

A TARTALOMBÓL:

- Kémia tanítása tanári végzettség nélkül?
- Kémiatanítás anno: így is lehetett
- Emlékmorzsák egy tanári lét hordalékából
- Magnetit: az év ásványa



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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

Ionmobilitással kombinált tömegspektrometria



nka A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült

ÉLELMISZEREK AUTOMATA GYORSELEMZÉSE

Az európai törvények pontosan meghatározzák az Európai Unióban értékesített élelmiszerek címkéinek tartalmát. Az összetevők felsorolása, valamint a tárolási körülményekre, a származási helyre és a lejáratú időre vonatkozó információk mellett szükséges az összes élelmiszer esetében a tápértéket is megadni.

Az egyik kötelező adat a termék fehérjetartalma. A különféle élelmiszerek fehérjetartalma a rapid MAX N exceed automata analizátorral felügyelet-mentes üzemmódban elemezhető. Néhány mérés eredménye látható a táblázatban. A homogenizált minták fehérjetartalmát és az eredmények szórását öt párhuzamos mérésből számolták.

| MINTA | BEMÉRÉS | MÓDSZER | FEHÉRJE-FAKTOR | FEHÉRJE % |
|---|---------|-----------|----------------|-------------|
| főtt sonka  | 500 mg | kolbász | 6,25 | 21,1 ± 0,10 |
| sertészsír  | 250 mg | felvágott | 6,25 | 3,42 ± 0,25 |
| véreshurka  | 450 mg | felvágott | 6,25 | 13,1 ± 0,08 |
| rozsmaringos  | 500 mg | növény | 6,25 | 41,6 ± 0,16 |
| jégkrém  | 1000 mg | jégkrém | 6,38 | 2,91 ± 0,02 |
| töltött  | 500 mg | felvágott | 6,25 | 21,0 ± 0,20 |
| csirkemellfilé  | 650 mg | hús | 6,25 | 18,9 ± 0,28 |
| zöldséges burgonya-  | 600 mg | gabona | 6,25 | 1,49 ± 0,04 |
| zsemle  | 500 mg | gabona | 6,25 | 9,12 ± 0,09 |



A rapid MAX N exceed analizátor ideális választás a különféle élelmiszer minták fehérjetartalmának rutin meghatározásához. N/fehérje tartalom meghatározás néhány perc alatt, évekig stabil, minta-független kalibrációval, kivételesen alacsony karbantartással, amely lehetővé teszi a magas mintaszám feldolgozást felügyeletmentes automata üzemben, így az ipari minőség-ellenőrzés egyik ideális eszköze. A vonatkozó szabványok által előírt ismételhetőség ill. szórás értékek biztonsággal teljesíthetők. Mintabemérés: 5 mL-es saválló acél tégelyekbe, előcsomagolás szükségessége nélkül, halmazállapot független mérési sorozatokkal. 10 éves kiegészítő garanciák a főegységekre.



elementar

Analysensysteme GmbH.
EXCELLENCE IN ELEMENTS

D 63505 Langenselbold Elementar-Straße 1.
Tel: +49-6184-93930 web: 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



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

Szerkesztőség:

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

Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
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,
NEMES ANDRÁS, ifj. SZÁNTAY CSABA,
SZABÓ ILONA, TÖMPE PÉTER,
ZÉKÁNY ANDRÁS

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

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

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA
Nyomdai előkészítés: 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 10200 Ft
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti
a Batthyány Kultur-Press Kft.,
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.
1251 Budapest, Postafiók 30.
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

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

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

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2022.05

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



A pedagógusok sztrájkja eddig nem járt a várt sikerrel, nem is járhatott – sem a nemzetközi, sem a hazai körülmények nem kedveztek a sikernek. Az ukrán-orosz háború, illetve a kormányzat évek óta tartó teljes ignoranciája az oktatás és az oktatók helyzetének javítása érdekében eleve kedvezőtlené tette a légkört a pozitív változások iránt. A kormányzat csak a közelgő választásokra koncentrált. A tanárok nem sztrájkolni, tanítani akartak, de nem mindegy, hogyan. Ezt hangoztatták a március 19-i „kockás inges” tüntetésen. Volt ennek a tüntetésnek számomra egy nagy pozitív érzülete – a szolidaritás széles körű megnyilvánulása: „Veletek vagyunk” – hangzott a számtalan szervezet képviselőjétől, akik egyetértésükről és támogatásukról biztosították a pedagógusokat. A diákok, akik ott voltak a nagygyűlésen, a szülők, akik nem küldték iskolába gyermekeiket a hét első három sztrájknapján, mind ugyanazért, a fiatal generáció jövőjéért álltak ki. Meglátjuk, hogy az új kormányzat mit vált valóra a választási kampány utolsó heteiben tett ígéretekből. Nincsenek nagy reményeim.

Szeretnék most több olvasnivalót ajánlani a májusi számunkból. Maradjunk az oktatásnál. A természettudományok a mai (Z) korosztály körében való népszerűbbé tétele érdekében a felsőoktatási intézmények új szak indítását (Z-szak: természettudomány és környezettudomány) határozták el, hogy az alapfokú közoktatási intézményekben bevezetett természettudomány tantárgyat hozzáértő tanárok tudják oktatni. A tárgy kezdeményezője, Weiszburg Tamás a Válasz Online-nak adott interjút, ezt áprilisi számunkban is olvashatták. Népszerűsítő weboldalukról (zeesak.elte.hu) valamivel többet tudhatnak meg a szakról.

Szabó Csabával, a Magyar Vegyipari Szövetség (MAVESZ) igazgatójával készült interjúnkat szintén áprilisi számunkban olvashatták. A beszélgetésben említett, oktatással foglalkozó konferencia azóta sikerrel lezajlott (csak zárójelben említeném meg, hogy az EMMI nem, de az ITM képviseltette magát). A konferenciáról most beszámolót közlünk, az elhangzott előadások később jelennek meg.

A pedagóguspályát hivatásnak tekintő Rátz Tanár Úr életműdíjas pedagógusok visszaemlékezései szívderítőek májusi számunkban. Még vannak ilyen tanárok, akikre büszkén nézhetnek fel pályatársaik is, és ajánlhatják őket minden évben erre a legmagasabb elismerésre. De nem csak a kiemelkedő teljesítményt kell díjazni.

A mai helyzetben a Ludányi Lajos cikkében felvázolt állapot fenyeget egyre inkább bennünket: „Kémia tanítása tanári végzettség nélkül?” Kinek jó ez? A jövőnknek biztosan nem.

Új sorozat indult áprilisi számunkban ígéretes fiatal kémikusaink kutatásainak megismertetésére: ezúttal egy újabb sikeres kutató, Schlosser Gitta és csoportja mutatkozik be a rovat vezetője, Szalay Péter kérdéseire válaszolva.

Szokásos rovataink mellett Inzelt György tollából olvashatunk érdekes tudománytörténeti cikket.

Jó olvasást kívánunk a tavaszi napfényes napokra!

2022. május

Kiss Tamás

Kiss Tamás
felelős szerkesztő

TARTALOM

| | |
|---|-----|
| IGÉRETES FIATAL KÉMIKUSAINK | |
| Ionmobilitással kombinált tömegspektrometria – kutatás a család mellett. Beszélgetés Schlosser Gittával | 134 |
| KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM | |
| Ludányi Lajos: Kémia tanítása tanári végzettség nélkül? | 137 |
| RÁTZ TANÁR ÚR ÉLETMŰDÍJASOK | |
| Szántay Csabáné Imre Judit: Kémiantanítás anno: így is lehetett | 141 |
| Fodor Erika: Máshogy is lehet: emlékmorzsa tanári létem hordalékából. Kalandos utam a kémiantanárság felé | 144 |
| KITEKINTÉS | |
| Inzelt György: Kiről neveztek el? Az Ohm-törvény | 148 |
| Braun Tibor: Bevezetés a tudományos folyóiratok létrejöttébe és demográfiájába | 150 |
| Varga Andrea, Raucsik Béla: Vonzó (geo)kémia: a 2022. év ásványa, a magnetit kémiai megközelítésben | 153 |
| KÖNYVISMERTETÉS | |
| Lelik László: Egy bonyolult analitikai rendszer változatos alkalmazásai Tölgyesi Ádám: Gyakorlati példák a folyadékkromatográfiával kapcsolt hármass kvadrupol rendszerű tandem tömegspektrometria élelmiszer-, bio- és textilanalitikai alkalmazására | 157 |
| VEGYSZLELETEK | |
| Lente Gábor rovata | 158 |
| MEGEMLÉKEZÉS | |
| Blaskó Gábor: Mihályi György | 160 |
| A HÓNAP HÍREI | 160 |



Cimlapunkon:
Ionmobilitással
kombinált
tömegspektrometria

Ionmobilitással kombinált tömegspektrometria – kutatás a család mellett

Beszélgetés Schlosser Gittával

Ebben a számban Schlosser Gittát, az ELTE adjunktusát, az MTA–ELTE Lendület Ionmobilitás-tömegspektrometria Kutatócsoportjának vezetőjét mutatjuk be.



Mi a csoport kutatásának témája, milyen aktuális tudományos kérdéshez kapcsolódik ez?

Fehérjemódosulatok vizsgálatával foglalkozunk, tömegspektrometria-alapú szerkezetkutatási módszerekkel, amelyhez egy Magyarországon újszerűnek számító számítási technika, az ionmobilitás-elválasztást is használunk. Az ionmobilitással kombinált tömegspektrometria gyorsan fejlődő szerkezetkutatási terület, amely az elmúlt néhány évben kezdett igazán elterjedni. Nagy öröm, hogy az egyetem műszerparkja nemrég egy ilyen műszerrel bővíthetett, és erre építve elnyerhettük az MTA Lendület programjának támogatását.

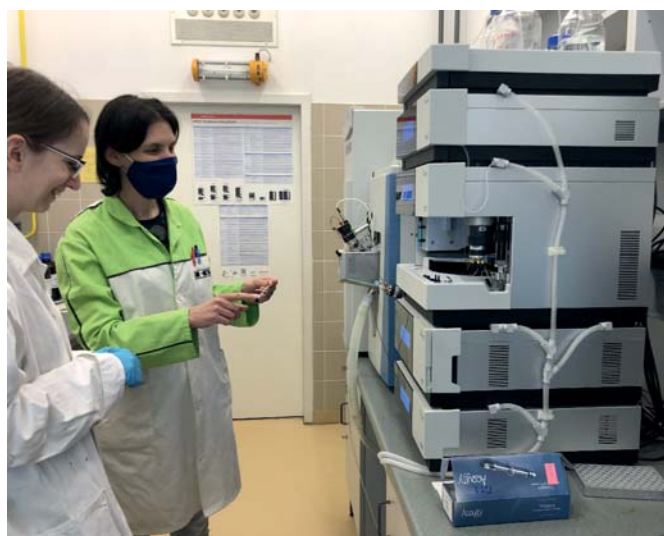
Hogyan jutott el ehhez a témához, melyek voltak tudományos fejlődésének fontosabb állomásai?

