kutatások szimbiózisa. Egyetemi tanársága mellett vezeti a Magyar Ruggyantagyár fizikai kutató-, ellenőrző és textillaboratóriumát, 1949 és 1955 között a Gumiipari Kutató Laboratórium igazgatója. Saját eredményein alapuló cikkei jelennek meg a gumigyártás fizikai kémiai vonatkozásairól, a gumi relaxációs viselkedéséről, elasztikus tulajdonságairól. Akadémiai székfoglalóját „Az ammónia katalitikus bomlása réz és platina felületén" címmel tartja.

Egyetemi tanári pályáját 1949-től a Budapesti Műszaki Egyetemen folytatta. Aktívan részt vesz az MTA Központi Kémiai Kutató Intézetének megszervezésében, melynek közel 15 éven át első igazgatója lesz. Érdeklődése fokozatosan fordul az adszorpció felé. Az 1960-ban Berlinben kiadott *Theoretische Grundlagen der Gaschromatographie* c. könyvében elsőként foglalja össze a folyadékkromatográfiából kinőtt, akkor elterjedőben lévő gázkromatográfia termodinamikai alapjait. Az analitikusi helyett a fizikai kémikus látásmódjával közelít a módszerhez. A Fejes Pállal, Pethő Árpáddal és Székely Györggyel elért eredmények alapján született mű is egy lépés az elegyek felé vezető úton: a magyarul megjelent *A gázkromatográfia alapjai* (Akadémiai Kiadó, 1961) egy fejezete már „A frontok vándorlása elegyadszorpció esetében" címet viseli.

Széles látóköre, igényessége, az újra való nyitottsága, az ipari kutatások során szerzett tapasztalatai nemcsak tudományszervező, de oktatói munkásságában is visszaköszöntek. Ennek ellenére, vagy talán éppen ezért, egyetemi előadóként nem volt népszerű: nem „középiskolás fokon" tanított. Értelmezte, nem leadta az új anyagot. Az akkori diákok sem arról voltak híresek, hogy előre készültek volna az előadás anyagából, hogy a „prof" előadása aztán könnyebben követhető, sőt élvezetes legyen. Az Erdey-Grúz Tiborral közösen írt háromkötetes, több kiadást is megért *Elméleti fizikai kémia* c. tankönyvön generációk nőttek fel, többen forgatjuk még ma is. Címe ellenére számos, adatokkal is dokumentált ipari vonatkozás hozza közelebb az olvasó számára a tárgy gyakorlati jelentőségét. Az 1964-es negyedik, átdolgozott kiadás már tárgyalja az elegyadszorpció újonnan feltárt jelenségét. Az itt részben bemutatott cikk is jól tükrözi a szerzőpáros igényes, alapos és körültekintő tudományos szemléletét. A szisztematikus munkával számos elegypár/szilárd felület rendszeren mért eredmények tették lehetővé az elegyadszorpciós izotermák Schay–Nagy szerinti osztályozását és „a Brunauer–Emmett–Teller-módszerrel egyenértékű független" fajlagos felület meghatározási módszer kidolgozását. Ez az eljárás Schay–Nagy-módszerként vált az elegyadszorpciós és felületkémiai kézikönyvek máig megkerülhetetlen fejezetévé.

László Krisztina

Schay Géza (1900–1991)

Bécsben született. 1923-ban a Pázmány Péter Tudományegyetemen szerzett kémia-fizika szakos tanári, majd doktori oklevelet. Az Országos Magyar Királyi Kémiai Intézet és Központi Vegykísérleti Állomás, majd a Növényegészségügyi Intézet, később a Ruggyantaárugyár lett a munkahelye. 1943-tól 1949-ig ez utóbbi

Schay Géza emléktáblája az MTA Központi Kémiai Kutatóintézetben, majd a Természettudományi Kutatóközpontban

kutató-, ellenőrző és textillaboratóriumát vezette. 1968-ig igazgatta az MTA 1954-ben alapított Központi Kémiai Kutató Intézetét. 1970-es nyugdíjba vonulása után élete végéig az Intézet tudományos tanácsadója maradt. 1952-ban és 1956-ban Kossuth-díjjal tüntették ki.

1929-ben már alma materének magántanára. 1948-tól 1965-ig

a BME Vegyészmérnöki Karán az Ipari Elméleti Kémiai Tanszék, majd – átszervezése után – a Fizikai Kémiai Tanszék professzora. Kutatóintézeti igazgatóként és tanszékvezetőként egyaránt kimagasló érdemeket szerzett a modern szemléletű fizikai kémiai kutatás és oktatás megteremtésében. Az MTA 1946-ban levelező, 1954-ben rendes taggá választotta. Éveken át volt elnöke az MTA fizikai kémiai főbizottságának, illetve radiokémiai bizottságának. A keletnémet Berlini Tudományos Akadémia külső tagja, a Francia Kémiai Társaság (SCF) és az Osztrák Kémikusok Egyesülete (GÖCH) tiszteleti tagja volt. Huszonöt éven át volt elnöke az IUPAC magyar bizottságának. 1957-től 1972-ig elnöke, majd tiszteletbeli elnöke volt a Magyar Kémikusok Egyesületének.

Nagy Lajos György (1930–1999)

a Schay Géza nevével fémjelzett hazai adszorpciós iskola nemzetközileg is elismert meghatározó-továbbvivő egyénisége. 1953-ban a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán szerzett kitüntetéses vegyészmérnöki diplomát. Kezdettől fogva a BME Fizikai Kémia Tanszékén dolgozott, 1986 és 1994 között annak vezetőjeként. 1971-ben elegyadszorpciós kutatási eredményeivel lett az MTA kémiai tudományok doktora. Felületkémiai munkásságát 1981-ben Buzágh Aladár-fődíjjal ismerték el. Úttörő munkát végzett a radiokémiai kutatások megindításában és oktatásának bevezetésében. Négy évig dékánhelyettesként, majd hat évig dékánként szolgálta a Vegyészmérnöki Kart. 1980-tól 1994-ig az MTA Kémiai Tudományok Osztályának tanácskozó tagja, a radiokémiai bizottság társelnöke. A Magyar Kémikusok Egyesülete Kolloidkémiai és Reológiai Szakosztályának társelnöke, a Magyar Kémiai Folyóirat szerkesztőbizottságának tagja volt. **L. K.**

A szokások hatalma: a 2019-es IgNobel-díjak

A mulatságos, de elgondolkoztató tudományos eredményeket elismerő IgNobel-díjakat 29. alkalommal adták át 2019. szeptember 12-én a Harvard Egyetemen (videó: https://www.youtube.com/watch?v=mfzs8ZIPVIA). Szokás szerint ebben az évben is volt az ünnepségnek központi fogalma: a *szokások*. Szokás szerint valódi Nobel-díjasok is aktívan részt vettek a programban: 2019-ben ezek Eric Maskin (2007, közgazdaságtan), Rich Roberts (1993, orvostudomány) és Jerry Friedman (1990, fizika) voltak. Szokás szerint volt papírrepülő-dobálás; szokás szerint megvoltak a 24/7 előadások, amelyekben először 24 másodpercben kell ismertetni tudományos eredményeket, majd 7 szóban összefoglalni őket; szokás szerint egy minioperát is bemutattak, ennek a címe *A szokások rabjai* (Creatures of habit) volt.

A szokásoktól eltérően a másfél órás ceremóniának ezúttal volt komoly és megható része is. Megemlékeztek a 2018 decemberében, 93 éves korában elhunyt Roy Glauberről, aki az IgNobel-díj egymást követő átadásain húsz éven át söpörte a papírrepülőket a színpadról. A 2005-ös ünnepséget azért hagyta ki, mert fizikai Nobel-díjat kapott. Speciálisan erre a célra készített seprűjét egy harvardi fizikus kollégája, Mikhail Lukin vette át.

A szokások hatalma a kémiai IgNobel-díj odaítélésénél látványosan érvényesült. 2018-ban az emberi nyál tisztítószerként való felhasználását vizsgáló munkát ismertek el, s a következő évben is folytatódott a nyálas témákon való rágódás: a díjat Shigeru Watanabe, Mineko Ohnishi, Kaori Imai, Eiji Kawano és Seiji Igarashi japán kutatók vihették haza 1995-ben publikált cikkükért, amelyben az ötéves gyermekek szájában termelődő nyál térfogatát határozták meg (*Archives of Oral Biology* **1995**, *40*, 781–782). A kitüntetést a szerzők nevében Shiguru Watanabe vette át a tudományos munkában annak idején kísérleti alanyként részt vállaló gyermekei társaságában.

A további díjazottak:

- Orvostudomány: Silvano Gallus (Olaszország) annak bizonyításáért, hogy a pizzaevésnek egészségmegőrző hatása lehet abban az esetben, ha a pizzát Olaszországban készítik és fogyasztják el (*International Journal of Cancer* **2003**, *107*, 283–284).
- Orvostudományi oktatás: Karen Pryor és Theresa McKeon (USA) egy állatkísérletekből ismeretes tanítási technika sebészek képzésében való eredményes felhasználásáért (*Clinical Orthopaedics and Related Research* **2016**, *474*, 945–955).

• Biológia: Ling-Jun Kong, Herbert Crepaz, Agnieszka Górecka, Aleksandra Urbanek, Rainer Dumke, és Tomasz Paterek (Szingapúr, Ausztria, Kína, Németország, Lengyelország, USA, Bulgária) annak bizonyításáért, hogy mágneses térben a döglött csótányok másképpen viselkednek, mint az élő csótányok (*Scientific Reports* **2018**, *8*, 5140).

• Anatómia: Roger Mieusset és Bourras Bengoudifa (Franciaország) a férfi nemi szervben kialakuló hőmérsékleti kiegyensúlyozatlanság feltérképezéséért ruhát viselő, illetve nem viselő francia postásokon végzett kísérletsorozatban (*Human Reproduction* **2007**, *22*, 2178–2182).

• Mérnöki tudományok: Iman Farahbakhsh (Irán) csecsemők pelenkacseréjét elvégző gép feltalálásáért (10034582-as számú USA szabadalom).

• Közgazdaságtan: Habip Gedik, Timothy A. Voss és Andreas Voss (Törökország, Hollandia és Németország) annak vizsgálatáért, hogy melyik ország papírpénze jelent nagyobb baktériumfertőzési kockázatot (*Antimicrobial Resistance and Infection Control* **2013**, *2*, 22).

• Béke: Ghada A. bin Saif, Alexandru Papoiu, Liliana Banari, Francis McGlone, Shawn G. Kwatra, Yiong-Huak Chan és Gil Yosipovitch (UK, Szaúd-Arábia, Szingapúr, USA) a viszkető testrészek megvakarásával létrejövő kellemes érzés kvantitatív méréséért (*British Journal of Dermatology* **2012**, *166*, 981–985).

• Pszichológia: Fritz Strack (Németország), aki először azt fedezte fel, hogy egy szájban tartott toll mosolygást idéz elő és boldogságot okoz, majd meg is cáfolta ezt a következtetést (*Frontiers in Psychology* **2017**, *8*, 702).

• Fizika: Patricia Yang, Alexander Lee, Miles Chan, Alynn Martin, Ashley Edwards, Scott Carver és David Hu (USA, Taivan, Ausztrália, Új-Zéland, Svédország, UK) annak megértéséért, hogy az Ausztráliában élő növényevő emlősök, a vombatok ürüléke miért kocka alakú (71st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics 2018, E19.0000).

Ha valakinek a díjak vagy a díjazottak nem kellően szokványosak vagy éppen nem kellően szokatlanok, az 2020. szeptember 17-én élőben követheti majd a harmincadik IgNobel-díjátadót.

Lente Gábor

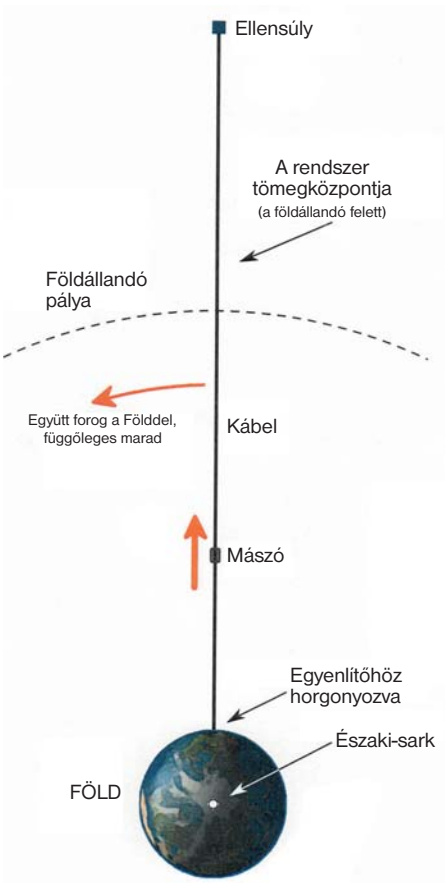
Braun Tibor
ELTE Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Informatikai Központ | dr.braun.tibor@gmail.com

Űrlifttel a csillagokig

35 000 km-es nanocső kábelre várva

Előszó

A címben szereplő űrlift még nem valósult meg, ezért egyesek még mindig a tudományos fantasztikum, a sci-fi kategóriájába sorolják. Annak igazolására, hogy ez nem teljesen így van, több forráshoz is nyúlhatnánk, hiszen hatalmas információ-háttér áll ehhez rendelkezésre az ismeretterjesztő médiában és a tudományos szakirodalomban egyaránt. De persze azt is meg kell említenünk, hogy ha nem esik túlzásba, a sci-fi néha a tudomány előfutára, mert a gondolkodási folyamatot nem kötik gúzsba a mindenkori tudományos korlátok, így ha egy alkotónál az intuíció és a tudományos szakismeret egyensúlyba kerül, az eredmény működőképes, jövőbe mutató koncepció is lehet. Fentiek tekintetében *Arthur C. Clarke* (1917–2008) angol író, mérnök, *Az éden szökőkútjai (The Fountains of Paradise)* című, 1979-ben publikált könyvére hivatkozunk. [1] Ebben a szerző regényes formában megjövendölte, hogy a 22. században a Földön megépül majd az űrlift. Clarke kétkedőknek szánta a következő mondatot: „Minél valószínűtlenebb egy történet, annál közelebb állhat a valósághoz.”