Az ELTE vegyész szak elvégzése után doktori iskolás hallgatóként kezdtem tömegspektrometriával foglalkozni, az akkori MTA Kémiai Kutatóközpontban. Elsősorban a tömegspektrometria peptid- és fehérjekémiai alkalmazásai érdekelték, és a doktori fokozat megszerzése után ezen a területen kezdtem el dolgozni az ELTE Kémiai Intézetének Szerves Kémiai Tanszékén működő MTA–ELTE Peptidkémiai Kutatócsoportban. A tanszéken akkoriban csekély műszeres lehetőség állt rendelkezésre, de többször ellátogathattam jobban felszerelt hazai és külföldi laboratóriumokba. Érdeemes megemlíteni, hogy Magyarországon sok kiválóan felszerelt tömegspektrometriás laboratórium van, amelyeknek a műszerezettség és az ott elérhető kutatási tapasztalatok jól kiegészítik egymást, így szinte minden, tömegspektrometria-alapú kutatási területet képesek itthon kiszolgálni. 2017-ben az ELTE Analitikai Kémiai Tanszékéhez csatlakoztam, és a hazai laboratóriumokkal történő kooperáció több izgalmas publikációt is eredményezett az elmúlt években. Végül az egyetem által támogatott műszerberuházások lehetővé tették, hogy itt, az ELTE-n is fellendüljenek a tömegspektrometriás elemzéseket igénylő, szerves és biomolekuláris kutatási területek. Az általunk használt, unikálisnak számító ionmobilitás-tömegspektrométer hatékonyan támogatja a látványos kampusz folyó, igen aktív és magas szinten művelt fehérjeszerkezet-kutatási, biokémiai kutatói projekteket.

Az elmúlt években fontos mérföldkő volt, hogy ezekbe a kutatásokba bekapcsolódhattam, és új tapasztalatokkal, közös pályázatokkal a csapatomat erősíthettem.

Kérem, kicsit részletesebben is beszéljen olvasóinknak az egyik kedvenc kutatási témájáról!

A legfontosabb kutatási területünk a fehérjecitrullináció. Ez egy látszólag apró kémiai változás (a fehérjeláncban egy-egy arginin átalakulása citrullinná), amely azonban jelentősen befolyásolhatja az adott fehérje aktivitását, funkcióját vagy immunogenitását. Még keveset tudunk a szervezetben természetes módon előforduló fehérjecitrullináció funkciójáról, de azt tudjuk, hogy bajt okoz, ha nem megfelelő helyen vagy mennyiségben jelenik



Munka közben

meg a módosulat. A legismertebb ehhez kapcsolódó megbetegedés a népbetegségnek számító rheumatoid arthritis, reumás sokízületi gyulladás, amelyben a normálisnál nagyobb mértékű fehérjecitrullináció autoimmun megbetegedést okoz azáltal, hogy a szervezet a módosult fehérjét megtámadja. Kutatómunkánk során elsősorban arra vagyunk kíváncsiak, hogy hol és mikor alakulhatnak ki a „hibát” hordozó fehérjeszakaszok, valamint hogy ezt az apró változást hogyan tudjuk a leghatékonyabban kimutatni egy biológiai mintában.



Kiránduláson a csoporttal

Mennyire láthatóak eredményei nemzetköz téren? Ön szerint mi kell ahhoz, hogy az itthoni kutatások is fel tudják kelteni a nemzetközi szalma közösség érdeklődését?

A fehérjestructúra ma már igen aktív kutatási terület; elsősorban a klinikai körképekben betöltött szerepét vizsgálják. A módosítás tömegspektrometriás vizsgálatával rajtuk kívül azonban nagyon kevesen foglalkoznak, éppen ezért egy kis előrelépés is fontosnak számít ezen a területen. Publikációink mindig pozitív fogadtatásra találnak, bár a terület specialitása miatt nagy hivatkozási arányra nem számíthatunk. Itt is fontos a kooperáció, a területen dolgozó, vezető külföldi laboratóriumoktól több esetben kaptunk mi is segítséget a kísérleteinkhez.

Kérem, mutassa be a csoportot!

A Lendület kutatócsoportot – rajtam kívül – jelenleg két poszt-doktori kutató, egy predoktori kutató és hat doktorandusz-hallgató alkotja. Látható tehát, hogy fiatal és nagyon lelkes csapatról van szó, akik jól tudnak együtt dolgozni, de mindenkinek megvan a saját szakterülete és érdeklődése is. Fontosnak tartom, hogy minden kolléga megtalálja azt a kutatási területet, amely igazán érdekli, amelyen hosszú távon is fejlődhet. A csoport közös munkájához kapcsolódva így a szakterületek jól kiegészítik egymást, és számíthatunk, építhetünk mindenki tapasztalatára. A csoporthoz csatlakozott olyan fiatal kutató, akivel hosszú évek óta dolgozunk együtt az ELTE-n, de olyan kolléga is, aki más egyetemről jött át hozzánk a nálunk elérhető izgalmas kutatási területek és műszeres lehetőségek miatt.

Hogyan lehet idehaza megteremteni egy ilyen nagy csoport működési feltételeit? Mekkora a szerepe ebben az intézmény támogatásának és mennyi a csoportvezető pályázati képességének?

Az általunk használt műszereket az ELTE Szint+ Témaerületi Kiválósági Program keretében szereztük be az elmúlt két évben. Ez az intézményi támogatás nagy lendületet adott az itt folyó tömegspektrometria-alapú kutatómunkának, akár kooperációs kutatásra, akár csupán mérési szolgáltatásra gondolunk. Olyan műszerünk is van, amely betanulás után szabadon hozzáférhető az egyetemi polgárok számára, és jelenleg több mint 25 fiatal kolléga használja. Azt gondolom, hogy ez a műszerhasználati forma Magyarországon egyedülálló, ugyanakkor a szerves kémia területén a munkát sokkal hatékonyabbá teszi a szokványos mérési szolgáltatásokhoz képest. Az ELTE Szint+ Témaerületi Kiváló-

sági Program támogatása nélkül nem tudtunk volna mi sem egy kifejezetten műszeres technikára épülő kutatási projekttel sikeresen pályázni az MTA Lendület programjára. Az újonnan megalakult Lendület kutatócsoportot a Kémiai Intézet laboratóriumi és irodai helyiségek átcsoportosításával, a szükséges felújítás és átalakítás anyagi támogatásával segítette és segíti folyamatosan. A működésünket az MTA Lendület programja mellett az is támogatja, hogy más hazai és nemzetközi pályázatokon is sikeresen szerepeltünk az elmúlt években. A csoport fenntartásához mindenképpen szükségesek más pályázatok is, és ez a Lendület programban is elvárás.

Milyen szerepe van a sikeres kutatásban a nemzetközi kapcsolatoknak?

Mivel nagy családom van, keveset járok külföldre, és egyelőre elsősorban a korábban szerzett nemzetközi kapcsolataimra építek, ezeket igyekszem fejleszteni. Fontosnak tartom azonban, hogy a kollégáim eljuthassanak külföldi rendezvényekre, és szerezzenek új kapcsolatokat és tapasztalatokat.

Marad kapacitása tudomány-népszerűsítésre, egyáltalán feladatának érzi-e ezt is?

A tudomány-népszerűsítést a kutatás fontos részének tartom, enélkül nem teremthető meg hosszú távon az itthoni kutatások folytonossága. Emellett azonban a fiatal kutatók képzése is szívügyem, ezért a csoportommal rendszeresen szervezünk továbbképzéseket, nyári iskolákat, ahol bárkinek lehetősége nyílik arra, hogy elmélyítse tudását a tömegspektrometria területén. Ezzel hozzá tudunk járulni ahhoz, hogy a fiatal kutatók a gyakorlatban is használható, életszerűbb tudást és tapasztalatot szerezzek a szűkös egyetemi tananyaghoz képest.

Hogyan tudja összeegyeztetni a munkáját a családdal? Milyen érveket tudna mondani egy még Önnél is fiatalabb kolléganőnek a pályán maradás mellett? Mivel tud a kutatóhely, a kollégák, a társadalom segíteni ebben?

Fiatal kutatóként rengeteget segített, hogy volt egy biztos munkahelyem, ahova visszatérhettem gyerekvállalás után. Az egyetemi oktatásba bekapcsolódva pedig olyan hallgatókkal találkoztam, akiknek a lelkesedése, érdeklődése, aktív munkája hozzájárult egy-egy kisebb projekt befejezéséhez, sikeréhez. Hasznosnak tartom a szakdolgozó és TDK-zó hallgatók aktív részvételét a kutatómunkában, hiszen így a hallgatók tapasztalatszerzése mellett lehetőség van a tehetségesebb diákok hosszú távú bevonására, akikre akár kisebb projekteket is rábízhathatunk, ha a szükséges munkamódszereket, technikákat megfelelően el tudták tőlünk sajátítani. Ha fiatalabb kutatókat is bevonunk a munkába, mi is rugalmasabban tudunk dolgozni és az időnkét jobban ki tudjuk használni. A diákok gyakran más perspektívából közelítenek meg egy-egy problémát, mint azok, akik hosszú évek óta kutatnak az adott területen. Ez pedig folyamatosan új szempontokat, ötleteket generál.

Jelenleg várandós vagyok a negyedik gyermekömmel, és izgalommal várom a következő évek kihívásait. Gyanítom, hogy nem lesz könnyű, de nagy öröm, hogy építhetek egy remek csapat munkájára. A Covid-19 pandémia gyorsan rákényszerített minket az on-line térben is elvégezhető tevékenységek jobb kihasználására, amit kutatócsoportként az előnyünkre fordíthattunk. Ez a tapasztalat biztosan sokat fog segíteni a jövőben is.

Azt gondolom, a kisgyerekes kutatóknak egyik fő problémája, hogy a gyerekvállalás miatt mindenképpen csökken a publikációs

aktivitásuk, és ez hosszú távon rontja a pályázatokon való szereplésüket. A hazai pályázati formák ráadásul gyakran nem elég rugalmasak: nemigen kínálnak megoldást arra, ha a témavezető csak részállásban dolgozna vagy szülősi szabadságra menne. Ezen a területen még van itthon javítanivaló, éppen ezért nagyon örülök, hogy én is részt vehetek a 2019-ben megalakult Fiatal Kutatók Akadémiájának munkájában. Az MTA közfeladataival összhangban ez a szervezet sok hasznos programot, információt, illetve tudományos rendezvényeket szervez, és aktívan dolgozik azon, hogy a fiatal kutatók helyzete és lehetőségei itthon is javuljanak. Ajánlom minden fiatal kutatónak, hogy kövesse a honlapunkat (<https://mta.hu/fka>) és Facebook-oldalunkat, ahol tájékozódni tud programjainkról.