1. ábra. A Földről induló űrlift sémája [18]

A csillagok elérésének álma már a civilizáció legkorábbi idejében is foglalkoztatta az emberiséget. A híres orosz tudóst, *Konsztantyin Ciolkovszkij*t tekintik az űrutazás atyjának és az űrrakéta-tudomány megalkotójának. Az 1950-es években, amikor az űrkutatás gondolatát kezdték komolyan venni, az egyetlen olyan módszer, ami rendelkezésre állt, a rakéták használata volt. Mai szemmel azonban ez az űrbe jutási/juttatási módszer meglehetősen előnytelen. A rakéták mozgatása ugyanis üzemanyagot igényel, ez utóbbinak a Föld vonzásának legyőzésére együtt kell utaznia a rakétával, ezért az induló rakétatömeg 90%-át az üzemanyagnak kell képeznie. A másik hatékonyságveszteség az energiafelhasználási folyamatból ered, mivel a rakétának nagy sebességgel kell haladnia, és a hajtómű nagyon kedvezőtlenül működik ilyen nagy sebességeknél. Végül a villámgyors haladás a légkörben jelentős ellenállási erőket hoz létre és nagy hőmérséklethatásokat okoz a rakétán.

A fentiekkel szemben a Földet az űrrel összekötő űrliftek jelentős előnyökkel járhatnak, ezért ez kiemelt témáját képezi a 21. század tudományos kutatásának. Az űrlift építésének legnagyobb kihívása a szállítandó tárgyak továbbítására, kapaszkodására szolgáló, prózaian mondva, az ég és föld között kifeszített kábel **(1. ábra)** [2]. Nagyon kevés olyan anyag áll rendelkezésre, ami egyáltalán szóba jöhet egy ilyen kábel gyakorlati megvalósítására. Emellett tekintetbe kell venni, hogy az űrlift-kábel működésénél nehézségek merülhetnek fel az időjárás, az atomi oxigénkorrózió, az űrhulladék, az űrhajók, a sugárzás és a politikai szabályozások szempontjából.

Jelen dolgozatban feltételezzük, hogy a kábelt képző anyagokat jelentős hosszúságban és erősségben lehet majd a közeljövőben előállítani, mint amilyeneket rövidebb méretben laboratóriumban jelenleg is létrehoznak.

Bevezetés

Az űrlift alapját képező kábel megépítése után a centrifugális erőnek tulajdoníthatóan az függőleges marad. A valóságban ez egyszerűen a rendszer tehetetlenségére épül. Ugyanis ha egy kábelen felfüggesztett tárgy körkörös forgást végez, sebessége függ annak az objektumnak a gyorsaságától, ami körül forog. Az ilyen mozgástípusban a kábel, ami összeköti a mozgásban lévő tárgyat az általa létrehozott körforgás közepével, kifeszítve marad a mozgó tárgy sebességéből eredő tehetetlensége folytán. Ez képezi lényegében az űrlift alapgondolatát. A Föld Egyenlítőjére horgonyozva a kábelt, az űrlift-kábel kifeszítve marad a nagy tangenciális sebessége folytán. Ezért a földi nehézségi erő húzóerejének ellensúlyozására a centrifugális erőnek nagyobbnak kell lennie, mint a liftkábelre gyakorolt gravitációs húzóerőnek. Ez 35 786 km magasságban következik be, és *földállandó (geostacionárius, GEO-pálya)* néven ismeretes. Működése közben a liftkábel tömegközpontja, mint említettük, 35 786 km-re kell legyen a Föld felületétől. A szükséges kábelmennyiség önsúlyának minimalizálására a liftkábel űrbeli végén lennie kell egy ellensúlynak (ami lehet például egy kisbolygó vagy egy űrhajó) annak érdekében, hogy a tömegközpontot a GEO-pálya fölé húzza és megakadályozza a liftkábel földre roskadását. A kábelnek el kell viselnie az alulról (gravitációs) és felülről (centrifugális) jelentkező erő feszítését. [3–7]

Az űrlift-kábel anyagkémiája

Az új nyersanyagok közelmúltbeli felfedezése lehetővé teszi az ilyen erős kábelek létrehozását. Teljesen új és kivételes fizikai tulajdonságok jelenhetnek meg, amikor az anyag mérete a nanoskála felé csökken. A különböző nanoszerkezetek, valamint a sokféle egydimenziós hálózat esetében különösképpen a nanocsövek nagyon jelentős helyet szereztek maguknak a legszélesebb körűen tanulmányozott nanoanyagok között.

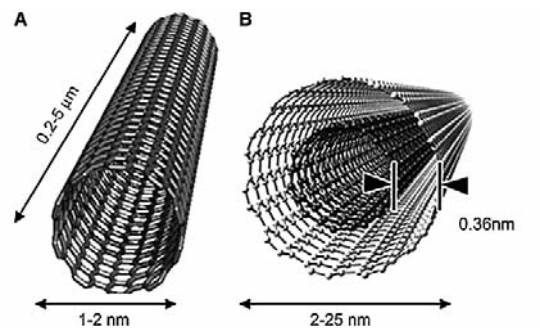
Az űrlift-kábel létrehozására alkalmazott anyagok milyensége, az űrlift a projekt legfontosabb szempontját képezi. Hosszú ideig nem történhetett fejlődés e területen megfelelő anyagféleség hiányában. Még az acélt és a kevlárt sem lehetett alkalmazni az űrlift-kábel építésére, mert nem teljesül a szükséges „kúpos arány", értve itt a geoszinkron pályánál fennálló kábelvastagság és a földi alapponton lévő kábelvastagság arányát. A legtöbb anyagféleségnél a fajlagos szilárdság, azaz a szilárdság és a súly aránya túl kicsi, mert a kábelvastagság növelése folytán a kábel saját súlya túl nagy lesz. [8]

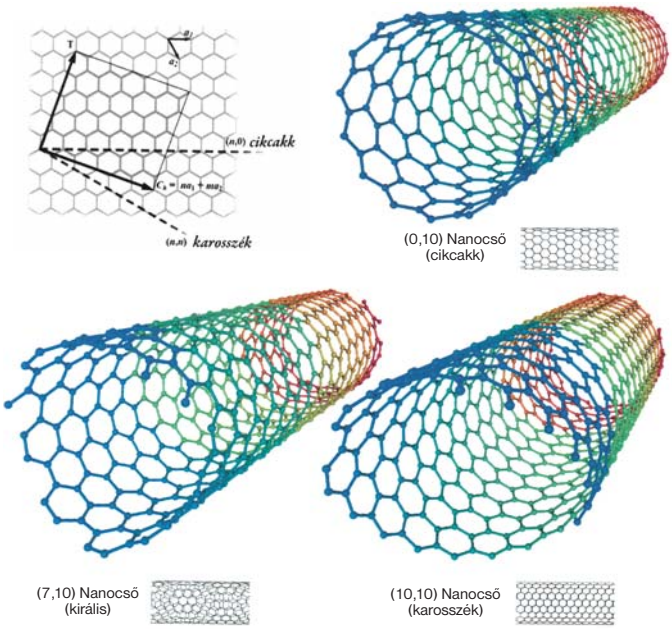
Szén nanocsövek

A szén nanocsövek felfedezése és fejlődése reális lehetőséget vetett fel az űrkábel megépítéséhez. Fajlagos erősségük bármilyen más, jelenleg létező anyagféleségnél jobb, elméletileg képesek például 1,5 értékű kúpos arányt (taper ratio) létrehozni. Összehasonlításként az acél kúpos aránya 10^{52}, ami bőven szélesebb a világegyetemnél. Az anyagnak, amiből az űrkábel készül, ellenállónak kell lennie azokkal a környezeti hatásokkal szemben, amelyeknek a kábel különböző szakaszai használat közben ki lesznek téve, beleértve a komoly légköri, időjárási, sugárzási, valamint űrszennyezési hatást is. A szén nanocsövek megfelelnek azoknak a fizikai követelményeknek, amiket a felsoroltak szükségeltetnek. Kiegészítőleg epoxigyantát használhatnak a szén nanocső rövid szegmenseinek összeragasztására. Az epoxigyanta időálló és erős kompozitot képez a szén nanocsövekkel. Húzószilárdságnak nevezik azt a legnagyobb feszítést, amit az anyag el tud viselni törés nélkül, értékét pascalban mérik. A szén nanocsövek húzószilárdságát 70–120 GPa értékűnek tartják, ami rendkívül nagy az acéléhoz (0,4 GPa) vagy a kevláréhoz (3,6 GPa) hasonlítva. Ezenfelül a szén nanocsövek fajsúlya kisebb, mint az acélé vagy a kevláré, ugyanis 1300 kg/m^3, míg a vasé 7900 kg/m^3, illetve a kevláré 1440 kg/m^3.

A szén nanocsövek átlagos átmérője körülbelül 10 angström. Az űrlift esetében egyfalú szén nanocsövek jönnek számításba, mert ezek húzószilárdságáról több ismeret áll rendelkezésre, mint a többfalú szén nanocsövek esetében **(2. ábra)**. Az egyfalú szén nanocsövek milyensége szintén befolyásolja a nanocsövek mechanikai és elektromos tulajdonságait. Az egyfalú szén nanocsövek három konfigurációtípusa (karosszék, cikcakk, királis) közötti különbséget a **3. ábra** vázolja. Az űrlift-kábel számára a cikcakk egyfalú szén nanocsövek a legmegfelelőbbek, mivel azoknak a legkisebb a torzulása. Hátrányuk viszont, hogy külső hatásokra törékennyé válnak. Ennek ellenére ezeket a szén nanocsöveket tartják jelenleg a legmegfelelőbbnek űrkábel építésére. [9–10]

2. ábra. Egyfalú és többfalú szén nanocsövek [19]





3. ábra. Egyfalú szén nanocsövek típusai [20]

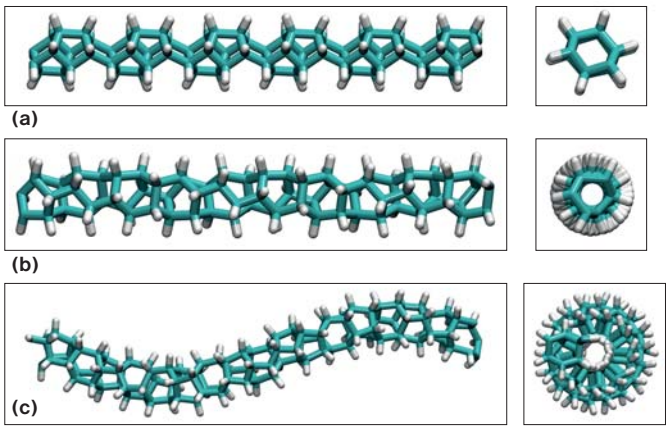
A szén nanocsövek hibahelyei

Bár a szén nanocsövekből előállított űrlift-kábel sokat ígérőnek tűnik, a valóságban egy ilyen kábel szilárdságát jelentősen befolyásolják a nanocsövek hibahelyei. Ezek nanolyukak és nanorepedések formájában jelentkeznek, és kialakulásukkal egy vagy több hatszögű széngyűrű elvesztésével járnak. Ez azért is jelentős lehet, mert egy űrlift-kábel 60% nanocsőből és 40% epoxikompozitból áll, de csak összesen 2% epoxitömeget tartalmaz. Az epoxi-nanocső kompozitszakaszok minimális hossza 100 µm, és ez elégséges ahhoz, hogy körülbelül 4 mm hosszú szénnanocsőszegmenseket szálakká kösse össze. De mint említettük, egy kisméretű hibahelynek is komoly hatása lehet a szén nanocsövek szilárdságára, így például egyetlenegy hatszögű széngyűrű elvesztése az [5,5] szén nanocsövek szakítószilárdságának 105 GPa-ról 70 GPa-ra, a [10,10] szén nanocsövek szakítószilárdságának 88 GPa-ról 56 GPa-ra való csökkenéséhez vezet. [11]

A továbbiakban felsorolunk még néhány, nemrégen felfedezett szilárd anyagot, vegyületet, amikkel szintén folynak elméleti és gyakorlati kutatások űrkábel előállítására.

Gyémánt nanoszálak

A gyémánt nanoszálakat benzolból magas nyomáson szilárd fázisú reakcióval szintetizálták. Hasonlóan a szén nanocsövekhez a gyémánt nanoszálaknak üres csövekből áll a szerkezetük, amit Stone–Wales (átalakulási) hibahelyek szakítanak meg. Kimutatták, hogy a Stone–Wales-hibahelyeket tartalmazó gyémánt nanoszálaknak kitűnőek a mechanikai tulajdonságaik. Keménységük körülbelül 850 GPa, és hajlítási merevségük kiváló. Töré-



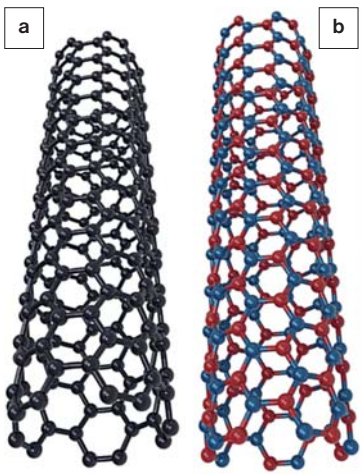
4. ábra. Nanogyémánt szálak és kötegek [21]

kenységük változtatható a Stone–Wales-hibahelyek sűrűségének ellenőrzésével.

Nyomás alatt a benzolmolekulák összetapadnak, meghajlanak és széttörnek. Amint azonban a rájuk gyakorolt nyomást lassan enyhítik, az atomok újra összekötődnek egy új, rendezett szerkezetet alkotva, ami hasonlít a gyémánt tetraéderes megjelenéséhez, amiben hidrogénatomok állnak ki minden tetraéderből úgy, hogy másik tetraéderhez kötődnek hosszú, vékony nanoszálat képezve. Amikor a nagy nyomás hatására a benzolmolekulák összetörnek, atomjaik igyekeznek valahogy máshogy elrendeződni, de mozgásra képtelenek, mivel a nyomás eltávolítja a közöttük lévő összes szabad teret. Következményként a maradék darabok reaktivitása megnő, így a nyomás enyhe csökkenésére szabályos polimerizálási reakció jön létre, ami létrehozza a gyémánt nanocsőszálakat. A fentiek során létrejött szerkezet képezi az első példáját az új gyémántszerű nanoanyagnak, ami annak erős tetraéderes alapjára épül. A **4. ábra** bemutatja a préselés során benzolból létrejött gyémántszálakat, illetve az azokból létrehozható kötegeket. [12–13]

Grafénszálak és nanocsövek

Grafén-oxidból megfelelő kezelés után, majd redukcióval nanocsövekből álló hosszú grafénszálak húzhatók. Ezekből az egyfalú szén nanocsövekkel megfelelő erősségű kötegek állíthatók elő, amik nagy szilárdságú kompozitot képeznek. [14]



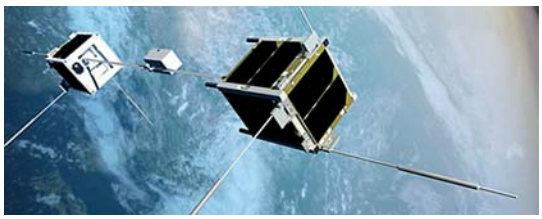
5. ábra. Bór-nitrid nanocsövek [22]

Bór-nitrid nanocsövek

A bór-nitrid nanocsövek szerkezete hasonló a szén nanocsövekéhez. Ezekben szénatomok helyett bór- és nitrogénatomok szerepelnek hatszögű rácsokba rendezve **(5. ábra)**. Nem meglepő, hogy e hasonlóság folytán a bór-nitrid nanocsövek és a szén nanocsövek hasonló belső jellemzőket mutatnak, például kiváló mechanikai tulajdonságokat és nagy hővezető képességet. Young-moduluszuk TPa értékűnek mutatkozott. Bár ez a bór-nitrid nanocsövek esetében alacsonyabb valamivel, mint a szén nanocsöveké, várható mechanikai stabilitásuk magas hőmérsékleten a szén nanocsövekéhez hasonlít. A bór-nitrid nanocsövek oxidációval szembeni ellenállása szintén hasonló a szén nanocsövekéhez. [15]

Az űrlift megvalósításának helyzete

Mint már említettük, űrlift pillanatnyilag még nem működik sehol a világon, de előrehaladott kutatást jelenleg már számos országban végeznek. Japánban például eldöntötték, hogy 2050-ig megépítenek és működésbe helyeznek egy valóban a csillagokig felkapaszkodni képes űrliftet. Ennek előkészítéseként már most kipróbálás alatt van egy miniatürizált változat: ez 10 méteres kifeszített szénnanocső-kábelből áll, aminek végein két, egyenként 10 cm méretű „cupsat” kocka [3] között 3 cm széles minikabin csúszkál (**6. ábra**). Ezt a miniberendezést a japánok orosz hordozórakétán fellőtték az űrbe, és a minikabin mozgását a Földről irányítják a kifeszített kötélen.



6. ábra. Az űrben működő japán miniatürizált kísérleti űrlift; illusztráció [23]

Nem tudjuk e dolgozatot befejezni anélkül, hogy idéznénk a *New Scientist* című angol ismeretterjesztő folyóirat 2019. januári számában a *Going up? Plans for a space elevator are getting a much-needed lift* című cikk végén leírt mondatot: „In 1903 a piece in the New York Times estimated that it would take anything from 1 million to 10 million years for mathematicians and mechanomicians to achieve powered flight. Weeks later, the Wright brothers took to the air.” [16–17]

IRODALOM
[1] Arthur C. Clarke, Az éden szökőkútjai, Totem Plusz Kiadó, Budapest, 1993.
[2] https://hu.wikipedia.org/wiki/%C5%B0rlift
[3] J. Pearson, Acta Astronautica (1975) 2, 785.
[4] http://www.nss.org/resources/library/spaceelevator/2000/SpaceElevator-NASA-CP210429.pdf
[5] http://www.elevator2010.org/
[6] http://web.archive.org/web/20050206100051/
[7] L. Golubovitz, S. Knudsen, Appl. Phys. Res. (2017) 9, 56.
[8] N. M. Pugno, Acta Astronautica (2013) 83, 221.
[9] Z. Bochnicek, Phys. Teacher (2013) 51, 462.
[10] http://www.universetoday.com/publish/liftport_manufacture_nanotubes.html?27442005
[11] M. Berthelot, daVinci's Notebook, 2014, 6.
[12] A. Zhang, W. B. C. An, Y. Gu, Nature Comm. (2017) 8, 14863.
[13] T. C. Fitzgibbons, M. Guthrie, E. Xu, W. H. Crespi, S. K. Davidowski, G. D. Cody, M. Alen, J. W. Badding, Nature Mater. (2015) 14, 43.
[14] doi: 10.1038/Nature.20m.9549
[15] https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smtd.201700184
[16] https://www.thetimes.co.uk/article/japan-hopes-to-turn-sci-fi-into-reality-with-elevator-to-the-stars-8zqvvsj7jsj
[17] K. Oakes, New Scientist (2019) 12 January, 43.
[18] https://en.wikipedia.org/wiki/Space_elevator
[19] http://jnm.snmjournals.org/content/48/7/1039/F1.medium.gif
[20] https://api.intechopen.com/media/chapter/16990/media/image6.png
[21] https://www.scimex.org/newsfeed/diamond-nanothread-why-this-versatile-new-material-could-prove-priceless-for-manufacturing
[22] https://media.springernature.com/lw785/springer-static/image/art%3A10.1186%2Fs40580-018-0149-y/MediaObjects/40580_2018_149_Fig1_HTML.png
[23] https://www.sciencenews.org/article/japan-has-launched-miniature-space-elevator

Dr. Boksay Zoltán egyetemi tanár (1927–2020)

Ez év tavaszán érzékeny veszteség érte a hazai kémikustársadalmat: életének 93. évében elhunyt Boksay Zoltán, az ELTE Szervetlen Kémiai Tanszékének egyetemi tanára. Személyében a Gróh Gyula nevével fémjelzett professzorgeneráció (Lengyel Béla, Csákvári Béla) utolsó képviselője távozott az élők sorából.

Egyetemi tanulmányai és szakmai pályafutása egyaránt az Eötvös Loránd Tudományegyetemhez kapcsolódtak, ahol 1950-ben szerzett vegyész diplomát, de már 1949-től tagja volt az Általános Kémiai Intézet oktatói kollektívájának. Nevéhez tekintélyes egyetemi főkollégiumok köthetők: fiatalon, már 1952-től a fizikushallgatók két féléves *Kémia* előadásának tantárgyfelelőse volt, majd ezt követően, 1973-tól visszavonulásáig, a vegyészhallgatók *Általános kémia* előadását gondozta nagy lelkesedéssel és igényességgel. Előadói palettáját szabadon választható kollégiumok sora színesítette, amelyek témái a kémiai gondolkodás és a kémia fogalomrendszere köré rendeződtek. Oktatói aktivitása azonban nem rekedt meg a felsőoktatás szintjén, hanem évtizedeken keresztül részt vett a kémiatanári továbbképzésben és a középszintű kémiaoktatásban tankönyvek, előadások, tudományos közlemények és bírálatok formájában. Ez a távlatos és koncepciózus erőfeszítés jelentős továbblépést jelentett a középiskolai és egyetemi kémiaoktatás összehangolásában.

Boksay professzor úr személyében a hazai és nemzetközi üvegkutatás egyik meghatározó személyiségét is tisztelhetjük. A tanszéki üvegkémiai kutatásokat Lengyel Béla akadémikus hívta életre 1950-ben, és nem sokkal később a csoport vezetését Boksay Zoltánra bízta. Az első és egyben sürgős feladat a pH-méréshez szükséges üvegelektród hazai gyártásának megalapozása volt, ami sikerrel zárult. A téma alapkutatási szinten az üvegelektródok ideálistól eltérő működésének vizsgálatával és értelmezésével folytatódott. A csoport a továbbiakban különösen három területen ért el jelentős eredményeket, amelyek a következőkben foglalhatók össze: az üvegelektród működési mechanizmusának felderítése és speciális tulajdonságú üvegelektródok kifejlesztése; az üveg elektromos vezetésének elméleti és kísérleti tanulmányozása; továbbá az üveg és vizes oldatok, valamint korrozív gázok kölcsönhatásának vizsgálata. Mindezek meghozták Boksay professzor számára a tudományos szakmai közösség elismerését, amelynek megnyilvánulásai között kell említenünk az MTA doktora cím elnyerését (1970), a tudományos együttműködéseket (Leningrádi Zsdanov Egyetem, Jénai Egyetem) és konferenciameghívásokat (többek között Gordon-konferencia, USA, 1971; The Physiscs of Non-Crystalline Solids, NSZK, 1976). Nevét őrzi továbbá egyik elméleti munkájának továbbfejlesztett változata, amelyet *Boksay–Doremus theory* néven tartanak számon a szakirodalomban. Kutatási eredményei felkeltették a hazai szilikátipar figyelmét is, és ez nyújtott lehetőséget arra, hogy csoportjával párhuzamosan végezzen alap- és alkalmazott kutatásokat. Ennek a színes és szerteágazó életpályának a summázata száznál több közlemény, szakkönyvek, könyvfejezetek, egyetemi jegyzetek és gimnáziumi tankönyvek, továbbá számos kutatási jelentés elsősorban az üveg- és a gyógyszeripar számára. Következésképp nem maradtak el a hivatalos elismerések az állami, miniszteriális, egyetemi, szakmai és társadalmi szervezetek részéről sem; a teljesség igénye nélkül álljon itt néhány: a *Munka Érdemrend ezüst fokozata* (1987), *ELTE Pro Universitate emlékérem* (1997), *Szilikátiparért emlékérem* (2012), *Pro Universitate et Sciencia* kitüntetés (Magyar Professzorok Világtanácsa, 2003).

Zoltán bátyánk, ahogy mi fiatalabb kollégái szólítottuk, igen nyugodt, csendes, higgadt, toleráns, de ugyanakkor értékorientált, szigorúan következetes és elvhű személyiségként él emlékezetünkben. A Tanszéken együtt eltöltött több évtized során nem emlékszem olyan epizódra, amikor indulatosan vagy türelmetlenül szólt volna kollegáihoz vagy hallgatóihoz. Ezek a személyiségjegyek különösen alkalmassá tették olyan feladatok ellátására, mint az oktatási dékánhelyettesség vagy az OKTV kémiai bizottságának elnöki funkciója. Most is szívesen emlékezem vissza arra az esetre, amikor friss diplomásként azt a feladatot kaptam, hogy vegyek részt a fizikushallgatók laboratóriumi gyakorlatának vezetésében. Magához hívott, leültetett, kedvesen üdvözölt mint új munkatársat, majd részletesen beszélt a gyakorlatok céljáról, tematikájáról, szakmai fogásokról és didaktikai megfontolásokról. Ez akkor nekem nagyon sokat jelentett és egyben mintát szolgáltatott további pályafutásom során. A hallgatókkal való kapcsolatában Boksay professzor úr a szakmai elvárásokon túl hangsúlyt helyezett a helyes viselkedéskultúra érvényesítésére is. Szájról szájra jártak azok az anekdoták, amelyek a vizsgán nem illő öltözékben megjelent hallgatókkal kapcsolatosak... „Mondja, kedves X. Y.! Van önnek otthon sötét ruhája és nyakkendője?” – hangzott el a kérdés szelíden, de ellentmondást nem tűrő hangon. Igenlő válasz esetén a rendezetlen külsejű ifjú tudós esélyt kapott arra, hogy otthon rendezze öltözékét az alkalomnak megfelelően. És még lehetne folytatni a példák egész sorát, amikor másoktól is megkövetelte azt az emberi tiszteletet, amit ő mindenkinek, kívétel nélkül, megadott.

Zoltán bátyánk bölcsen élt; minden életszakaszt és az azzal járó változásokat az élet realitásaként fogott fel, és tudott élni az új helyzet kínálta lehetőségekkel. Visszavonulása után különös örömet okozott neki, hogy több időt tölthet családjával, többet beszélgethet szeretett feleségével és huzamosabban élvezheti szentendrei nyaralójuk atmoszféráját.

Az elválás, főleg ha nem visszafordítható, fájdalmas űrt hagy maga után, és ezen csak az eltávozott személy szeretete tud enyhíteni valahogy úgy, ahogy erről Robert Sarah elmélkedik egyik művében: „... A test fizikai eltűnése ellenére kapcsolataink a megholtjainkkal leronthatatlanok, valósak és érezhetők, mert a szeretetük mélységesen a szívünkbe van vésve.” Ez hangzik vissza Zoltán bátyánk mondatából is, amely gyászjelentésén mottóként olvasható:

„Az életünket megkönnyítő-megszépítő emberséget a hétköznapi szeretet tájain kell keresnünk.”