A kutatás nemzetközisége miatt sok fiatal kutató szembesül az „itthon vagy külföldön” dilemmával? Hozott-e ilyen döntést életé-



A sor folytatódik...

ben? Ha igen, mi volt az érv az itthon maradás mellett?

Többször voltam külföldön doktori iskolás hallgatóként, majd posztdoktori kutatóként. Elsősorban azért kerestem ezeket a lehetőségeket, hogy fejlődhessek, tanulhassak, megismerhessek új munkamódszereket. A külföldi laboratóriumokban szerzett tapasztalataim jó alapot adtak saját érdeklődési területem kiteljesítéséhez. Ugyanakkor sosem gondoltam arra, hogy hosszú távon külföldön maradjak, itthon szerettem volna családot alapítani. Fontos szempont volt az is, hogy itthon olyan munkahelyet találtam, ahol megbecsülik és támogatják a munkámat, és ahol kutatóként lehetőségem van a folyamatos fejlődésre.

Köszönjük szépen a beszélgetést! Munkájához sok sikert kívánunk, valamint teljen öröme családjában, különösen az új jövevény érkezésében!

Szalay Péter

Új központi irodaépülettel bővül a Richter budapesti telephelye

A cég kőbányai telephelyén megvalósuló beruházás elsődleges célja, hogy a Richter munkatársait olyan innovatív, együttműködésre inspiráló munkakörnyezet vegye körül, mely a vállalat magas szintű innovációs tevékenységével összhangban van. Az új komplexum a központi kutató- és irodaépület (KKI) melletti fejlesztési területen fog megvalósulni, azzal összekötötést biztosítva. Ezzel egy teljesen új központ jön létre, maximalizálva a számos szervezeti egység közötti szinergiát.

A mintegy 17 400 m² alapterületű, pince, földszint plusz 6 emeletes komplexumban modern irodatermek kerülnek kialakításra, ahol 420 fő irodai alkalmazott elhelyezésére nyílik lehetőség, de helyet kap többek között egy 120 fő befogadására alkalmas, kettéosztható rendezvényterem, egy egyidejűleg 150 főt befogadó befejezőkonyha étterem, valamint büfé is. A mélygarázsban 74 új parkolóhelyet és 60 kerékpár tárolót, a felszínen 10 elektromos autótöltő állomást alakítanak ki. Az épület energiaellátását környezetbarát, a talaj hőjét hasznosító hűtő-fűtő berendezések biztosítják, és ez lesz az első olyan Richter-épület,

amelyet a legszigorúbb nemzetközi sztenderdeknek megfelelő, „LEED gold” minősítés előírásai szerint terveztek. A beruházás tervezett összköltsége 15 milliárd forint.

„A jelenlegi budapesti beruházással olyan modern és fenntartható infrastruktúra kialakítása a feladat, mely egyszerre szolgálja a Richter hosszú távú stratégiai céljait, valamint a 21. századi munkakörnyezet elvárásait. Az épület tervezésekor kiemelt szempont volt az energiahatékonyság fokozása, a megújuló energia használata, mely fontos része a vállalat fenntarthatósági törekvéseinek” – mondta Orbán Gábor, a Richter vezérigazgatója a 2022. márciusi alapkőletétel alkalmából.

Az épület tervezésekor fontos cél volt a fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontok mellett, a társaság 120 éves múltjához jól illeszkedő, impozáns, de nem hivalkodó külső megjelenés és a hozzá tartozó igényes környezet megteremtése. Az új központi irodaépület a tervek szerint 2023 végére készülhet el.

Nagy Gábor



A Richter új irodaépületének látványtervei, Zoboki Építésiroda



Ludányi Lajos

Gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium | dr.ludanyi.lajos@gmail.com

Kémia tanítása tanári végzettség nélkül?

Bevezetés

Ha kellő időt töltünk egy munkáját végző mesterembert figyelve, hamarosan megérlelődik bennünk a gondolat: „Ezt én is meg tudnám csinálni.” Minél nagyobb az időtartam, annál biztosabban érezzük azt a virtuális rutint, amelyre csupán a tanulmányozás révén tettünk szert. A tanári szakma fortélyainak elsajátítására szemlélőként és elszenvedőként – jó esetben – 12 évünk volt. Ilyen tekintélyes ideig nagyon kevés más szakmát tanulmányozhattunk életünk során, ezért gondolhatja bárki, aki az érettségén túljutott, hogy tud tanítani. Akár kémiát is...

A kémiatanárok számának drasztikus csökkenése miatt lehetővé vált, hogy a tantárgyat olyanok is oktathassák, akik pályájuk során sikeresen végeztek el valamilyen egyetemi kémiai kurzust. A kémia kurzus(ok) elvégzése az ahhoz szükséges önbizalmat is megadja, hogy az illető a megszerzett tudás révén maga is a tudás forrásává válhat. A tudásátadáshoz szükséges know-how-t pedig – ahogy korábban már említettem – az iskolai évei alatt látens módon mindenki elsajátította. A megszépítő emlékezet révén aztán rengeteg hasznos dolog juthat az ember eszébe arról, hogy miként is lehet megszerettetni, jobban tanítani, megértetni a kémiát. Érthetetlen, hogy ezek az ötletek eddig miért nem jutottak eszébe annak a több ezer, ebbe a problémakörbe beleőszült kutatónak, akik a kémia oktatásának jobbá tételén fáradoztak.

Az érzés hasonlatos a B kategóriás jogosítvány megszerzésé-

1. ábra. A szenzomotoros korszakban a gyermek saját testének mozgásával kapcsolatos ismereteket szerez. A preoperációs korszak végére például azonosítani képes tárgyakat szimbólumaikkal. A konkrét műveleti szakaszban tisztában van a térfogatmegmaradással, míg a formális műveletek szakaszában képes elvont gondolatokat megfogalmazni



hez. Ezt követően joggal érezhetjük azt, hogy kamiont is tudunk vezetni, mivel ugyanott vannak a kezelőszervek. A kamionvezetés találó hasonlat a kémia tanítására. Az oktatást szalompályához hasonlítva olyan, mintha ugyanazon pályán a többi tantárgy személyautóhoz képest mi egy kamionnal próbálnánk meg teljesíteni az íveket. Ha valaki képesítés nélküli tanár, akkor ő B kategóriás jogosítvánnyal próbálkozik. A kémia esetében pedig minden „bójaérintés” osztályonként 5–10 diákot távolít el a megértésétől. Vajon a „bójaérintések” mögött megbúvó kognitív érettséggel kapcsolatos problémákat, tévképzeteket, nyelvi értelmezési zavarokat ösztönösen ismeri minden olyasvalaki, aki szakmódszertani ismeretek nélkül kémiatanárnak áll?

Jelen írás pusztán zseblámpafényként szolgál, a kémiainkítás problémahegyének egy darabkáját világítja meg. Arra figyelmezteti a tanársággal kacérkodókat, nehogy a Dunning–Kruger-effektus hatása alá kerüljenek, azaz annál pozitívabban ítélik meg saját tudásukat és alkalmasságukat, minél kevésbé értenek az adott dologhoz.

Kognitív érettség a kémia megértésére

Ha a „kémia tanítása” keresőszavakkal fotókat keresünk a neten, többségében olyan képekre lelünk, amelyeken boldogan mosolygó diákok és fiatal tanárok jelennek meg, akik laborasztalnál, fehér köpenyben, színes folyadékokat tartalmazó lombikok, kémcsövek közt látható élvezettel tevékenykednek. A képek, bár megrendezettek, a valóságot mutatják. A fiatal szó pedig jelentsen esetünkben megfelelően tág korszakot. A tanulók többsége imád kísérletezni. Az ugyanis kézzelfogható, érzékelhető, konkrét. A munkalapon szerepel, mit kell csinálni, az esetek többségében történik valami érdekes változás is, a feladat végrehajtása nem igényel különösebb szellemi erőfeszítést. Általános az a vélemény, hogy a kémia megszerettetése a kísérletezésen át történhet meg. Ez volt például az egyik indoka az Öveges-laborok építésének. A technikai feltételek lassan tíz éve adóttak, és mégsem növekszik a kémia iránt érdeklődők száma. A kísérletezés mindenhatóságába vetett hit egyfajta szent grálja a kémia oktatásának, minden tanár hisz benne, de senki nem látott róla bizonyítékot. Ha valóban ekkora hatással lenne, akkor a vegyiparis diákok mindegyike kémia szakos egyetemistává kellene hogy váljék. A valóságban a kedvelés-elutasítottság gyökere máshol rejtezik. A kémia a diákok számára akkor lesz ellenszenves, amikor a tananyagban megjelennek a kémiai részecskék, és a kémiai ismeretekből egyre nagyobb szeletet hasít ki az absztrakt gondolkodást igénylő rész. A kezdeti konkrétat, a kézzelfogható, az elképzelhető felváltja az elvont fogalmak garmadája, szokatlan nyelvezettel és még furcsább kódolással.



Hogy a kémiában 12 éves kor körül vezetjük be az atomszerkezetet, az atom, a molekula és az ion fogalmát, az részben Jean Piaget 1936-ban írt tanulmányának köszönhető.

Piaget szerint a gyermek gondolkodási fejlődése egymást követő és egymástól különböző állapotok mentén halad. A fejlődés minőségileg eltérő periódusokra tagolódik, amelyekben a gondolkodás szintje egyre magasabb fokozatot ér el. Az 1. ábra korszakhatárai körülbelüliek, nagyban függnek az illető gyermek személyiségétől. Napjainkra nyilvánvalóvá vált, hogy Piaget feltételezése ellenére nem minden diák éri el a formális műveletek szakaszát, gondolkodási fejlettsége megáll a konkrét műveletek szakaszában.