Tisztelt Professzor Úr, köszönjük a ránk hagyott emberi és szakmai értékeket, emlékedet szeretettel és tisztelettel megőrizzük.

Nyugodj békében!

Szepes László

TÚL A KÉMIÁN

Szindoszi igazság az időről

Szindosz a mai Szaloniki egyik külvárosa Görögországban. Az itt található antik lelőhely részletes radiokarbon kormeghatározásának igen jelentős következménye lehet az ógörög történelem elfogadott, mai tankönyvekben is gyakran szereplő időrendjére. Ezt az időrendet egy évszázada kerámiaedények cserepeire alapozva határozták meg, s azóta sem vetették össze egyetlen korszerű kronometrikus módszerrel sem. Az új mérések a szindoszi lelőhely igen részletes elemzését végezték el rétegenként az ott talált állati csontok segítségével. Az eredmények szerint az eddig általánosan elfogadottnál akár 100–150 évvel is korábbra tehető az a korszak, amikor megalapították az első poliszokat, megszületett a görög ábécé, illetve Homérosz eposzait lejegyezték. Így az is valószínűnek tűnik, hogy a trójai háború és az Odüsszeia megszületése között jóval kevesebb idő telt el, mint eddig a szakértők gondolták. *PLoS ONE 15*, e0232906. (2020)

Kaméleonkő

Az alexandrit drágakő a krizoberill ($BeAl_2O_4$) ásvány jellegzetesen zöld színű változata. Pontosabban az alexandrit színe valójában függ a megvilágítás körülményeitől: a smaragdzöld szín napfényben látható jól, gyertyafénynél viszont rubinvörösbe hajlik. Ennek a jelenségnek a tudományos hátterét tárták fel a közelmúltban, ezzel az emberi színérzékelést is jobban megértették. Az emberi szem a legtöbb esetben a színek megítélésénél képes a megvilágítás alapszínéhez illeszkedő korrekcióra. Az alexandrit ezt az alkalmazkodási mechanizmust csapja be úgy, hogy a sárga és kék színű fénykomponenseket nagyon hatékonyan nyeli el, a zöld és vörös színűeket viszont teljesen átengedi. *Sci. Rep. 10*, 6130. (2020)

CENTENÁRIUM

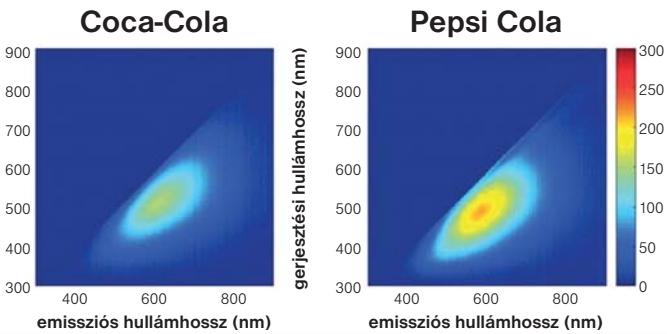
D. L. Chapman: The Separation of the Isotopes of Chlorine
Nature, Vol. 106, p. 9. (1920. szeptember 2.)

David Leonard Chapman (1869–1958) angol fizikai kémikus volt. Oxfordban dolgozott, 37 évig vezetett egy laboratóriumot. Neve az elektromos kettős réteg Gouy–Chapman-modellje révén lehet ismerős sokaknak, ez mind a mai napig szerepel a fizikai kémiai tankönyvekben.

Bibliai marihuána

Régészek érdekes új felfedezést tettek a modern izraeli Arad városának közelében lévő, 1963-ban feltárt Tel Arad lelőhelyen. Egy az i. e. 8. századból származó mészkő szentélyen fennmaradt fekete színű lerakódás szerves anyagnak bizonyult, amelynek részletes analízisét tömegspektrometriával kapcsolt gázkromatográfia módszerrel végezték el. A mintában jelentős mennyiségű (–)-*transz*-Δ^9-tetrahidrokannabinolt találták, ami a marihuána fő hatóanyaga. A többi alkotórész összetétele arra utalt, hogy tömjént égettek az anyag felhasználásakor, és állati zsírok maradékai is kimutathatóak voltak. Eddig a Közel-Keletről nem volt ismert ilyen korai példa a marihuána felhasználására. *Tel Aviv 47*, 5. (2020)

APRÓSÁG A Coca-Cola és a Pepsi Cola fluoreszcencia-tulajdonságai között igen jelentős különbségek vannak.

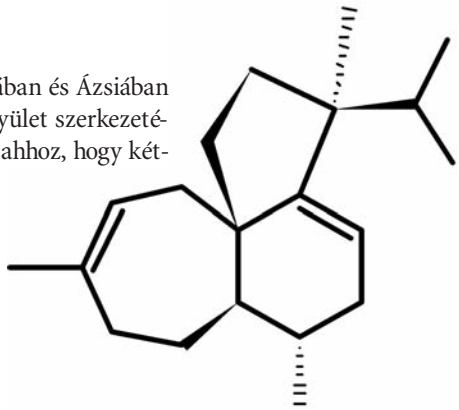


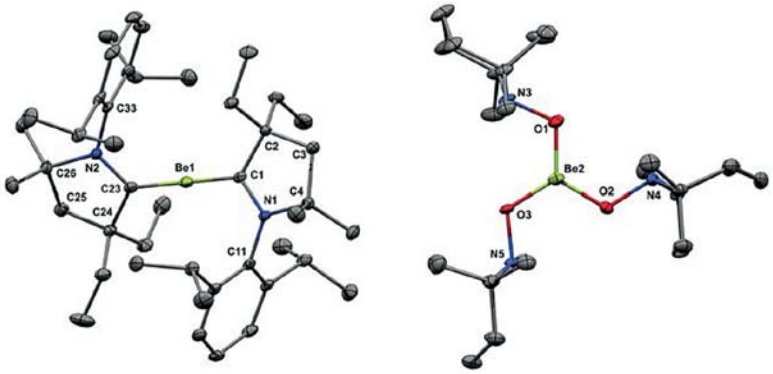
Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.
A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html

A HÓNAP MOLEKULÁJA

A brasszikadién ($C_{20}H_{32}$) hatását már 2018-ban felfedezték: hatékonyan vonzza az Afrikában és Ázsiában elterjedt, nagy gazdasági kárt okozó bagradabogarat (*Bagrada hilaris*). Az illékony vegyület szerkezetének a felderítése azonban már nehezebb volt: kellően nagy mennyiségben izolálni kellett ahhoz, hogy kétdimenziós NMR-spektroszkópiával is meg lehessen vizsgálni. Az eredmények azt mutatták, hogy a brasszikadién egy öt-, hat- és héttagú gyűrűt is tartalmazó szénhidrogén, amelynek kereskedelmi mennyiségben való előállítása jelenleg reménytelennek tűnik.

Org. Lett. 22, 2972. (2020)





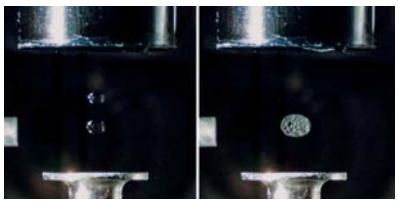
Berillium a +1-es oxidációs állapotban

Minden magára valamit adó szervetlenkémia-tankönyvben szerepel, hogy az alkáliföldfémek +2-es oxidációs állapotban fordulnak elő. Ezért is számít nagy újdonságnak, hogy a közelmúltban két olyan, stabil vegyületet is előállítottak, amelyben a berillium oxidációs száma +1. Az amerikai–német együttműködésben preparált vegyület kiindulási anyaga egy ugyancsak szokatlan, Be(0)-tartalmú komplex volt, amelynek elektrokémiai viselkedése már korábban is előrevetítette a +1-es oxidációs állapot megjelenésének lehetőségét. Ezen anyagot 2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oxillal (TEMPO) reagáltatva keletkezett a stabil, Be(1)-vegyület, amelyet röntgenkrisztallográfiával is sikerült jellemezni.

J. Am. Chem. Soc. 142, 4560. (2020)

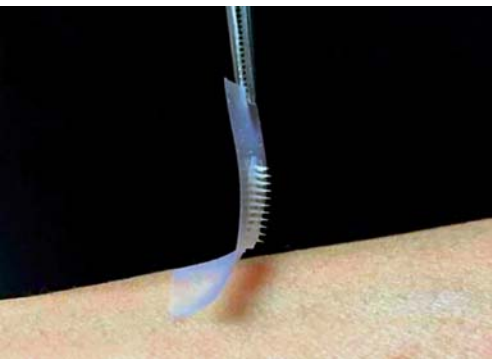
Levitációs kémia

A tárgyak lebegtetése, vagyis a levitáció minden bizonnyal sokak számára a parapszichológiába illő áltudománynak hangzik, de valójában nagyon is lehetséges, és az elvi alapjai egyáltalán nem is rejtélyesek. A közelmúltban ultrahanghullámokkal lebegtetett folyadékcseppekben úgy játszattak le kémiai reakciókat, hogy azok körülményei minden korábbinál pontosabban szabályozhatók voltak: például a reakcióedény felületének időnként bizony jelentős hatása kiküszöbölhető volt. A technikával savbázis és égési reakciókat is véghez vittek, s azt is bebizonyították, hogy ilyen körülmények között is lehet a folyamat követésére Raman-, infravörös és UV-látható spektroszkópiát használni. Az ultrahangos levitáció számára a folyadékcseppek anyagi minősége is teljesen közömbös, azonban természetesen vákuumban nem használható a technika.



Anal. Chem. 92, 8371. (2020)

Okos inzulintapasz



A cukorbetegség kezelésében nagy előrelépés lenne egy olyan működési mechanizmus kifejlesztése, amely a vér cukorszintjéhez igazodva bocsátja ki az inzulint. E cél felé jelent nagy előrelépést az a bőrre ragasztható, mikrotűkkel felszerelt tapasz, amely egy teljes napon át képes a vér glükóztartalmától függő sebességgel inzulint juttatni a szervezetbe. Hiperglikémiás körülmények között a tapaszban lévő fenilboronsav egyensúlyi reakcióban komplexet képez a szőlőcukorral, ennek hatására a polimeralapú mátrix megduzzad, s így növekszik az inzulinleadás sebessége. A tapasz egerekkel és kisméretű sertésekkel végzett kísérletekben is bizonyította hasznát.

Nat. Biomed. Eng. 4, 499. (2020)

Érchiány-jóslatok

A modern technológiákkal előállított ötvözetek, akkumulátorok, katalizátorok, kerámiák és más hasonló anyagok egyre változatosabb és nagyobb mennyiségű ásványi anyagot igényelnek. Egy közgazdaságtani módszereket is használó tanulmány 52 érc adatait dolgozta fel és elemezte a 2007 és 2016 közötti időszakban. Az eredmények azt mutatták, hogy ezekből hozzáférhetőség szempontjából 23 is számottevő kockázatot jelenthet az elkövetkezendő években. Az elemekre lebontott adatok szerint a technológiák fejlődésének megszakadása szempontjából az ittrium a leginkább kritikus, a makrogazdasági folyamatok rosszabbra fordulását viszont leginkább a réz és az alumínium okozhatja.

Sci. Adv. 6, eaay8647. (2020)

KITÜNTETÉS

Nemzetközi elismerés

A Chemistry Europe Fellow címet adományozta az Európai Kémiai Társaságok Szövetsége (EuCheMS) Joó Ferenc akadémikusnak, a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Fizikai Kémiai Tanszéke professzor emeritusának. A díjat a Magyar Kémikusok Egyesületének elnöke, Simonné Sarkadi Livia 2020. július 17-én adta át a Debreceni Egyetemen, Csernoch László, a DE rektorhelyettese jelenlétében. Köszöntőjében elmondta, hogy a 25 éve alakult EuCheMS öt éve hozta létre az elismerést, melyet a tudományterület kimagasló munkát végző oktatóinak és kutatóinak ítélnek oda.

A címet a szövetség kétévente rendezendő nemzetközi konferenciáján szokták kiosztani, azonban a járványhelyzet miatt idén az egyes tagországok egyesületei adják át a díjazottaknak.

– Jóleső meglepetés bekerülni ebbe az elit klubba, melynek tagjai között számos Nobel-díjast és neves kémikust találunk. Ugyanakkor fontos visszajelzés is, miszerint érdemes keményen dolgozni – fogalmazott a díjátvétel után Joó Ferenc. *(Debreceni Egyetem Sajtóiroda)*

Jedlik Ányos-díj

A díjjal a kimagaslóan sikeres feltalálói tevékenységet, a kiemelkedő színvonalú iparjogvédelmi munkásságot ismerik el. A 2020. évi kitüntettek egyike Simig Gyula vegyészmérnök, az Egis Gyógyszergyár nyugalmazott kutatási igazgatója, aki 1990-ben csatlakozott az Egishez, és jelenleg tanácsadóként segíti a Hatóanyag-fejlesztési igazgatóság munkáját. Innovatív alkotó tevékenységét mintegy 180 független szabadalmi bejelentés fémjelzi. Ezek közül 45 egyetemi kutatói pályafutása, a többi az Egisnél töltött időszak alatt született.

Simig Gyula (középen) Gulyás Tibortól, az ITM innovációért felelős helyettes államtitkárától (balra) és Pomázi Gyulától, a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala elnökétől vette át a díjat

VISSZHANG

2018 márciusában címlapon mutattuk be a Magyarországon dolgozó kémiatanárok korfáját, 2020 júniusában pedig a kémia és a vegyészmérnök alapszakra jelentkezők/felvettek egyre csökkenő számát. A kémiatanítás gondjairól számos cikk jelenik meg a közoktatási rovatban.