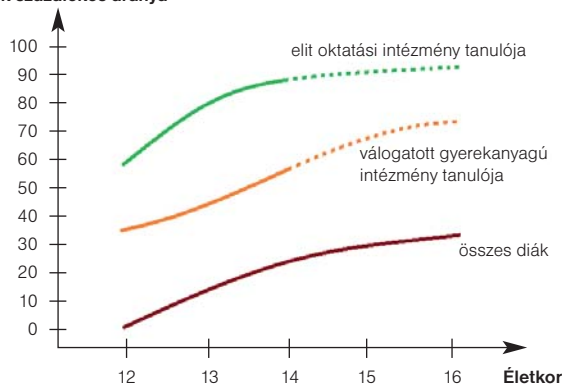
Kémiaoktatásunk számára pedig pontosan az utolsó két fejlődési szakasz érdekes. A konkrét műveletek szakaszába tartozó diák gondolkodási képességei közé tartozik például annak felismerése, hogy ha két azonos doboz üdítő egyikét egy laposabb, a másikat egy karcsú pohárba töltjük ki, attól a két folyadék térfogata még ugyanaz marad; vagy annak ismerete, ha egy anyagot elporítunk, a tömege nem változik. Csupa olyan ismeret, amit az ember hétköznapi tapasztalatai során szerez meg. Erre rezonál, hogy miközben sikerrel boldogul a pár vagy a tucat fogalom számszerűségével, a mól már nem értelmezhető kategória számára. A formális szakaszban lévő gyermek számára nehéz megtanítani olyan fogalmakat, amelyek szemléletes, képi módon nem érzékeltethetők. Ezeket számára „kézzelfogható” tartalommal kell megtölteni. Előszeretettel alakít ki és használ algoritmusokat egy probléma megoldására anélkül, hogy tisztában lenne a probléma lényegével; például sikerrel tud rendezni egy kémiai egyenletet úgy, hogy a jelölések számára pusztán betűket és matematikai jeleket jelentenek.

A matematikai ismeretek szintje korrelál a formális szakaszba tartozással. A kémia formális műveleteit ugyanis – ahogy a matematika esetében – fizikailag nem érzékelhető entitásokon, gondolatban kell végrehajtani. Ilyen például egy reakcióegyenlet felírása is. Piaget szerint annak egyik ismérve, hogy valaki elérte-e a formális szakaszt, az, hogy tudja-e kezelni a törteket. Tapasztalat, hogy a konkrét szakaszba tartozó diákok számára nehézséget okoznak a hányadosképzéssel definiált fogalmak: sűrűség, molaritás. Ugyanígy nehézséget okoz két paraméter egyidejű változtatása, ami például akkor történik, ha a sűrűség értékét át kell váltani g/cm^3 -ből kg/m^3 -be. Nyilván még problémásabb a több változó kezelése, amikor egy rendezett reakcióegyenlet esetében a reaktánsok anyagmennyiségének megadásakor a meghatározó reagenst kell felismerni. Herron [1, 2] szerint a kémia egésze és az a fajta megközelítés, amit mi tanításunk során alkalmazunk, azt követeli meg, hogy a diák a formális szinten legyen, tudja alkalmazni a szint műveleteit, legyen képes felfogni az elé tárt fogalmakat. Egy diáknak az atomfogalom megjelenésekor a kognitív érettség olyan szintjén kell állnia, hogy képes legyen az atomok-molekulák-ionok világában otthonosan mozogni, a makroszkopikus világ történéseire a kémiai részecskék közt gondolatban lejátszott folyamatokkal magyarázatot találni, és ezt a magyarázatot egy speciális szimbólumrendszer, illetve terminus technicusok segítségével leírni.

Shayer és Adey [3] 1981-ben elvégzett felmérése szerint az átlagos populáció negyede képes csupán elérni ezt a szintet (2. ábra).

Ugyanakkor Shayer frissebb, 2006-os felmérésének tapasztalata, hogy a 11–12 évesek kognitív és konceptuális képességei kéthárom évvel visszaestek ahhoz a szinthez képest, amit 15 évvel korábban mértek [4]. Ő ennek okaként (2006-ban!) az óvodai

A formális szinten lévő tanulók százalékos aránya



2. ábra. A konkrét szakaszba tartozó diákok aránya az életkor és az iskolatípus függvényében (1981. évi adat)

szakaszból hiányzó gyakorlati, műveltető játékok hiányát, a későbbi életkorban pedig a túlzott mértékű videójáték-használatot és a média hatását jelölte meg. 2003-ban két másik országban is végeztek méréseket a formális szakaszba tartozó diákok arányának meghatározására. A két vizsgálat eredménye szerint a 11–12 évesek 13,1%-a, a 14–17 éves korosztálynak pedig 14%-a érte el ezt a szintet.

Oktatásunkban ez a kognitív éretlenség nem látványos. A konkrét szinten lévő tanulók továbbra is „gyarapítják az ismereteiket”, képesek az egyszerűbb problémákat megoldani rengeteg adat bemagolásával, az eljárások memorizálásával, majd a változó helyére új adatok behelyettesítéssel. A tanárok tisztában vannak a megértés hiányosságaiival, de belenyugszanak, átsiklanak fölötté, sőt mára már azt is sikerként könyvelik el, ha a diákok nem fordulnak el véglegesen a kémiától. Persze tudatában vannak annak, hogy a (valamit) tudás nem egyenlő a megértéssel.

Mi a nehéz a kémiában?

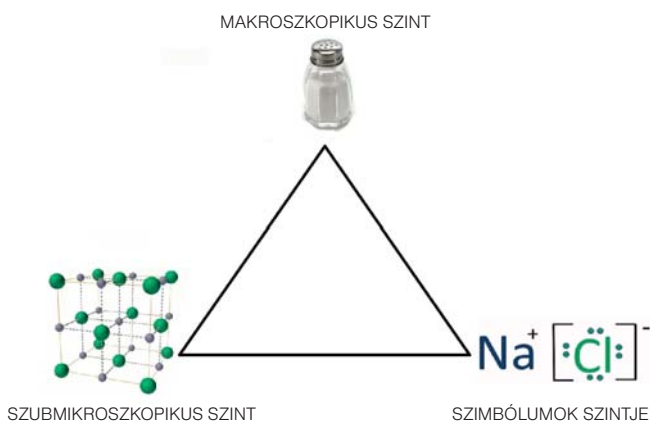
Sok kutatás foglalkozott már azzal, hogy melyek a nehéz témák a kémia megértésében [5–7]. Ezekben a vizsgálatokban a diákok, illetve a tanárok szubjektív ítéletére hagyatkoztak a nehézségi sorrend megállapításában. Az eredmények közül számunkra az első két év tapasztalatából adódóak az érdekesek. Az 1. táblázat a legnehezebbnek ítélt témaköröket mutatja.

1. táblázat. A kezdők által nehéznek minősített top 10 témakör kémiából [10]

| Témakör | Azon diákok számaránya, akik nehéznek vagy nagyon nehéznek minősítik az adott témakört |
|----------------------|--|
| Kémiai egyenletek | 63,9% |
| Ionvegyületek | 40,0% |
| Kovalens vegyületek | 39,4% |
| Kovalens kötés | 39,4% |
| Atomok | 37,1% |
| Kémiai változások | 35,9% |
| Rendszám-tömegszám | 34,4% |
| Ionkötés | 33,6% |
| Izotópok | 31,1% |
| Elektronkonfiguráció | 30,1% |



Látható, hogy a problémák többsége az absztrakcióval, az elvont fogalmakkal végzett műveletekkel kapcsolatos. A legnehezebb témakörként megjelölt esetben például egyszerre a kémia három szintjén kell gondolkodnia a tanulónak ahhoz, hogy fel tudjon írni egy egyenletet. Ez a három szint a szemmel látható világ szintje (makro); egy modellrendszer, az atomok, molekulák, ionok szintje (szubmikro); valamint egy speciális jelölésrendszer (szimbólumok szintje). *Johnstone* [8] egy háromszög segítségével reprezentálta ezt (3. ábra). A három csúcson ugyanannak a fo-

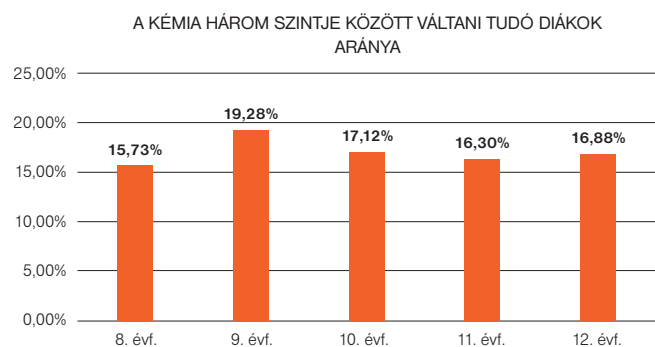


3. ábra. A Johnstone-háromszög lényege az asztali só példáján bemutatva

galomnak az egyes szinteknek megfelelő reprezentációi vannak. Mind a szubmikroszkopikus, mind a szimbólumok szintje absztrakt, csak a makroszkopikus szint az, ami konkrét. A kémiatudás lényege, hogy bármelyik csúcscról el tudunk jutni közvetlenül (mentálisan) egy másik csúcshoz, képesek vagyunk váltani az értelmezési szintek között.

A három szint közötti váltás teszi lehetővé, hogy például egy reakcióegyenlet láttán (szimbólumszint) modellezni tudjuk azt, hogy a kémiai részecskék szintjén (szubmikroszkopikus szint) mi történik, és ugyanakkor el tudjuk képzelni, hogy a reakcióegyenlet lejátszódásakor mit is fogunk tapasztalni a valóságban (makroszkopikus szint). Egy kémiában jártas személy számára természetes folyamat, hogy mindhárom szinten értelmezni tudja a folyamatokat, és folyamatosan váltani képes a három szint között. A kognitív érettség konkrét szintjén lévő diák viszont gyakorlatilag csak a makroszkopikus szint fogalomkészletével tud értelmezni jelenségeket. *Bodner és Domin* [9] kutatásának eredménye arra utal, hogy csak azok a diákok voltak sikeresek a kémiai problémák megoldásában, akik képesek voltak lefordíta-

4. ábra. Válogatott gyerekeket tanító gimnáziumban azoknak a diákoknak az aránya, akik képesek a kémia három szintje közti váltásra

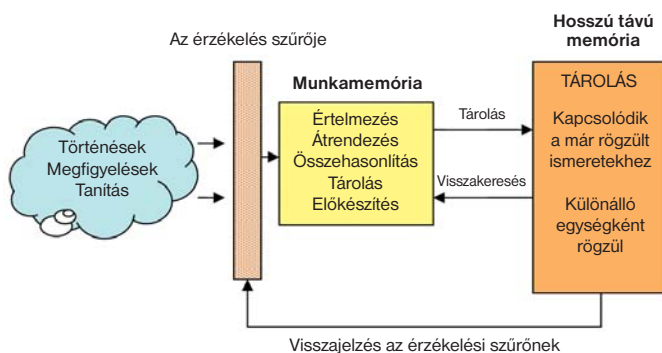


ni az adott problémát a kémia többi értelmezési szintjére is. Saját felmérésem [10] szerint évfolyamtól függetlenül a gimnáziumba járó diákok kb. 17%-a képes erre a váltásra (4. ábra).

Nyilván nem véletlen, hogy ez az érték hasonló, mint azoknak a diákoknak a számaránya, akik elérik a kognitív fejlettség formális szintjét.

Mbajjorgu és Reid [11] tapasztalata szerint egy „kezdőnek nagy probléma, hogy egy időben három szinten történik a megjelölés, mivel ez információs túlterhelést okoz.”

A pszichológia tanulásra vonatkozó egyik modelljével szemléltetve (5. ábra) ez azt jelenti, hogy a munkamemóriába bekerülő új információkat manipulálni kell, és a tárat viszonylag gyorsan szükséges kiüríteni. A feldolgozott információt át kell vinni a hosszú távú memóriába, helyet adva az újabb információ beérkezésének. A hosszú távú memóriában az új ismeretet a már rögzült ismeretekhez kapcsolódhat, így bővül a kognitív struktúra.



5. ábra. A tanulási folyamat egyszerűsített információs modellje [12]

Ha nem sikerült értelmezni, akkor „bemagolás” révén különálló egységként rögzülhet. Ez utóbbihoz csak alig vezet útvonal, azaz problémamegoldáskor kétségessé válik az előhívhatósága.

A munkamemória a tanítási folyamat gyenge pontja. *Miller* [13] sokat idézett cikke szerint egy időben akár kilenc információs egységet is képes kezelni a munkamemória. *Sweller* [14] újabb mérései szerint viszont „bármely időpillanatban mindössze 2–4 elemet vagyunk képesek feldolgozni, de a tényleges szám valószínűleg inkább a skála alacsonyabb végénél van.”

A munkamemóriában végzett műveletek sebességét kémiaórán nagyban csökkenti a „kognitív éretlenség”, a matematikai-logikai képességek hiánya, az információmanipulálás gyengesége (értelmezés, átrendezés, összehasonlítás stb.), a tudományos nyelvhasználat, a diákok előzetes – tudományosan helytelen – elképzelései (tévképzetek). Így a csökkentett óraszám miatt feszített tempójú, ppt-vel súlyosbított órán a diákra zúduló rengeteg információ a munkamemóriában túlcsoordulást okoz. A diák egy idő múlva semmilyen ismeretet nem fogad be, aktív résztvevőből elszenvedővé válik.

Az atom fogalmának problematikája

A kémia egyik legfontosabb alapfogalma a negyedik a nehezen értelmezhető témakörök, fogalmak sorában. Sok diák hisz abban, hogy a tudósok képesek (klasszikus optikai módszerekkel) láttatni az atomot, és azok a rajzok, modellek, amelyeket a tankönyvek tartalmaznak, valójában nagyított fotók az atomról [15]. A konkrét szinten lévő diákok többsége nem rendelkezik azzal az absztrakciós készséggel, hogy a szimbólumokat mentális modellekké dolgozza át, ezért formai, alaki megfelelést keresnek a tu-



domány által használt szimbólum- és modellrendszer és az azoknak megfelelő kémiai fogalmak között. Valóságosnak, pálcikaszerűnek képzelik a kémiai kötéseket is [16].

Az atomokkal kapcsolatos értelmezési problémák okait vizsgálva két markáns csoport különböztethető meg [17]:

- A tanuló a köznapi tapasztalataiból kiindulva nem képes elvonatkoztatni attól, hogy egy anyag makroszintű tulajdonságai nem vihetők át az illető anyag kémiai részecskéire. Ilyen hibás elképzelés, hogy az atomok színe a makroszintű halmazuk színével egyezik meg; melegítés hatására a vas atomjai kitágulnak, míg a foszfor atomjai ugyanekkor megolvadnak [18]. A diákokban a keménység fogalma a szilárd anyagokhoz kötődik, így átörökítik a tulajdonságokat, ezért lesznek a fémek atomjai kemények, míg a puha, folyékony anyagok atomjai lágyak [19]. Ezeket a tévképzeteket nemcsak a kémiaoktatásba belépő gyerekek esetén, hanem az egyetemi kurzusok hallgatói és a gyakorló tanárok felfogásában is kimutatták [20].
- A másik csoportba tartozó diákoknál a probléma magával az atom felépülésével, jellemzőivel kapcsolatos. Ilyen elképzelés, hogy a héj fogalma valamiféle védelmező burkot jelent a köznapi életben, ezért aztán az elektronhéj lesz az, ami megvédi az atomot a külső hatásoktól. A köznapi szóhasználatban a felhő – a diákok előzetes mentális modellje szerint – a klaszszikus égbolton megtalálható felhőt jelenti. Ezért sok diák úgy képzei el, hogy az elektronfelhő valójában egy felhőszerű anyag, amelybe beleágyazódnak és vajatot vágnak az elektronhéjakon mozgó elektronok [19].

Érdekesnek, esetenként szórakoztatónak tűnnek ezek az elképzelések; az a gond velük, hogy gátolják a további megértést. Egy torz atomfogalom csak még torzabb kovalens kötést és torz ionkötést eredményez. Ahogy ez a nehézségi listából is látszik. A tévképzetek egy része a diákok előzetes tudásából származik, de kimutatható, hogy nem kellően felkészült tanárok is rengeteg tévképzet kialakulásáért felelősek [20].

Összegzés

A kémia a legnehezebb tantárgy, bár „nehézsége nem annyira a tantárgy belső természetében, mint inkább az emberi tanulás folyamatában rejlik” [8]. A tanulási folyamat irányítója pedig a tanár, rá hárul a felelősség. A cikkben felsorolt problémák a más természettudományos tárgyat tanító pedagógusok számára jó részt ismeretlenek. Ők valószínűleg azzal sincsenek tisztában, hogy a saját, kémiát érintő kognitív struktúrájuk is tévképzetekkel terhelt. Ha olyasvalakire hárul a kémia tanítása, aki csak elszenvetve a kémiát iskolás éve alatt, a cikkben felsorolt okok miatt,

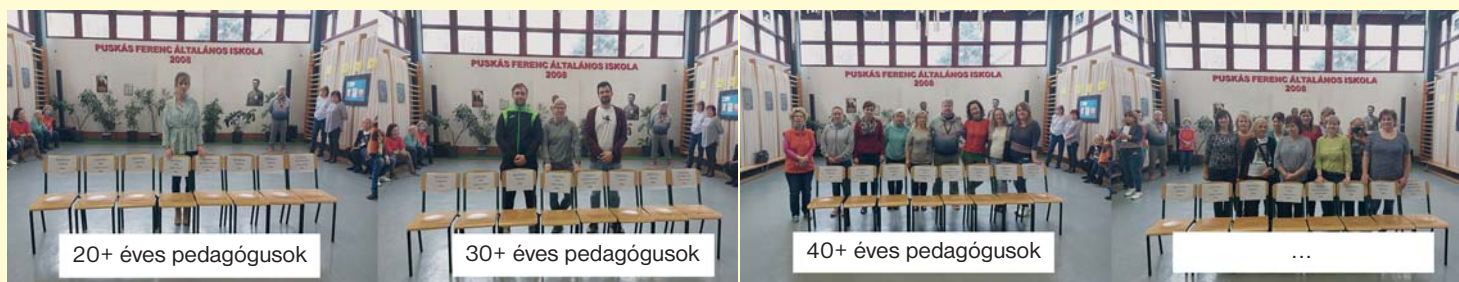
és egészen más szakos tanár lett – nos, ő egészen komoly károkat okozhat az első két év során a tanulók kémiatudásában és kémia iránti attitűdjében. Nehéz elképzelni, hogy valaki ösztönösen elkerül minden olyan buktatót, amelynek felismerésére egy kémia szakos tanárt több szemeszteren át képeznek ki. Ne legyen hiú ábrándunk, a kémia oktatása professzionalizmust igényel. ●●●

Köszönetnyilvánítás. Köszönetemet fejezem ki a Debreceni Egyetem Neveléstudományi Tanszékének, hogy intézményi támogatást nyújtanak kutatótanári munkámhoz.

IRODALOM

- [1] Herron, J. D.: Piaget for Chemists. *Journal of Chemical Education* (1975) 52(3), 146–150.
- [2] Herron, J. D.: Piaget in the Classroom. *Journal of Chemical Education* (1978) 55(3), 165–170.
- [3] *Shayer M., Adey P.: *Towards a science of science teaching*. London, Heinemann, 1981. Idézi: Sheehan (2010).
- [4] Crace, J.: ‘Children are less able than they used to be’ (2006). *The Guardian*, 24/1/06. Elérhető: shorturl.at/gBG05 (A honlapok utolsó megtekintése: 2021. november 15.).
- [5] *Bojezek, M.: *Topic Difficulties in O and A level Chemistry*. *School Science Review* (1982) 63(224), 545–551. Idézi: Sheehan (2010).
- [6] *Ratcliffe, M.: *What’s Difficult about A-Level Chemistry*. *Education in Chemistry* (2002) 39(3), 76–80. Idézi: Sheehan (2010).
- [7] Sheehan, M.: *Identification of difficult topics in the teaching and learning of Chemistry in Irish schools and the development of an intervention programme to target some of these difficulties*. Doctoral thesis. (2010)– Elérhető: shorturl.at/loDU6.
- [8] Johnstone, A. H.: *Chemical Education Research: Where from Here?* *University Chemistry Education* (2000) 4(1), 34–38.
- [9] Bodner, G., Domin, D.: *Mental models: The role of representations in problem solving in chemistry*. *International Council for Association in Science Education, Summer Symposium* (1998). Idézi: Nahum, L. T.; Hofstein, A.; Mamlok-Naaman, R.; Bar-Dov, Z.: *Can Final Examinations Amplify Students’ Misconceptions in Chemistry?* *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* 2004, vol. 5, No. 3, 301–325.
- [10] Ludányi L.: *A tanulók kémiai fogalomrendszerének vizsgálata válaszdímméréssel*. In: Kaposi J.–Szöke-Milinte E. (szerk.) *Pedagógiai változások – a változás pedagógiája*. Bp., Pázmány Péter Katolikus Egyetem, 2019. 442–460.
- [11] Mbajirgu N., Reid N.: *Factors Influencing Curriculum Development in Chemistry* (2006). Elérhető: shorturl.at/rBMRU.
- [12] Johnstone, A. H.: ‘...And some fell on good ground’. *University Chemistry Education* (1997) 1, September 8–13.
- [13] Miller, G. A.: *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*” *Psychological Review*. (1956) 63(2), 81–97. Elérhető: shorturl.at/brFH6.
- [14] *Sweller John: *Instructional Design in Technical Areas*. Camberwell, Australia, Australian Council for Education Research (1994) 4. Idézi: Nicholas Carr: *Hogyan változtatja meg agyunkat az internet?* Bp., HVG Kiadó, 2014.
- [15] Taber, K. S.: *Chemical Misconceptions: Prevention, Diagnosis and Cure*. Vol 1: *Theoretical Background*. London, Royal Society of Chemistry, 2002.
- [16] Butts, B., Smith, R.: *HSC Chemistry Students’ Understanding of the Structure and Properties of Molecular and Ionic Compounds*. *Research in Science Education* (1987) 17, 192–201.
- [17] Papageorgiu G., Markos A., Zarkadis N.: *Understanding the atom and relevant misconceptions: Students’ profiles in relation to three cognitive variables*. *Science Education International* (2016) 27/4, 464–488.
- [18] Andersson, B.: *Pupils’ conceptions of matter and its transformations*. *Studies in Science Education* (1990) 18, 53–85.
- [19] Harrison, A. G.; Treagus, D. E.: *Secondary students’ mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry*. *Science Education* (1996) 80(5), 509–534.
- [20] Kikas, E.: *Teachers’ conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena*. *Journal of Research in Science Teaching* (2004) 41(5), 432–448.