Nemrég Csótó Attila, az ELTE Atomfizikai Tanszékének egyetemi tanára számolt be a matematika-fizika szakra jelentkezők számának alakulásáról a Fizinfón, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat online információs lapján. Hozzászólását, amelyet az MKL olvasói számára kiegészített, az alábbiakban közöljük.

A HVG egyik februári számában volt egy adatsor a felsőoktatási természettudományi alapképzésre beiratkozott hallgatók számának 2006–2018 közötti alakulásáról: 4463, 4216, 3262, 4006, 4244, 4403, 3668, 2707, 2250, 2042, 2020, 1707, 1610 (megjegyezték, hogy a képzést menet közben elhagyók aránya 40–50% között van). Ez késztetett arra, hogy megnézzem, hogyan alakul a természettudományi tanári képzés, konkrétan a matematika-fizika szakra felvettek száma. Az ELTE, a Debreceni Egyetem, a Szegedi Tudományegyetem és a Pécsi Tudományegyetem ötéves osztatlan tanárképzésére első helyen jelentkezők száma 2013 és 2020 között: 79, 72, 70, 55, 37, 28, 30, 15. A felvettek száma pedig: 77, 68, 54, 41, 33, 22, 22, 14. Más helyen, illetve más formában kevés fizikatanárt képeznek, idén összesen talán további 15-öt, akiknek zöme egy-, illetve kétéves egyszakos fizikatanári képzésben fog részt venni (ez valószínűleg valamilyen átképzés vagy továbbképzés lehet). Amikor ezek a hallgatók végeznek, akkor nemcsak a középiskolák fogják várni őket, hanem az általános iskolák is, mivel más tanárképzés ezeken kívül nincs. Megnéztem, hogy mi volt a helyzet a 80-as évek közepén. A fenti négy egyetemen a matematika-fizika tanári keretszám 220 volt. Akkor még voltak tanárképző főiskolák is, ahová további 185 hallgatót vártak. Ezeket a keretszámokat valószínűleg be is tudták tölteni, mivel a felsőoktatás iránti kereslet jóval nagyobb volt, mint a kínálat.

Egy 2018-as, a kínai matematikaoktatásról szóló Index-cikkben idézik Setényi János oktatáskutatót: „Eddig Nyugaton a posztmodern uralkodott, egy olyan versenyellenes ideológiával, hogy a gyerek lehetőleg érezze jól magát az iskolában, a játék hassa át a tanítást. Gyöngyfűzés, öko-bio tartalmak, tantárgyellenesség. Kínában ellenben a matek része »a nagy kung-funak«, hogy szeretik azt, ami nagy erőfeszítést igényel. Az ilyesmi jót szokott tenni egy népnek." Az évi 15 matematika-fizika tanár gyöngyfűzéshez talán elég lesz, többhöz aligha.

Csótó Attila

OKTATÁS

A Szegedi Ifjú Szerves Kémikusok Támogatásáért Alapítvány tudományos előadóülései

A Szegedi Ifjú Szerves Kémikusok Támogatásáért Alapítvány, az MKE Csongrád Megyei Csoportja és a SZAB Szerves és Gyógyszerkémiai Munkabizottság közös rendezésében az elmúlt időszakban két tudományos előadóülést szervezett.

2019. november 21-én a Szegedi Tudományegyetem és a Szegedi Biológia Központ szerves kémiai kutatással foglalkozó ku-

tatócsoportjainak vezetői tartottak ismertetőt a hallgatók részére 7 előadásban kutatási témáikról, eredményeikről és kutatási lehetőségekről, illetve egy PhD-hallgató számolt be legújabb eredményeiről.

2020 májusában – a különleges körülmények miatt – az előadóülést virtuális formában tartottuk. A ppt-formában készült, kutatási eredményeket összefoglaló bemutatókat 9 PhD-hallgató nyújtotta be és 3 tagú zsűri értékelte. A „dr. Hermecz István díj”-at (a Servier Kutatóintézet konferenciarészvétel-támogatása) *Benke Zsanett Amália* kapta (Gyógyszerkémia Intézet, témavezető Kiss Loránd), az MKE Csongrád Megyei Csoport díjának nyertese *Ádám Anna Adél* (Szerves Kémiai Tsz., témavezető Pálinkó István), a Kuratórium kiemelt díjait *Molnár Barnabás* (Szerves Kémiai Tsz., témavezető Frank Éva), *Sayeh Shahmohammadi* (Gyógyszerkémiai Intézet, témavezetők Forró Enikő, Fülöp Ferenc) és *Kolcsár Vanessza Judit* (MTA–SZTE Sztereokémiai Kutatócsoport, témavezető Szőllősi György) nyerte el.

Külön kiemeljük, hogy a 2020-ben a Nemzeti Együttműködési Alaptól elnyert 2 évre szóló pályázati támogatás (NEA-KK-20-EG-0254) lehetővé tette a működéséhez szükséges adminisztratív szolgáltatások kiegyenlítését. Ennek eredményeként az egyéb támogatásokat teljes egészében a hallgatók eredményes munkájának elismerésére, illetve a legjobbak jutalmazására tudtuk fordítani, vagyis 2020-ban is sikerült a szervezet működésének fenntarthatóságát biztosítani.

Molnár Árpád

Távoktatás után távolsági diákolimpiák 2020-ban

2020 elején két kémiai diákolimpia tervezése is javában zajlott. Isztambulban a nyári Nemzetközi Diákolimpiát (IChO) rendező helyi tudományos tanács (TÜBITAK) a kiváló helyi Műszaki Egyetemet kérte fel helyszínnek, felújították a laborokat, kollégiumokat. Az ország több egyeteméről érkező versenybizottság közzétette a verseny gyakorló feladatsorát. Az előkészületeket áttekintő intézőbizottság megemlítette a hírekben szereplő kínai vírus kockázatát azzal, hogy 17 éve a SARS vírus keltette aggodalmak is eloszlottak a júliusi olimpia idejére.

Az 54. Mengyelejev Diákolimpia áprilisra volt kitűzve. Története során először hagyta volna el a valamikori Szovjetunió területét. Értelemszerűen ez a verseny előrébb járt. Az egyik főszervező, a Magyar Kémikusok Egyesülete már lefoglalta a szállodát a részt vevő 30 ország delegációinak és a versenybizottságnak. A másik főszervező, az ELTE Kémiai Intézete megrendelte a laboreszközöket, vegyszereket. A főtámogatók, az orosz hátterű EuroChem vállalat és az Egis Zrt. teljesen elkötelezetten tervezték már az egyhetes program apró részleteit. A magyar kormányzat elköteleződése is egyértelmű volt, bár írásban csak-csak nem érkezett meg, még március elején sem.

Ahogy mindannyiunk életében, azok a napok azután nagy változásokat hoztak. Néhány nap alatt fordult a világ. Az ELTE lépett elsőként, és egyértelmű lett, hogy a járványügyi helyzetben bevezetett szabályok lehetetlenné teszik a Mengyelejev Diákolimpia áprilisi megrendezését és az egyetemen esedékes Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny döntőjét. Az Oktatási Hivatal még néhány napig próbálkozott egy távolságtartással is megtartható laboratóriumi fordulóval, de az egyetem ajtajai bezárultak, sőt a közoktatás is távoktatásra állt át.

Az OKTV döntője végül elmaradt, a korábbi fordulók eredménye alapján hirdették ki a diákok helyezéseit. A Mengyelejevnél az első terv még a nyárra halasztás volt, de sajnos idővel nyilvánvalóvá vált, hogy nyáron sem lesz mód az utazásokra, de még megfelelő időpont sem mutatkozott, amiben a versenybizottság és az orosz főtámogató is megegyezett volna. Nem meglepő módon ez a szervezőknél keserű hangulatot – és jó néhány kritikus helyzetben levő számlát eredményezett.

Ahogy a kontinenseken bezártak az iskolák, a Nemzetközi Kémiai Diákolimpia tanári fórumán fellángolt a vita, és intenzív tervezgetés indult. Az isztambuli egyetem bezárt, és nyárra helyezett át kurzusokat, a támogatók sorra visszaléptek a bizonytalan eseménytől. Egyértelművé vált, hogy személyes találkozás, laborfeladatokat is magában foglaló olimpia nem lesz lehetséges. Érdemes-e így csonkán próbálkozni, hisz kísérletek nélkül nem kémia a kémia, és az olimpia élménye nem csak a versenyvizsgára és rangsorra szorítkozik. Hogy lehet egyáltalán kiválasztani, felkészíteni a csapatokat karanténban? Nem egy ország kategorikusan nemet mondott (pl. Románia, Argentína, Lengyelország). Voltak, akik eleve azt állították, hogy a diákok közös és egységes felügyelete nélkül korlátlan csalás indul majd, tanáraik besegítenek, kiszivárogtatják előre a feladatokat. Sokaknak, így e sorok írójának, még megvoltak sok évvel korábbról az emlékei, hogy mennyi munka, ábránd, erőfeszítés társul ehhez a versenyhez. Mekkora csalódás lenne az idén végző diákok számára, ha ez a válság – annyi minden más mellett – még az olimpiát is elvenné tőlük. Szerencsére, az intézőbizottság támogatásával, elnökként sikerült a szkeptikus hangok ellenében valós tervet állítani. A fizikai és biológiai diákolimpiáknak ez nem jött össze, náluk elmaradt a verseny.

Rengeteg egyeztetés után a következő javaslat került a részt vevő országok elé: Az olimpia csupán elméleti fordulóból áll július végén, amit a diákok saját országukban, független felügyelet (nem a kísérő és felkészítő tanárok) alatt írnak meg, papíron. A feladatsort a szokásos módon a vendéglátó ország javasolja, de a kísérő tanárok megvitatják, szükség szerint át is alakíthatják, és végül saját nyelvükre fordítják. A kettős javítás és a pontok egyeztetése is megmarad. Tulajdonképpen néhány szabály ideiglenes megváltoztatása volt csak szükséges ehhez. A török feladatszerzők közül jó néhányan továbbra is csalásoktól tartottak, volt, aki vissza is lépett, és ragaszkodtak, hogy a dolgozatírás kamerákkal rögzítve történjen majd. Végül ezt a tervet 75 ország támogatta, alig maradt ellenző (Svédország, Argentína, Románia), és még a csapatot a korlátozások miatt kiállítani nem tudó országok is mellé álltak.

Egyáltalán nem volt egyszerű ugyanis kiválogatni és felkészíteni a csapatokat a karantén ideje alatt sehol sem. Mi az OKTV döntőseit, a Középiskolai Kémiai Lapok pontversenyének résztvevőit nem felkészítő táborba, hanem távoktatási kurzusokra hívtuk meg. Az informatikai hátteret az ELTE adta az online oktatáshoz, de a kulcs a tapasztalt felkészítők, korábbi olimpikonok és mentorok (Dóka Éva, Magyarfalvi Gábor, Perényi Katalin, Sánta Zsuzsa, Szalay Zsófia, Varga Szilárd) voltak. Voltak online feladatlapok, közvetített és rögzített előadások és kemény vizsgák is, amiket a versenyzők, otthon, kamera előtt írtak. Két forduló után alakult ki a négyfős diákolimpiai csapat május végére.

Június utolsó napjaira meglepő üzenet érkezett a Mengyelejev Diákolimpia versenybizottságától: hamarosan mégis megtartanák a versenyt, az IChO-hoz hasonló módon. A szabályok kicsit paranoidabbak lettek – minden diákot két kamera is kellett, hogy élőben online közvetítsen, a feladatokat csak a diákok és

csak képernyőn láthatták. Tanárok nem pillanthattak a feladatokba, nem fordíthatták le őket, a szerepük a megírt dolgozatok feltöltésére (szintén kamerák kereszttüzében) szorítkozott. Magyarország rendező országként 10 diákot nevezhetett volna, akiket már a 2019-es válogatón kiválasztottunk. Szerencsére ez megmaradt a meghiúsult áprilisi versenyből.

Július közepén már sorra is került a két elméleti Mengyelejev-forduló 28 ország 130 diákja számára. Hatan az ELTE Informatikai Karán, négy vidéki diák pedig otthon írhatta meg a dolgozatokat. A sok videomegfigyelés időnként fejre állította az orosz szervereket, de rendben lement minden. Az egyik ötórás dolgozat egységes ilyenkor, a másikon tématerületenként (szerves, szervetlen, analitika, fizikai kémia, bio/polimerkémia) három feladatból egyet oldhat meg mindenki. Általában a Mengyelejev feladatai extrémek. Vannak izgalmasak, érdekesek, szellemesek egy középiskolás számára, de bárki kémiát szeretőnek is. Ugyanakkor van, amikor az extremitás faramuciságot takar, a rejtvényekben olyan dolgok adottak, amiket csak a megoldást már ismerők láthatnának, vagy olyan ismereteket várnak el, ami a legképzettebb szakembereknek sem feltétlen adott. Most sem volt ez másként.

Ezen a versenyen a dolgozatok javítását is maguk a diákok vitatják meg – ez most videokonferencián át, és az eredményhirdetés is hasonlóan volt látható. Az izgalom megmaradt és örülhettünk minden helyezésnek:

Ezüstérmet (14–39. helyezés) kapott: *Kapdos Ádám* (Fazekas Mihály Gimnázium, Debrecen, tanára: Sinyiné Kővári Györgyi) és *Benkő Dávid* (Fővárosi Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Albert Attila).

Bronzérmet (40–78. hely) szerzett: *Ficsór István Dávid* (Református Gimnázium, Kecskemét, tanára: Tóth Imre), *Kozák András* (ELTE Apáczai Gimnázium, tanárai: Sebő Péter, Sebőné Bagdi Ágnes), *Fajszi Bulcsú* (Fővárosi Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Keglevich Kristóf), *Babcsányi István* (Fővárosi Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Albert Attila) és *Borbás Balázs* (Kökönyösi Gimnázium, Komló, tanára: Mukliné Kostyál Irén).