A Kispesti Puskás Ferenc Általános Iskola fotói a 2022 márciusában tiltakozó pedagógusokról





Szántay Csabáné Imre Judit

■ Rátság Tanár Úr életműdíjas (2018) kémiatanár | memocamamoca@gmail.com

Kémiatanítás anno: így is lehetett

Beccsengetés

A világhoz elsődlegesen az érzékszerveinken keresztül, tapasztalati úton kapcsolódunk: azt értjük meg, vagy akarjuk a leginkább megérteni, amit látunk, hallunk, tapintunk, szagolunk, ízlelünk. A kémia különlegessége, hogy mind az öt érzékszervünket „lerohanja”: a kémia villan, durran, mar, büdös, csípős. Az erős érzékszervi hatások erős kérdéseket vetnek fel: *Miért történik mindez? Hogyan lehet a kémiai jelenségeket megérteni és e megértés segítségével olyan új anyagokat előállítani, amelyek hasznosak, értékesek, izgalmasak lehetnek (esetleg még nagyobb villannak, durranak, még jobban marnak, még büdösebbek, még csípősebbek)?* E kérdések kínzóak, hiszen a kémiai jelenségek mögötti okok ugyanezen érzékszerveink számára elérhetetlenek, megfoghatatlanok, rejtélyesek. Minden más természettudományhoz képest a kémia különlegessége – és a kémia tanításának különleges kihívása – éppen abból a feszültségből ered, hogy ez az erős érzékszervi-tapasztalati élmény csak az érzékszervi-tapasztalati alapú felfogáson kívül eső, attól elvonatkoztatott molekuláris és atomi szintű érvelésekkel magyarázható meg. A kémia *magyarázata* a kémia *valóságát* olyan absztrakción keresztül igyekszik értelmezni, ami a kémiai elemeket, molekulaképleteket és kémiai történéseket egy sajátos, betűkből, számokból, speciális írásjelekből és grafikai ábrázolásokból álló jelképrendszerrel írja le. A kémiában ez a nehéz, és egyben ez a varázslat: a kémiai megértés az érzékszervi világunkon kívül eső fogalmakra épül ugyan, de olyan eszközt ad a kezünkbe, ami visszavezet a valós, érzékszervi világba, és lehetővé teszi a kémiai anyagok viselkedése fölötti „uralmat”. A kémiában ez a csoda!

E csodának az emberi történelmen átívelő kibontakozása hosszú és fokozatos folyamat volt, amelynek néhány, többé-kevésbé önkényesen kiragadott, de mégis jellegzetes állomása a következő. Eleink nem tanulták, hanem *élték* a kémiát. A kémia misztikus őse, az alkímia hajdan a négy őselem, a Föld, a Víz, a Levegő és a Tűz mítoszára épült. Az alkímisták keresték a „bölcsék követ”, amelynek segítségével aranyat reméltek előállítani a már ismert fémekből. Később gyógyító anyagok kinyerése, életet hosszabbító „életelixír” előállítása lett a cél, miután felismerték, hogy „fűben, fában orvosság”. Az égési folyamat elemzésekor felfedezték az oxigént, a testek összetételének vizsgálatakor megfogalmazták az anyagmegmaradás tételét. Robert Boyle (1627–1691) kinyilvánítja, hogy spekuláció helyett a kísérleti megfigyelés, a kémiai reakciók mennyiségi módszerekkel történő tanulmányozása a kémiai megismerés, a kémiai elméletek alapja. Sokan őt tekintik az első modern kémikusnak, a *tudományos módszer* egyik úttörőjének. A kémiát áltudománynak tekintő nézetek eloszlására irányuló erőfeszítései nagy szerepet játszottak

abban, hogy a tizenhetedik században a kémia önálló tudományággá vált. Antoine Lavoisier (1743–1794) azzal, hogy megalakította a kémiai elem fogalmát és kísérleti alapon bizonyította, az égés oxigénelvonással jár, illetve megállapította a víz elemi összetételét, a modern kémia egyik atyjának számít. Friedrich Wöhler (1800–1882) kísérleti úton, szervesen anyagból szerves anyag előállításával megdönti a 18. századbeli tudósok „vis vitalis”, azaz életerő-elméletet. Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1907) megalkotta az elemek periódusos rendszerét.

Mindez a közoktatásban is fokozatosan lecsapódott, különösen magának az oktatásnak, ezen belül a természettudományos oktatásnak az egyre erősödő jelentősége és intézményesedése okán. Mária Terézia (1717–1780) 1777-ben, a felvilágosult abszolutizmus jegyében kiadott Ratio Educationis törvénye megszünteti a tanítás egyházi monopóliumát, az állam szabályozása alá vonja az oktatást és központosított módon rendezi az oktatásügyet a népiskolától az egyetemig, kötelező órarendet előírva minden oktatási intézményben. Eötvös József (1813–1871) 1868-ban bevezeti az általános tankötelezettséget hattól tizenhat éves korig – ekkor válik külön a kémia a természetismeret, illetve természettan tárgytól.

Véleményem szerint a kémia jó tanításának – azaz a kémia hosszú távú megszerettetésének – két titka van. Az egyik a tanár személye. A másik pedig a fentiekből adódóan a következő. A kémia tanításának nagy dilemmája és nehézsége, hogy a kémia fokozatos „észszerűsödésével”, azaz az elméleti magyarázatok megerősödésével, és azok tanításának nyilvánvaló szükségessége mellett, hogyan lehet jó egyensúlyt találni annak érzékszervi-tapasztalati és absztrakt világa között, hogyan lehet utóbbira a diákokat ügyesen rávezetni, eközben kémiai kísérleteken keresztül megtartva az előbbihez való állandó visszatérést. Ezt az egyensúlyt több okból sem könnyű megőrizni, hiszen lényegesen kényelmesebb, olcsóbb, gyorsabb, kockázatmentesebb és látszólag „tudományosabb” az absztrakt világ tanítására helyezni a hangsúlyt a kísérletekkel szemben. A kísérletezéshez szükséges felszerelés, a vegyszerkészlet, a biztonságtechnikai eszközök drágák, nehezen beszerezhetők, helyet foglalnak, továbbá a kísérletek sok előkészítést és utómunkálatokat igényelnek. Azonban a kísérletezés a kémia fent említett kettősségének megértéséhez és átéléséhez nélkülözhetetlen. A kémióra kísérlet nélkül olyan, mint operabérlet helyett kottát kapni ajándékba, vagy tárlatlátogatás helyett a szomszédot hallgatni az általa látottakról. Úgy hiszem, e két szempont megvalósulásának kényszerűségéből vagy más okból előálló hiányosságaiából adódik, hogy bár közismert a kémia fontossága, minden iskolatípus diákjainak sokasága elutasítja a tantárgyat mert az „sok, nehéz, érthetetlen, felesleges, unalmas”.



A kémiai kísérletek szerepe a kémiaoktatásban alapvető, de azért túlzás lenne azt állítani, hogy pusztán vagy akár döntően ezen múlik a kémiaoktatás sikere. A helyzet ennél – ahogy az általában lenni szokott – árnyaltabb: a tanár személyiségének hatása és a kémia két arcának tudatosan harmonikus kezelése éppúgy kritikusan fontos. Hitem szerint a kémiatanítás alapelve: tapasztalj, tervezz, tanakodj! A kísérletezés szerepét ebben az összefüggésben értelmezve, az alábbiakban rövid és óhatatlanul szubjektív visszaemlékezést szeretnék tenni – vagy inkább hangulatképet festeni – arról, hogyan próbáltam, illetve próbáltuk tanártársaimmal a kémiai kísérletezést bevezetni a gimnáziumi kémiaoktatásba az 1960-tól egészen 1993-as nyugdíjba vonulásomig terjedő időszakban. Azt remélem, ez a rövid írás részben korrajzi értékén is érdekes lehet, de – talán – a jelenbe és a jövőbe átnyúló módszertani ösztönzést, ihletet is adhat.

Hogyan is volt akkoriban...

A Budapesti Műszaki Egyetemen („Műegyetemen”) szerzett vegyészmérnöki diplomával, két év kutatómérnöki munka után 1960-tól 1964-ig a budapesti Kanizsai Dorottya Lánygimnáziumban tanítottam kémiát, 1964-től 1993-ig pedig a budai József Attila Gimnázium kémiatanára, a szertár őre, és a kémiatanári munkaközösség vezetője voltam. A háború veszteségeinek felszámolása, az újjáépítés az oktatásnak is nagy lendületet adott. Az elemi és polgári iskola helyébe nyolc évfolyamos általános iskola, négy évfolyamos gimnázium és szakmai technikumok léptek. A közoktatásban a természettudományok is nagy hangsúlyt kaptak. A gimnáziumban minden diák három éven át heti két órában tanulta a kémiát, kötelező volt évente legalább négy tanuló-kísérleti óra megtartása, amit általában osztálybontással, a nulladik vagy a hetedik órán lehetett megvalósítani. Több próbálkozás történt a tanulói kísérletek bevezetése érdekében. Ilyen volt például az akkori NDK-ból érkező „félmikro”-módszer, vagy az írásvetítőn történő mikroküvetés kivétítés. Technikai okok miatt egyik sem volt hosszú életű.

Alapvető céloom a kémia megszerettetése, a természettudományos szemlélet, gondolkodásmód átadása, mindennapi életünkben való szerepének bemutatása volt. Szerencsésnek tartom magam, hogy olyan időben taníthattam, amikor dicsőség volt tanulni – *jól tanulni!* A tanár szava szentírásként hatott. A rádió azt harsogta, a faliújság azt hirdette: *tanulni jó!* A diákok örömmel jöttek iskolába, sok család számára csak ekkor adatott meg, hogy gyermekük magasabb iskolát végezhesen. Fegyelmezési probléma nem volt. Nem volt jellemző a késés, a magyarázkodás, mindenki tette a dolgát. Az osztályközösségekben jellemzően a „jó tanuló” élvezte a legnagyobb megbecsültséget, a „rossz tanuló” inkább kirekedtek.