Simon Vivien (ELTE Apáczai Gimnázium, tanára: Sebő Péter), *Kóta Kata* (Radnóti Miklós Gimnázium, Szeged, tanára: Csúri Péter) és *Garamvölgyi István* (Katona József Gimnázium, Kecskemét, tanára: Sáróné Jéga-Szabó Irén) dicséretet kapott.

A Mengyelev Diákolimpia első fordulója az ELTE géptermében: Benkő Dávid, Kozák András, Simon Vivien, Fajszi Bulcsú, Babcsányi István, Kapdos Ádám

Ekkor már csak egy hét maradt a Nemzetközi Kémiai Diákolimpiáig, de ott már a török szervezőkön kívül is elindult a munka. Ott a távolimpia lebonyolításához a fizikai és biológiai olimpiákon már bizonyított szoftverrendszert vetettük be, ami a feladatok megvitatását és fordítását, a javítást és pontok egyeztetését vitte gépre és kezelte az adatok áramlását interneten át. Ez egy helyen levő kollégáknál is hasznos volt, de elengedhetetlen lett, amikor a tanárok már 60 országban voltak.

A rendszer főpróbája az volt, amikor néhány kollégával együtt szimulált környezetben először megírtuk a tervezett dolgozatot, kijavították a szerzők és megvitattuk a szövegeket. Ez sokat segít a plenáris vita leegyszerűsítésében, az apró inkonzisztenciák, hibák kiküszöbölésében. Sajnos idén ismét kiderült az is, hogy bizonyos problémákat nem lehet így megoldani. A dolgozat első olvasatban ugyanis közel 100 oldal és 9 feladat volt. Egyenként a feladatok nem voltak nehezek, a szerves kémiai kérdések kimondottan ötletesek voltak. De mindegyik hosszú volt, és akadt olyan is, aminek jó része kis jóindulattal Irinyi-versenyen is kitűzhető lett volna. A tesztelő tanárok közül senkinek nem volt esélye sem végigérni a feladatokon – 5 óra alatt mindenki a saját szakértelméhez közeliek közül 5–6-tal végzett csupán.

A szerzők természetesen ilyenkor tiltakoznak a feladataik rövidítése, elhagyása ellen. A tanárok közössége sem tud ilyen döntést kívülről könnyen végrehajtani. Így aztán nem először megmaradt egy olyan dolgozat, ami azt méri fel, hogy sok-sok kérdést gyorsan, szinte gondolkodás nélkül ki tud megválaszolni. Ehhez jó pillanatnyi forma és istentelen feladatmegoldási gyakorlat kell, amit pár hetes felkészítő, illetve az iskolákban kapott kis kémia-óraszám nem tudhat megadni. De nem is ez lenne a cél, hanem a gondolkodás, a kreativitás próbára tétele, amihez egy féloldalas feladat is elég lehet, ezekből sem kell 5–7 feladatnál több. Persze nincs ezzel a gonddal egyedül a kémiai diákolimpia. A sztenderdizált dolgozatoknál mindig könnyebb az időkorláttal és a relatíve könnyebb kérdésekkel a gyorsan és megbízhatóan dolgozókat előnyben részesíteni. A lassabban és mélyebben dolgozók számára előnyös nehezebb problémákat pedig könnyű félretolni. A magyar középiskolai felvételik ezen az úton már előrehaladtak, talán az olimpiák még visszatérhetnek a hagyományaikhoz.

A dolgozat hosszától eltekintve az „isztambuli" diákolimpia nagyon simán futott le. A szoftver remekül bevált, a videokonferenciák mind eredményesek voltak. Azon nem lepődik meg az ember, hogy ennyi ország között eltérnek az értékelési szokások, és vitatkozni kell azon, hogy ha egy középiskolás diák az ½-et (spin) 0,5-ként írja le, akkor azért nem jár büntetés neki (nem magyar diákokat érintett az eset). Az eredmények szépek lettek, és mi azt is tudhatjuk, hogy versenyzőink sokkal nehezebb feladatokkal is elboldogultak (például a válogatókon). Végül 59 ország 231 diákja írta meg a dolgozatot (a türkmén minisztérium a dolgozat reggelén tiltotta le diákjaikat). A magyarok az ELTE-n dolgoztak, Kóczán György bonyolította a verseny felügyeletét, a fordítást és megvitatást pedig Magyarfalvi Gábor, Varga Szilárd és Zihné Perényi Katalin végezte.

Az eredmények: *Benkő Dávid* (Budapesti Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Albert Attila), ezüstérem; *Ficsór István Dávid* (Református Gimnázium, Kecskemét, tanára: Tóth Imre), bronzérem; *Fajszi Bulcsú* (Budapesti Fazekas Mihály Gimnázium, tanára: Keglevich Kristóf), bronzérem; *Garamvölgyi István* (Katona József Gimnázium, Kecskemét, tanára: Sáróné Jéga-Szabó Irén), bronzérem.

A jövő év még mindig bizonytalan. A Mengyelejev Diákolimpiára Budapesten már tulajdonképpen felkészültünk, bízunk benne, hogy a támogatók megerősített szándékokkal mellettünk állnak. Ha a járvány eloszlik 2021 tavaszára, akkor, ha nem, akkor egy évvel később csak sikerül megrendeznünk a versenyt. Az IChO-t jövőre Japán vállalta, oszakai helyszínnel, az idei olimpiai

A Nemzetközi Kémiai Diákolimpia csapata

játékok utánra időzítve. Jelenleg épp egybeesne a két olimpia helyben és időben, de végleges döntést csupán jövő áprilisban hoz a japán kormány. Egy azért biztos, a megmérettetés nem fog teljesen elmaradni.

Magyarfalvi Gábor

Közösségi kutatás karanténban

Az egyre divatosabb közösségi kutatás sok mindenkinek segíthetett a hosszú tavaszi bezártság elviselésében. Az amatőrök bevonásával folyó munka nemcsak a remélt eredmények miatt fontos, hanem azért is, mert az érdeklődőket közelebb viszi a tudományhoz és enyhítheti a tudományellenességet. Az ötlet persze nem vadonatúj: például az iskolások szerte az országban mérték a sok gondot okozó savas eső pH-ját a nyolcvanas években.

A Covid–19 járvány kitörése után különleges weboldalt állítottak fel, hogy az új koronavírussal foglalkozó csoportokat önkéntes szakemberekkel kössék össze a munka gyorsítása érdekében. Egy fiatal bioinformatikus, Ari Eszter az ELTE TTK Biológiai Intézet honlapján számol be a tapasztalatairól. A kezdeményezéshez nemcsak orvosok, biológusok, hanem akár laikusok is csatlakozhatnak, akik például az adatok kezdeti feldolgozásában vesznek részt.[1]

Nagy-Britanniában régi időjárási adatok millióit digitalizálták az önkéntesek. A „Rainfall Rescue” március végén indult, és 16 nap alatt minden archív mérés számítógépre került. Az adatokat az időjárás-előrejelzés javításában fogják felhasználni. Egy másik projektben műholdas térképeken keresik az apró afrikai településeket – hogy hozzájuk is eljusson az elektromos áram. Másfajta, tenger alatti felvételeken az invazív fajok terjedésének nyomaira vadásznak. A programok a már korábban is működő Zooniverse platformján futnak, ahol még elképesztően sok feladat található a pingvinek számolásától kezdve a földrengések előrejelzésének előmunkálataiig. A Trace Labs sem új játékos ezen a pályán – bár a közösségi kutatás náluk az eltűnt személyek felkutatását jelenti, mondjuk az interneten található fotók, videók alapos és kitartó nézegetésével. A karantén alatt sok önkéntes detektív csatlakozott a kezdeményezéshez. Más portálokon újabb megrázó közösségi nyomozásokban lehet részt venni.[2]

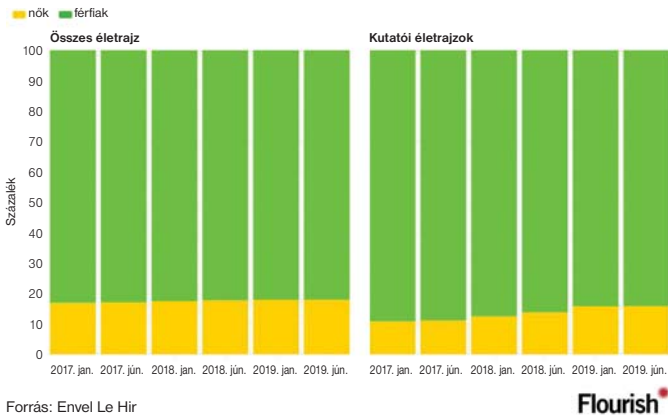
Az amerikai Science History Institute olyan kutatónők azonosításához keres segítséget, akik férfi kollégáikkal tűnnek fel régi fényképeken – névtelenül. Egy 2020 tavaszán közzétett képen öt nő vesz körül egy férfit.

[1] https://crowdfightcovid19.org/volunteers/
[2] https://www.bbc.com/future/article/20200612-how-to-help-the-world-during-lockdown

Kik a „laboratóriumi asszisztensnők”?

Bár a hangsúly most a nőkön van, a férfira is érdemes figyelnünk: Michael Somogyi (Somogyi Mihály) 1905-ben szerzett vegyészmérnöki oklevelet a Műegyetemen. Kétszer is megjárta Amerikát, mire a Pázmány Péter Tudományegyetemen doktorált „A katalízises úton hidrogénnel telített zsírok vizsgálatá”-ból, majd végleg az Egyesült Államokba költözött. Kollégáival módszert dolgozott ki az inzulin kereskedelmi léptékű előállítására. Ennek köszönhető, hogy 1922-ben először kezeltek egy amerikai kisfiút inzulinnal. Nemzetközi hírnevét az inzulinkezelés során született megfigyelései alapozták meg; a legismertebb a Somogyi-effektus.[3]

De kanyarodjunk vissza a női tudósokhoz, akikről sokkal kevesebb szócikk jelenik meg a Wikipédián, mint a férfiakról. Az arány javítására indult el a Women in Red projekt (az elnevezés arra utal, hogy a Wikipédián nincs információ a pirossal jelölt szavakról). Szócikkek írásával, fordítással, korrigálással lehet részt venni a munkában.



A Wikipédia-életrajzok nemek szerinti megoszlása, 2017– 2019

Előfordul persze, hogy az új szócikkek szereplői közül néhányat nem ítélnek elég ismertnek a Wikipédia szerkesztői. Közéjük tartozott Clarice Phelps magkémikus is: ő a 117-es elem, a tenesszium felfedezéséhez vezető munkában vett részt, és az IUPAC az első olyan afroamerikai nőként tartja számon, aki szerepet

[3] A Somogyi-effektus a szervezet válasza az alacsony vércukorszintre. A kórosan alacsony (hajnali) vércukorszintet követően a vércukorszint a termelődő stresszhormonok hatására jelentős mértékben megemelkedik.

játszott egy új elem felfedezésében. 2018 őszén került be a Wikipédiába az életrajza, de 2019 februárjában eltávolították, mert a tenesszium felfedezését bejelentő cikkekben nem szerepelt a neve (csak az Oak Ridge National Laboratory honlapja tüntette fel). A szócikkről hosszú vita folyt, végül 2020 januárjában engedélyezték a megjelenését.

A magyar nyelvű Wikipédia kémiai és egyéb szócikkeinek írásához is várják az önkénteseket, ahogy sok más közösségi projekthez, nem csak karantén idején. **sv**

HÍREK AZ IPARBÓL

Vegyipari mozaik

Újabb Mol-találat Pakisztánban. A találat tovább erősíti a Mol kutatás-termelés nemzetközi tevékenységét. A mostani találat az északi TAL koncessziós területen történt, amelynek a Mol az operátora. A Mamikhel-S-1-es kúton elvégzett fúrás mélysége mintegy 5 kilométer, és a tesztelés során a kút naponta 6516 hordó-egyenértékű szénhidrogént termelt (453 ezer köbméter/nap földgáz, illetve 3240 hordó/nap kondenzátum). A kút további tesztelése folyamatban van.

A Mol, mint operátor, naponta mintegy 90 ezer hordó-egyenértékű szénhidrogént termel ki a TAL-koncesszióban, amelyben 8,4%-os a részesedése. A magyar vállalat partnerei a konzorciumban három pakisztáni állami és egy magán olajvállalat.

A Mol 21 éve van jelen az ázsiai államban, ahol 4 szénhidrogén-blokkban van érdekeltsége. Ez a Mol 13. találata Pakisztánban, ahol a magyar vállalat által működtetett TAL-koncesszió az ország második legnagyobb PB-gáz- és olajtermelője, valamint a 200 milliós Pakisztán gázellátásának csaknem 9 százalékát adja.

A Mol célja kutatás-termelés üzletágának nemzetközi erősítése, amit ez a találat is elősegít. Három hónapon belül ez a Mol második találata. Márciusban a Mol Norge az Északi-tenger norvég részén talált olajat.

A Mol-csoport kutatás-termelés üzletága 14 országban van jelen, melyek közül 9 államban termel. A Mol-csoport áprilisban jelentette be, hogy megvette az amerikai Chevron azerbajdzsáni érdekeltségét a világ egyik legnagyobb olajmezőjében. A 9,5 százalékos ACG-mezőrészesedés napi 20 000 hordóval erősíti a Mol a-csoport termelését, ami a jelenlegi termelés csaknem ötöde.