A Műegyetemen nem tanultam didaktikát, pedagógiát, oktatásmódszertant (ezeket később pótoltam), viszont rengeteget kísérleteztünk, ami nagy előnyt jelentett a kísérleteknek a kémiaoktatásba való bevezetése szempontjából. A József Attila Gimnáziumban az iskola vezetése minden tanítással kapcsolatos kérésemet teljesítette. Egyetemi mintára a kémiai előadóterem – sok más gimnázium gyakorlatához hasonlóan – lépcsőzetes volt a tanári asztalon bemutatandó kísérletek jobb láthatósága érdekében. A gimnáziumban eltöltött tanári pályám egyik első lépéseként megszüntettem az előadóterem lépcsőzetességét. A kétszemélyes tanulóasztalokat a hosszú élüknél párosával összetoltam, ezzel négy személyes asztalokat képezve. Minden ilyen dupla asztalhoz két-két diák ülhetett le egymással szemben. Középre helyeztük el

a tálcákat, amiken minden óra előtt előkészítettem a tanuló-kísérleteket. Ez a berendezkedés lehetővé tette, hogy a tanulók a kísérleteket kis csoportokban, családias hangulatban és kellő érzelmszervi közelségben maguk végezzék. Családi kapcsolataim révén sok eszközt és vegyszert kaptam ajándékba, így rövid időn belül ragyogóan felszerelt szertár állt a rendelkezésünkre.

A kémiaórákat mindig a kémiai előadóteremben tartottam, ahova a diákok csak füzetet és írószerszámot hozhattak, dolgozatíráskor pedig csak írószerszámot. Óra elején kértem, akinél puská van, tegye az asztalra. Előfordult, hogy a puskára adtam ötöst, annyi munka volt benne. (Ezt a szokásomat egy idő után be kellett fejeznem, mert később már szándékosan tették láthatóvá a puskát).

Igen sokat kísérleteztünk a kémiaórákon. Leginkább egyszerű folyamatokat (hidrolízis, szublimáció, elektrolízis stb.) végeztünk. De a tanuló-kísérletek fogalmát igyekeztem kiterjeszteni az élet minél több területére, a mindennapokra, annak érdekében, hogy a kémiai jelenségek mindent átható szerepét a diákjaim megláthassák.

Egyik órán vöröskáposztából készítettem indikátort. Ez anynyira lenyűgözte a tanulókat, hogy az indikátorkészítést feladtam házi szorgalmi feladatnak. Aki vállalta az elkészítését, hazavihett egy kémcsövet, hogy abban tárolja. A következő órán az osztály minden tagja hozta a saját indikátorát, melyet irigykedve szemlélte a párhuzamos osztály.

A polimorfia (ugyanannak a szilárd anyagnak egynél több lehetséges kristályszerkezetben való megjelenése, ami bizonyos tekintetben eltérő tulajdonságokat eredményezhet) jelenségének érzékeltetésére kulináris analógiákat is használtam. Tésztát akkoriban még a háziasszony gyúrt, készen csak drága olasz makarónit lehetett kapni. A diákok egy csoportja hozott otthon készült, főtt csusza- és kockatésztát, hosszúmetéltet, egy másik csoport pedig túrót, diót, káposztát. Mindhárom tésztafélélt kipróbáltuk mindhárom feltéttel, megállapítva, hogy az ugyanabból az alapanyagból készült, de más alakú tészták mennyire más ízhátást eredményeznek. Hasonló volt a közeli pékségből nyert tapasztalat: milyen más a kifli és a zsemle ízélménye, holott ugyanazon alapanyagból készülnek!

Ilyen órák miatt vállalták a diákok hősiességben a kémia elvont arcát, az atommag körüli s , p , d elektronpályák alakjának felvázolását vagy a spinkvantszám magyarázatát. Boldog időszak volt mind a diák, mind a tanár részére.

Az 1989–90-es tanévben, sokak szerint forradalminak számító újjáépítésként bevezettem a cseppreakciós csempékísérleteket. A lakásunk felújításakor megmaradt fehér csempék adták az ötletet. Minden, az általános és középiskolai tananyaghoz kapcsolódó kísérlet, amely nem igényel magas hőmérsékletet, továbbá megfelelő egyéni védőeszközök használata mellett nem jelent biztonságtechnikai kockázatot, kémcső helyett cseppreakcióval elvégezhető rajta. Cél a kémiai reakciók minden érzékszervünkre kiterjedő, tapasztalati élményt nyújtó bemutatása. Egyszerűségük ellenére, vagy tán éppen emiatt, a csempén végzett „cseppnyi” reakciók ezt a szerepet látványosan, sokoldalúan, életszerűen látják el. A módszer olcsó (fehér csempe szinte minden padlón vagy pincében található, ha meg venni kell, „filléres” tétel), veszélytelen (zárt üvegből nyert egy-két csepp maró anyag nem okoz kárt), környezetkímélő, gyors, közvetlen „csináld magad” típusú tapasztalati élményt adó, könnyen előkészíthető és eltartható. Az alkalmazott eszközök: színes tálcák, fehér és fehérfekete csempe, szivacs, pohár víz, szemcseppentő, különböző színű, méretű csepegtető orvosságos üvegcsék, zseblámpaelemből



grafitrúd, vékony fémhuzalok színes fakockába vagy dominóba forrasztva, kiskanál, egyszer használatos orvosi fecskendő, gyufa. Energiaforrásnak elég a teamécse, zseblámpaelem. A módszer segítségével rövid idő alatt iskolánk legtöbb diákja megtanult kísérletezni. Lelkesen hozták az üvegcséket, szemcseppentőket, nyaralás alatt gyűjtötték a kis színes műanyag fagyaltos kanalakát. A csempereakciók bevezetését követő második év végére mindhárom évfolyamon folyt a rendszeres kísérletezéssel összekötött kémia tanulás.

Mindegyik évfolyam kapott egy-egy sokfiókos szekrényt a kísérletekhez szükséges eszközökkel. A kísérletek előkészítése azt jelentette, hogy a négy személyes asztalokra helyezett tálcákra kellett rakni az eszközöket a szekrényből. A csekély anyagmennyiségek miatt az elrakódás is könnyű, kémcsőmosogatás helyett nedves szivaccsal való törölés is elég volt. A diákok örömmel, felszabadultan jöttek kémiaórára, gyakran az előírt kísérletek helyett saját ötleteik szerint is tevékenykedtek, vizsgálták például könnycsepp, izzadtság kémhatását.

A munkafüzet vezetése is megváltozott: mi a megoldandó feladat?; mi a megoldás menete?; mi a tapasztalat?; mi annak értékelése? (Ezt a fajta füzetvezetést a diákok gyakran alkalmazták fizika- és biológiaórán is.) A munkavédelmi szabály az első oldalra került: munkaterületed a csempe, munkaeszközöd a kezed és a cseppentő; munka közben soha ne nyúlj a szemedhez (még az ártatlan konyhasó is könnyeztet); égő mécseset helyezz kis tálcába és soha ne hagyd őrizetlenül; minden vegyszerhez más kanállal nyúlj; ha elemmel dolgozol, vigyázz az elrakásnál, az elektrodok ne érintkezzenek. Dolgozz felszabadultan, boldogan, csak az nem követ el hibát, aki nem dolgozik!

Nyugdíjba menetelemkor minden eszközt, óravázlatot, teljes dokumentációt az iskolának ajándékoztam. Fiatalabb kollégánóm és barátnóm, Fodor Erika átvette, kibővítette és továbbfejlesztette a csempemódszert, kiváló marketingmunkával határon kívül is sikereket ért el vele.

Felvetődik a kérdés: most mi van ezekkel a kísérletekkel? Hiába sok az előnyük, az előkészítés, tárolás, elrakás jóval több időt vesz igénybe, mint krétával táblára írni az egyenleteket, reakciókat. Az idő pénz! Én szerencsés helyzetben voltam, rengeteg időt tudtam tölteni az iskolában, így módomban volt a kísérletek technikai előkészületeivel és az utólagos munkákkal foglalkozni. Úgy látom, ma kevés az idő, kevés a kémia tanár, és talán kevés a szándék is... Megrögzött optimistaként azonban mélyen hiszek abban, hogy a kémia oktatása hamarosan újra felvirágzik, hiszen

Valamikor az 1970-es években a József Attila Gimnázium kémiai előadótermében



azt is látom, hogy igen tehetséges és elszánt emberek – kiváló tanárok, tudósok, józan politikusok – szenvedélyesen küzdenek a természettudományos oktatás súlyának és a tanári hivatás tekintélyének visszaállításáért.

Mitől kémia tanár a kémia tanár?

A kísérletezés fontos eszköz a kémia tanár kezében, de olyan eszköz, amelynek megvalósítása a tanár lényéből, elkötelezettségéből, kreativitásából, sodrásából, hitéből fakad. Hiszem, hogy ez utóbbi tulajdonságok teszik a legnagyobb hatást a tanulóknak. Nyugdíjba vonulásomkor eldöntöttem, hogy tanári lényem mindenáron megőrzöm: ez nem „nyugdíjas”, hanem továbbra is „nyughatatlan” lény kell hogy legyen. Így is lett. Az elmúlt majd harminc évben számos oktatási segédeszközt alkottam meg és juttattam el a közönséghez (a kémia területén túl is) különböző médiumokon keresztül. Így például az unokámmal való foglalatosságok által inspirálva megjelentettem a „Memócaival az alkímisták nyomában” című munkafüzetet, melyet a Nemzeti Tankönyvkiadó forgalmazott nagy sikerrel. A füzet tizenöt kémiai kísérletet tartalmaz minden útmutatással ellátva. Házi használatra



is alkalmas. Nem egyet nagymamáknak adtam el. A Nemzeti Tankönyvkiadó megszűnése után a maradék példányokat antikváriumokba adták, ahol jelenleg az eredeti ár több mint kétszereséért árulják.

A mai napig igyekszem a lehető leginkább alkotó módon élni. Az itteni kép egy 2022 januárjában agyagból készített „állatot” ábrázolja. Ez az „állat” egyetlen létező

állatra sem hasonlít, ezért én csak így hívom: *Állat*. Úgy vélem, ilyen soha-még-nem-volt *Állatot* bárki képes csinálni, csak akarni és merni kell. És talán éppen ez az elszántság és bátorság a tanítás igazi titka...