A nemzetközi terjeszkedés célja készletpótlás, hiszen a Mol szénhidrogén-termelésének mintegy 60%-a a régióból (Magyarország és Horvátország) származik. A helyi mezők azonban kimerülőben vannak, és idővel egyre kevesebb szénhidrogén termelhető ki belőlük. *(mol.hu)*

RICHTER GEDEON

A Richter és partnere, a Palette Life Sciences AB a Lidbree-re vonatkozó nemzeti forgalomba hozatali engedélyt kapott az Egyesült Királyságban. A termék egy saját fejlesztésű, innovatív, hőre zselésedő, méhen belüli gél, amely jelentős fájdalomcsillapító hatást nyújthat hétköznapi nőgyógyászati beavatkozások során.

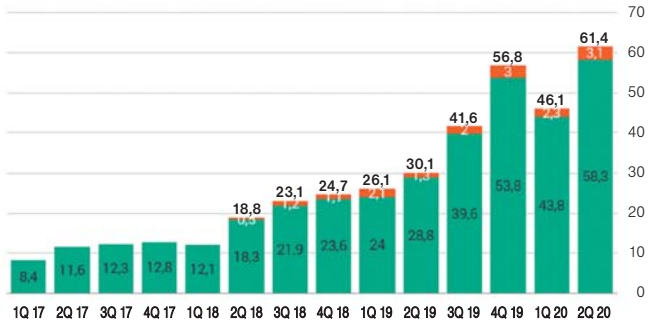
A Lidbree forgalomba hozatali engedélyét klinikai kutatásokból és a belső női nemi szervek érzőidegekkel átszőtt területeinek vizsgálatából származó számottevő adatmennyiség támasztja alá. A klinikai vizsgálat megállapította, hogy a Lidbree-kezelést követően jelentősen csökkent a nőgyógyászati beavatkozáson áteső hölgyek fájdalom- és diszkomfort-érzete.

„Kutatócsoportunk a méh teljes belső felületén felszíni fájdalomidegeket azonosított, ami lehetővé teszi lokális fájdalomcsillapítás alkalmazását számos nőgyógyászati beavatkozás során, mint például méhen belüli eszköz (IUD) felhelyezésekor, vagy a méhnyakból, illetve a méhből szövetminta vételezésekor. Ezek olyan eljárások, amelyeket rutinszerűen jelenleg fájdalomcsillapítás nélkül hajtanak végre. A LidbreE egy innovatív érzéstelenítő hatású lidokaintartalmú gél, amely felhelyezéskor a méh nyálkahártyájához tapad, és ezáltal kiváló fájdalomcsillapító hatást nyújt” – mondta Gunvor Ekman-Ordeberg, a Karolinska Intézet orvosprofesszora, a Lidbree-program alapítója.

Túlszárnyalta az elemzői várakozásokat a Richter. A második negyedéves gyorsjelentés szerint a társaság árbevétele 137,3 milliárd forint lett, ami 2,9 százalékkal alacsonyabb az idei első negyedéves, rekord árbevétellel összehasonlítva. A Richter partnere, az AbbVie kiváló teljesítményének köszönhetően a Vraylar árbevétele a második negyedévben átlépte az 1 milliárd dolláros határt, amely mérföldkő-bevételt eredményezett. A robusztusan növekvő értékesítés után elszámolt magasabb royalty-bevételeknek is köszönhető, hogy az USA a Richter kiemelt piacainak élére került. A Richter specialty-átalakulása jó ütemben halad, mivel a társaság nőgyógyászati értékesítése emelkedett és első bioszimiláris készítményük, a teriparatide is ígéretes árbevételt ért el a beszámolási időszakban. A devizaárfolyam-változások 16,21 milliárd forintértékben hatottak a Richter konszolidált árbevételére.

A gyógyszergyártási szegmensen belül a magyarországi árbevétel 1,4 százalékkal, 20,43 milliárd forintra nőtt az idei első fél-

Cariprazine (Vraylar, Reagila) értékesítése (millió euró)

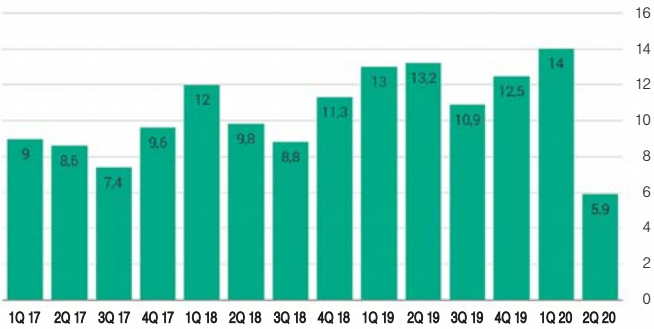


Forrás: Richter, Portfolio

évben a korábbi év azonos időszakához képest. A teljes gyógyszerpiac növekedése 4,8 százalék volt, a Richter-termékek kiskereskedelmi forgalma 2,4 százalékkal emelkedett. A társaság a hazai piaci szereplők rangsorában 5,0 százalékos részesedéssel a negyedik helyen áll. A vényköteles patikai piacot tekintve a Richter 7,4 százalékos piaci részesedéssel a második legnagyobb forgalmazó.

A gyógyszergyártás szegmens teljes európai uniós árbevétele 8,3 százalékkal, 66,92 milliárd forintra emelkedett 2020 első félévében, a korábbi év azonos időszakával összehasonlítva. Az EU12 régió a csoport gyógyszergyártási szegmensén belül a teljes európai uniós árbevétel 50 százalékát tette ki. A Lengyelországban elért árbevétel elsősorban a Richter vírus elleni készítménye, a Groprinosin forgalomemelkedésének volt köszönhető. Romániában a régóta bevezetett branded generikus készítmények árbevétele számottevően növekedett a vizsgált időszakban. Az EU15 piacain a Richter árbevétele 7,1 százalékkal növekedett (euróban 0,8 százalékkal csökkent). Ezt a teljesítményt befolyásolta a forintnak az euróhoz mért 7,9 százalékos gyengülése. Az elért forgalomhoz elsősorban a Németországban, Spanyolországban, valamint Olaszországban elért árbevétel járult hozzá. A termékösszetétel vonatkozásában az orális fogamzásgátlók és a Terrosa által elért magasabb árbevétel nem tudta ellensúlyozni a Bemfola értékesítésében bekövetkezett visszaesést, valamint az Esmya-árbevétel kiesését. A gyógyszergyártási szegmensen belül az EU15 régió adta a Richter Európai Unióból származó árbevételének 50 százalékát.

Bemfola értékesítése (millió euró)



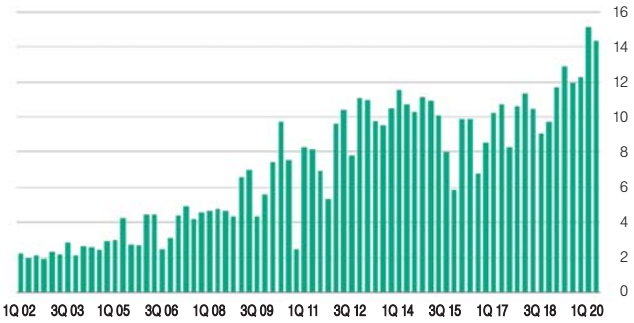
Forrás: Richter, Portfolio

A FÁK régió forintban kifejezett árbevétele 5,8 százalékkal 61,75 milliárd forintra emelkedett az idei első félévben a korábbi év azonos időszakához képest, a régióban elért, forintban mért árbevételt pozitívan befolyásolták a devizaárfolyam-változások, elsősorban a dollár erősödése, valamint a forint gyengülése.

Az Egyesült Államokban 64,3 százalékkal, 52,94 milliárd forintra nőtt a forintban kifejezett árbevétel az idei első félévben. A jelentős árbevétel-növekedés elsősorban a Richter partnere, az AbbVie/Allergan által realizált értékesítés után elszámolt bővülő royalty-bevételnek volt köszönhető. Továbbá, a bázisidőszakhoz hasonlóan, egyszeri, a Vraylar értékesítéséhez kötött mérföldkőbevételt számolt el a Richter, 7,946 milliárd forint (25,4 millió dollár) értékben. A szteroid hatóanyag és az ezekhez kapcsolódó profit sharing-bevételek szintén hozzájárultak az elért árbevételhez. A fenti fejlemények eredményeképpen az USA a Richter első számú piacává vált árbevétel tekintetében.

Kínában 3,6 százalékkal, 9,43 milliárd forintra emelkedett a forintban kifejezett árbevétel az idei első félévben, a korábbi év azonos időszakához képest. Latin-Amerikában 15,4 százalékos volt a forintban kifejezett árbevétel növekedése az idei év első félévében, az éves szinten elért növekedés elsősorban a világjárványhoz köthető felvásárlások eredménye. Az egyéb országok esetében 55,5 százalékkal emelkedett a forintban kifejezett árbevétel az idei első félévben, a korábbi év azonos időszakával összehasonlítva.

Richter konszolidált K+F költségek (milliárd forint)



Forrás: Richter, Portfolio

A bruttó fedezeti hányad 2020 második negyedévében 58,8 százalékos volt, szemben a korábbi év azonos időszakának 56,9 százalékos értékével. A fedezeti összeget pozitívan befolyásolta a Vraylar amerikai értékesítése után járó royalty éves szinten bekövetkezett számottevő növekedés (18,394 milliárd forint). Pozitívan befolyásolta a fedezetet a magas fedezetű orális és sürgősségi fogamzásgátlók forgalmának növekedése; és a Richter egyes készítményei (kardiovaszkuláris termékek, vagy a víruselleni Groprinosin) iránt, részben a világjárványhoz köthető felvásárlások miatt az első negyedévben fokozódó kereslet. Pozitívan befolyásolta a fedezetet az összességében kedvező árfolyamkörnyezet, az erősödő dollár is. A készletek szintjének megemelkedése csökkentette a bruttó fedezetet; a fedezeti összeget negatívan érintette a Richter egyes, branded generikus és hagyományos készítményei árbevételének visszaesése, ami részben annak a következménye, hogy a Cavintont Kínában törölték a támogatott készítmények listájáról, valamint, hogy Oroszországban elindult a kötelező árharmonizációs eljárás és Közép-Kelet-Európában nagymértékben emelkedtek a munkabérek.

Az értékesítési és marketing-költségek 8 százalékkal csökkentek az idei első félévben a korábbi év azonos időszakával összehasonlítva. Az idei első félévben a kutatási és fejlesztési költségek 19,9 százalékkal emelkedtek, ezen költségek alakulása az Allergannal közösen végzett, jelenleg is folyó klinikai vizsgálatoknak, a biotechnológiai és nőgyógyászati fejlesztési programoknak köszönhető. A K+F költségeket tovább növelték egyes központi idegrendszeri projektek is, amelyek klinikai fázisba értek, ezen költségek szintjének általános emelkedése, növekvő törzskönyvezési költségek, valamint az ehhez a területhez átsorolt informatikai költségek is.

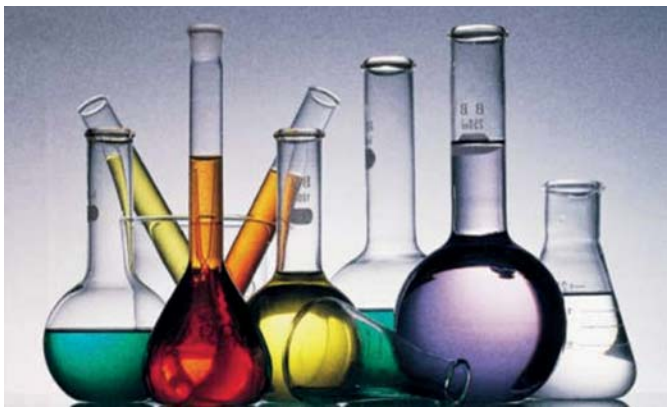
Az üzleti tevékenység eredménye 57,6 százalékkal 27,1 milliárd forintra emelkedett az idei második negyedévben, a korábbi év azonos időszakával összehasonlítva.

A pénzügyi tevékenység eredménye 3,7 milliárd forint lett az idei második negyedévben, szemben a korábbi év azonos időszakának 1,89 milliárd forintos értékével. Az idei első félévben a pénzügyi tevékenység eredménye 9,45 milliárd forint lett, ami 32,4 százalékkal volt magasabb a korábbi év azonos időszakával összehasonlítva. A Richter adózott eredménye 79,9 százalékkal 31,5 milliárd forintra emelkedett 2020 második negyedévében, a korábbi év azonos időszakához képest.

A Richter továbbra is tőkeerős, cash-flowja pozitív és szigorú vevői hitelpolitikája továbbra is hozzájárul ahhoz, hogy stressztűrő képességüket a globális gazdasági kihívások időszakában is fenntartsa. A társaság sem a beszámolási időszakban, sem a beszámoló kiadásáig eltelt időben a fizetési hajlandóság/képesség tekintetében semmilyen romló tendenciát nem észlelt. *(portfolio.hu)*

A nemzetközi piacokon terjeszkedne a RotaChrom: Európán kívül Amerikában és Ázsiában is növelné a piaci részesedését, de a gyártást, a kutatást és a fejlesztést továbbra is Magyarországon tartják.

A hatóanyag-tisztítással foglalkozó cég rövid távon elsősorban a gyógyszer- és élelmiszeripari ügyfelek számának növekedését



várja, ha sikerül egy teljesen automatizált berendezést piacra vinni, korszerűsíteni az ehhez kapcsolódó szolgáltatásokat és új módszereket fejleszteni néhány éven belül.

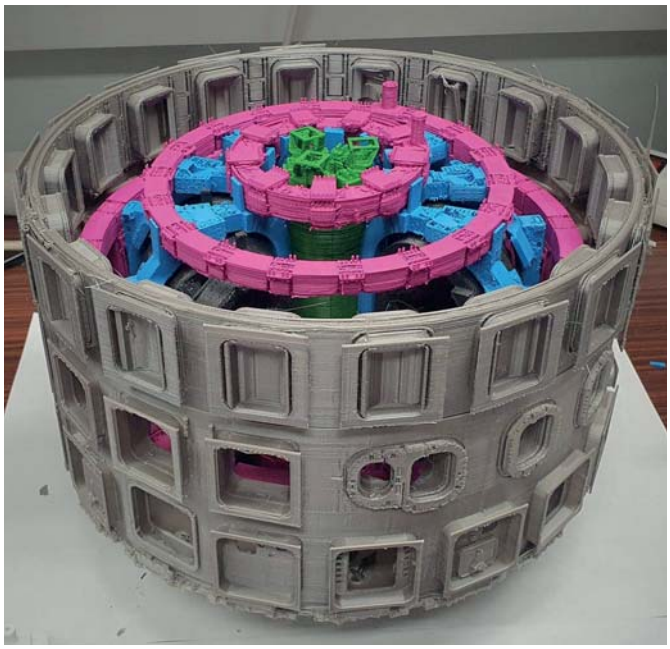
A RotaChrom startup vállalatként vált ismertté a 2014-es megalakulás után. A vegyész alapítók ötletével a laboratóriumi hatóanyag-tisztítást sikerült ipari méretekre is alkalmassá tenni. Ezen a területen jelenleg a RotaChrom a világ egyetlen cége, amely saját innovációra építve készülékeket és szolgáltatásokat egyaránt biztosít. A RotaChrom berendezésével, az ipari centrifugális megoszlási kromatográffal bármilyen folyadékból, akár szennyvízből is hasznos anyagok nyerhetők ki.

A kecskeméti székhelyű cég a nyilvános beszámolók szerint gyors növekedést ért el az utóbbi években. Éves árbevétele 2018-ról 2019-re 2,4 milliárd forintról 4,2 milliárd forintra nőtt, nyeresége mindkét évben meghaladta az egymilliárd forintot. A vállalat fejlődése a 2017-ben kapott tőkeinjekciónak köszönhetően gyorsult föl. A GB & Partners Kockázati Tőkealap-kezelő által kezelt Exim Exportösztönző Magántőkealap 1,5 milliárd befektetése mellett a GB & Partners szakmai támogatásának köszönhető, hogy a magyar cég világszinten is ismert társasággá vált. *(innoportal.hu)*

Keverhetik Paks II. betonját. Az Országos Atomenergia Hivatal kiadta az építési engedélyt a Paks II. Atomerőmű Zrt. kérelmére egy betonkeverő üzem vezénylő épületének építésére, továbbá a hozzá kapcsolódó gépjármű-mérleg telepítésére. A létesítményekre a paksi 5. és 6. nukleáris blokk építése során lesz szükség. Gondoskodni kell egy olyan független műszaki szakértő közreműködéséről is, aki a munkafeladat lezárásakor felelős nyilatkozatot ad az építési és szerelésre vonatkozó, a nukleáris biztonság szempontjából előírt követelmények kielégítését bizonyító minőségügyi dokumentumok teljeskörűségéről és hitelességéről, valamint arról, hogy a szerkezetek a rendeltetésszerű és biztonságos használatra alkalmasak. A betonkeverő üzem vezénylő épületének tervezett élettartama 10 év.

A Magyarországon termelt villamos energia felét, a felhasznált áram harmadát a jelenleg működő atomerőmű állítja elő, de ennek üzemideje 2032–37 között lejár. A két új paksi blokk a leállítandó erőmű pótlására hivatott. *(vg.hu)*

Hatalmas lépés a fúziós erőművek felé. Megkezdődött a világ első erőmű méretű fúziós kísérleti berendezése, az ITER összeszerelése. Az ITER ma a legnagyobb nemzetközi mágnesesfúziós kutatás-fejlesztési projekt a világon. A berendezést a délfranciaországi Cadarache-ban építik azzal a céllal, hogy bebizonyítsák, lehetséges magfúzióval békés célokra energiát termelni a Földön, és hogy teszteljék a későbbi fúziós erőművekben használt



3D NYOMTATOTT MODELL AZ ERŐMŰ BERENDEZÉSÉRŐL. FOTÓ: ELKH

technológiát. A fúziós energiatermelésről és az ITER-ről az MKL júliusi-augusztusi számában írtunk bővebben.

Magyarországról az ELKH-hoz tartozó Energiatudományi Kutatóközpont (EK) Fúziós Plazmafizika Laboratóriumának és Fúziós Technológia Laboratóriumának a szakemberei vesznek részt az ITER-projektben, ők korábban a Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézetében dolgoztak plazmafizikai kutatásokban. A magyar mérnökök tervezték meg az ITER teljes belső részének bekábelezését oly módon, hogy azok 20 évig karbantartás nélkül is működni tudjanak, emellett egyes komponenseket is teszteltek Budapesten. Az EK szakemberei jelenleg is dolgoznak az ITER egyik fontos elemén, az egyik szaporítókazettán, amelynek a feladata a fúzió egyik üzemanyagának előállítása lesz az erőművön belül, továbbá a közelmúltban pályáztak az ITER egyik kritikus berendezésének, a pelletbelövőnek az építésére is, amely az üzemanyag-utánpótlást oldaná meg a fúziós erőműben. *(index.hu)*

Ritz Ferenc összeállítása

MKE-HÍREK

Konferenciák, rendezvények

Rendezvénynaptár – 2020

április 17–18.	XVIII. Országos Diákvegyész Napok – **ELHALASZTVA**	Sárospatak
április 20–27.	Mendeleev Olympiad, 2020 – **ELHALASZTVA**	Budapest
május 6–8.	MKE Biztonságtechnikai Szeminárium, 2020 – **ELHALASZTVA**	
május 21–23.	Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (YRICCCE III) – **ELHALASZTVA**	Kolozsvár/ Cluj-Napoca
	XXVII. Kémiatanári Nyári Továbbképzés – **ELHALASZTVA 2021-re**	Eger
szeptember 27.	LII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny – Írásbeli döntő, a versenyző saját iskolájában	Debrecen
szeptember 11.	Küldöttközgyűlés	Budapest
szeptember 21–24.	18th Central European Symposium on Theoretical Chemistry	Balaton-szárszó
szeptember 27.	LII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny – Gyakorlati döntő	Debrecen
október	Őszi Radiokémiai Napok, 2020 – **ELHALASZTVA 2021-re**	
november 4.	Kozmetikai Szimpózium, 2020	Budapest
november 16–18.	5th Rubber Symposium of the Countries on the Danube	Szeged
november	Hungarocoat, 2020	Budapest

Magyar Kémikusok Egyesülete Küldöttközgyűlés

Időpont: 2020. szeptember 11. 10:00
Helyszín: Budapesti Fasori Evangélikus Gimnázium
1071 Budapest, Városligeti fasor 17–21.
Megközelítés: Az M1 földalatti Bajza utcai megállójától a Bajza utcán besétálva a Benczúr utca irányába a 3. keresztutca a Városligeti fasor.
A regisztráció 9:00-tól kezdődik.
A közgyűlési dokumentumok honlapunkról letölthetők.
A küldötteket, szakosztályok, szakcsoportok, területi szervezetek, munkahelyi csoportok vezetőit és minden egyesületi tagtársunkat szeretettel várjuk.

18th Central European Symposium on Theoretical Chemistry

2020. szeptember 21–24., Balatonszárszó
A rendezvény honlapja és online jelentkezés:
https://www.cestc2020.mke.org.hu/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,
cestc2020@mke.org.hu

5th Rubber Symposium of the Countries on the Danube

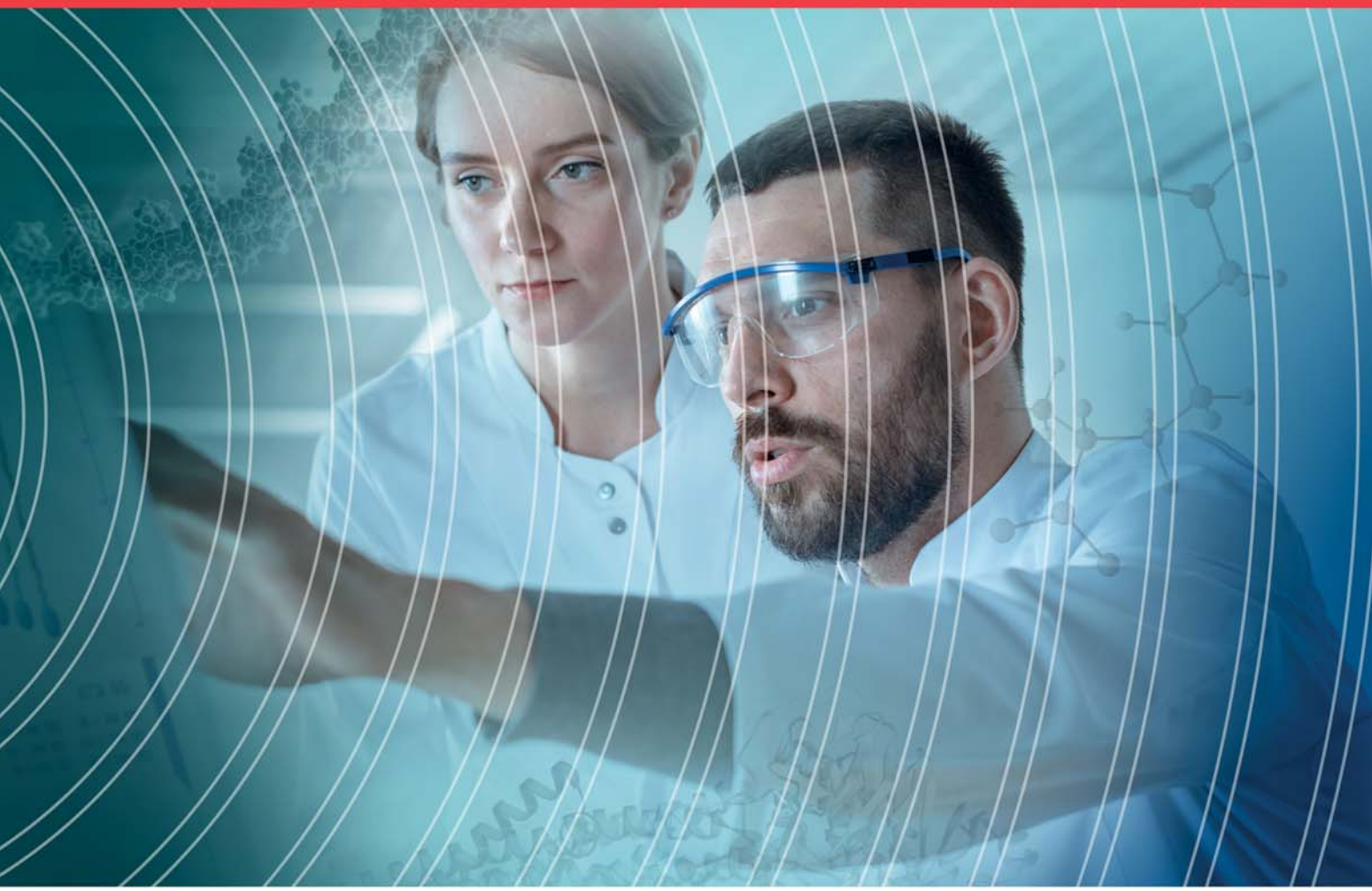
2020. november 16–18., Szeged
A rendezvény honlapja és online jelentkezés:
https://www.rubber2020.mke.org.hu/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,
rubber2020@mke.org.hu

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL
LXXV. No. 9. September

CONTENTS

In memoriam chemistry 254
ATTILA VILLÁNYI
IUPAC centenary
The creative chemist 256
Novel trends in the field of membrane separation techniques 258
KATALIN BÉLAFI-BAKÓ, PIROSKA TAKÁCS, and NÁNDOR NEMESTÓTHY
Coordination chemistry research at the Inorganic and Analytical Chemistry Department, Eötvös Loránd University 261
ÁGNES BUVÁRI-BARCZA
Celebrating the 75th volume of the Journal
An original article by ***Géza Schay*** *and* ***Lajos G. Nagy*** *and a comment by* **KRISZTINA LÁSZLÓ** 265
2019 IgNobel Prizes: force of habits 270
GÁBOR LENTE
Reaching out to the stars – by space elevator. Waiting for a 35 000-km-long nanotube cable 272
TIBOR BRAUN
Obituary
Zoltán Boksay (1927–2020) 275
LÁSZLÓ SZEPES
Chembits 276
GÁBOR LENTE
The Society's Life 278
News of the Month 279

thermo scientific



Lépje át a határokat

eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

Teljesen új lehetőségek nyíltak meg a komplex analitikai kihívások megoldásában, a kis- és nagymolekulák világában egyaránt. A Thermo Scientific™ Orbitrap™ Tribrid™ nagyfelbontású, nagy tömegpontosságú tömegspektrométerek ötvözik a kiemelkedő szelektivitást, érzékenységet, sebességet és kombinálhatóságot, ezzel lehetővé téve a kimutatási határok, a mennyiségi meghatározás és az ismeretlen komponensek azonosításában eddig ismert korlátok jelentős túllépését. A Tribrid™ tömegspektrométerek három analizátor típus, a kvadrupol, a lineáris ioncsapda és az Orbitrap™ előnyeit kombinálva teljesen egyedi mérési üzemmódok alkalmazását teszik lehetővé.

Thermo Scientific™ Orbitrap Eclipse™ Tribrid™ MS

Thermo Scientific™ Orbitrap Fusion™ Lumos™ Tribrid™ MS

Thermo Scientific™ Orbitrap ID-X™ Tribrid™ MS

További információk: **thermofisher.com/tribrid**

Kizárólagos képviselet:

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

UNICAM