Kicsengetés

Köszönöm valaha volt összes diákomnak, hogy értelmet adtak a tanítói létemnek és életemnek, hogy teret adtak kreatív tanítási módszerekkel való próbálkozásaimnak, hogy elnézték esetleges botlásaimat, de legfőképpen, hogy velük együtt *közös* ügyként élhettük meg a kémia tanítását egy olyan korban, amelyben a tanítói hivatás nagy társadalmi megbecsültségnek örvendett, a természettudományok oktatása pedig kiemelt szerepet kapott. Igen sok, immáron nagyon is felnőtté vált volt tanítványomtól a mai napig áradnak felém a pozitív visszajelzések, a törődő megkeresések. Ezeket biztató fényjeleknek tekintem arra nézve, hogy nem az én emlékeim színezik romantikusra a múltat, hanem valóban így is volt...

Soraimat Pázmány Péter gondolatával zárom: „Nemes szép élethez nem kellenek nagy cselekedetek. Csupán tiszta szív és sok szeretet.”

Köszönetnyilvánítás. Legmélyebb köszönetem a fiamat illeti, aki miatt megírhattam ezt a visszatekintést, hiszen hatvan évvel ezelőtt a mérnöki pálya lehetőségét azért választottam tanárra, hogy vele többet törődhessek. Ma már ő törődik velem: nemcsak elindított az írásra, de naponta buzdított, biztított, bátorított. Köszönöm.



Fodor Erika

■ Rátz Tanár Úr életműdíjas (2021) kémiantanár | efodor2@gmail.com

Máshogy is lehet: emlékmorzsák tanári létem hordalékából

Kalandos utam a kémiantanárság felé

Azt hiszem, tanárnak születtem. Már tizenhét évesen a nyári szünetben gyerekfelügyelőként dolgoztam. Egyetemi éveim nyarait egy fantasztikus tanár házaspár vezetése mellett, az ország minden részéből, különféle kultúrákból és kultúranélküliségből érkező emberpalánták közelében, egy szakszervezeti táborban tölthettem. Itt szívhattam magamba mindazt, ami alapját képezte a későbbi tanári, osztályfőnöki létemnek. Hihetetlen élmények között sajátíthattam el a gyerekekre történő személyes odafigyelés, a velük történő együttműködés sok csínját-bínját.

Érdeklődésem, eredményeim (magyar, latin, pszichológia) egyértelműen predesztináltak a bölcsészkar irányába, de ide a felvételem akkoriban különféle okok miatt számomra lehetetlen volt. Emiatt, hogy tanár lehessenek, egy gyorstalpaló előkészítő után, hipp-hopp már az ELTE TTK kémia-fizika szakán találtam magam! Azt, hogy ezt az óriási ugrást meg mertem tenni, az előbbi tantárgyakból kapott gyenge ötös jegyeimnek és középiskolai tanárainak köszönhetem. Igaz, szakmailag szinte semmi nyomot nem hagytak bennem, de pont ezért nem is utáltam meg ezeket a tantárgyakat. Nem aláztak meg, nem hitették el velem, hogy hülye vagyok. Az előbbieknél sajnos nem tulajdonítunk elég jelentőséget! Az ő ténykedésük (vagy annak hiánya?) is kellett ahhoz, hogy megtalálhassam az utamat, ami ma is örömet okoz. Nemcsak a közbeszéd mondja, hanem az évtizedes felmérések is azt bizonyítják, a kémia a legelutasítottabb tantárgyak közé tartozik. Ez szomorú, de igaz, és szembesülnünk kell vele még akkor is, ha régen és manapság is vannak jó törekvések, lelkes, képzett kémiantanárok. Ennek tudatában kell cselekedni!

Szívd fel, agyam, a sok tudást

Az Egyetem, azaz a Tudomány Várának meghódításához – mint a legkisebb fiú a mesékben – az évfolyamtársaimhoz képest igen csekélyke tudással és nulla laborismerettel, de annál nagyobb elszánnással érkeztem. Kiálltam a próbákat, sikerrel vettem a vizsgákat. Jutalmul beléphettem a Természettudományok Birodalmába, szépen sorban bele is szerettem az ott lakókba, a parciális differenciál- majd a Maxwell-egyenletekbe, az atomszerkezetbe... Meghajtottam a fejem a klasszikus analitika kidolgozó előtti is, akik tapasztalati tudásukat használva a különféle vegyületek ide-oda lötykölésével, szűrésével állapították meg, hogy az

adott anyag milyen ionokat tartalmaz. (Ezt az élményt próbáltam átadni a tanítványaimnak, amikor a néha unalmas hivatalos tananyag helyett titokban „nyomkeresést” játszhattak. A szó minden értelmében igazán színes órák voltak ezek.) Magamon is tapasztalhattam a termodinamika második főtételének megvalósulását, mikor a *horror vacui* elve alapján agyam addig teljesen üres, intakt részébe bezúdult, özönlött a kvantummechanika, az elektrokémia stb. Békében elértek ott Shakespeare, Arany János, Szerb Antal és a többiek gondolatai mellett. A diplomámmal együtt bónuszként örök útravalónak még megkaptam az ok-okozati összefüggések keresésének igényét, és azt, hogy gondolkodni, rájönni valamire, akár fizikai élvezetet is jelenthet. Tanítás közben örömmel ébredtem rá, hogy a bennem megbújó bölcsész jelentősen segítheti kémiantanári munkámat. A rám ma is jellemző kettős látásmód (a fejemben folyamatosan keveredő humán és reál „én”) okozza, hogy gyakran a megszokottól eltérő módon közelítek a természettudományokhoz, a kémiához, azon belül a kísérletezéshez. Ez a másfajta látásmód és gyakorlat nemcsak a diákjaim érdeklődését keltette fel. A későbbiekben rendszeresen hívtak először országszerte, majd utóbb többfelé Európába is a kémiantanárok különféle továbbképzéseire, konferenciákra, ankétokra, de még nyugdíjas klubba, óvodába, múzeumi foglalkozásokra is. Utóbbiak bizonyítják, hogy a kémia megfelelő formában szinte mindenkinek „eladható”. A gyors, látványos, sőt néha meghökkentő tanulókérdésekre, a fura módszertani ötletekre, tudományos tartalmú órai vers- és krimiírássra, játékokra kíváncsiak voltak a határon túli kollégák is. Ezek az együttléteken, megbeszéléseken én is gazdagodtam, tanultam, és örültem, ha segíthettem.

Szerencsém van, mert a végzés évétől szinte a mai napig a pályámon újabb és újabb lehetőségeket kapok, és örömmel életem, élek ezekkel a néha meg nem érdemelt lehetőségekkel, amelyek szellemileg, lelkiileg is feltöltöttek. Annak idején véletlenül kerültem alapító tagként a Marx György akadémikus vezette, a természettudományos oktatás megújításáért, „emészthetővé” tételéért dolgozó MTA Bizottságba. Itt kisnasként még levegőt venni is nagyon megtisztelő volt. Én csak kérdeztem és kérdeztem... Tapasztalatom szerint ez az érdeklődés, tudásvágy nem riasztotta el a professzorokat, sőt... (Ma már tudom, ha egy tanítványom kérdez, az azt jelenti, hogy érdeklő, hogy kíváncsi.) Közel tíz év alatt többet tanulhattam tőlük, mint az egyetemen.



Itt hallgathattam Kajtár Márton professzor lelkes, egyéni előadásait, melynek nyomán szinte megelevenedtek a molekulák, ekkor vált egyik kedvencemmé a sztereokémia. A későbbiek során magam is nagy hangsúlyt fektettem arra, hogy különböző, a diákok által is készített modellekkel megértessem a biológiailag is jelentős óriásmolekulák különböző térszerkezeteinek fontosságát, és a szerkezetükből következő tulajdonságait. Miközben a méltán legendás József Attila Gimnáziumban voltam fiatal tanár és osztályfőnök, a Bizottság tagjaként közvetlen kollégáimmal dolgozva részt vehettem olyan tantervek, jegyzetek, tankönyvek megszületésében, amelyek már a nyolcvanas években az interaktivitást, a csoportmunkát, a felfedeztető tanulókísérleteket, a kutatásalapú tanulást, az órai játékokat helyezte előtérbe és drámapedagógiai elemeket is behozott a természettudományos oktatásba. Életkorom, és annak alapján, hogy az egyetemi szakdolgozatom az NDK-ból származó, akkor újdonságnak számító fél-mikro-tanulókísérletezést „reklámozta”, egyszerű dolgom volt, hiszen nekem nem kellett újragondolnom és elhagynom a régi megszokott tanítási módszereimet.

A gimnáziumban zömében integrált természettudományos tárgyakat (anyagszerkezet, anyagfejlődés) és fizikát tanítottam, kifejezetten kémiát csak néhány órában. A kollégáimmal, tanítványaimmal elért sikerek, a kísérleti iskolák hálózatában is végzett közös munka során rengeteg lehetőség nyílt arra, hogy szakmai és módszertani tudásomat fejlesszem és nem utolsósorban kapcsolati tőkét szerezzek a különböző egyetemeken. Utóbbi nagyon jól jött, mikor egy-egy, az adott téma iránt érdeklődő tanítványnak kerestem kutatási helyet, vagy fakultációs csoportomat vittem intézetlátogatásra. Bár szellemi csapongásaim miatt genetikailag alkalmatlan vagyok az elmélyült, precíz kutatómunkára, magam is élveztem, amikor egy szakember jóvoltából betekintést kaphattam, netán meg is érthettem egy szeletkét annak, amivel ott foglalkoznak. Közben járt az agyam, hogyan tudom ezt a frissen megszerzett érdekességet, azaz a 21. század kémiáját, eredményeit valahogy kapcsolni az órai tananyaghoz. Ez szerintem fontosabb, mint az, hogy „mi a lúgkő kémiái neve”. (Talán, nem véletlen, hogy a Bizottságban dolgozó tanárok jelentős százaléka a későbbiekben Rátz Tanár Úr életműdíjas lett.)

Járatlan úton haladni kihívás és élvezet

A már említett gyakorlattal felvértezve, 1995-ben mint kémia-, majd környezettanos vezetőtanár folytathattam a tanítást – amit én inkább együttgondolkodásnak neveznék – a nagy hírű Trefortban, ahol magam is hajdan tanárjelölt voltam.

A hatosztályos gimnáziumban készen kaptam a kereteket, de a tartalom egy részét és a módszertant már én határozhattam meg. Első lépésként saját pénzből új színes tálcákat vettem, mert törekedtem arra, hogy a „kémia” ne bűzös anyagok és rozsdás eszközök tárháza legyen, hanem ízléses kivitelben, mintegy „megterítve” kerüljenek az elvégzendő kísérletek a diákok asztalára. Néhány év alatt pályázatok segítségével megteremtődött az anyagi fedezete annak, hogy a tanítványaim megfelelő minőségű, órai szituációra kiválóan alkalmas, többnyire a hagyományostól eltérő eszközökkel dolgozzanak. Ezekből fejlődött ki a *Legyél Te is Felfedező* tanulókísérleti készlet, és a hozzá tartozó részletes, módszertani megjegyzéseket is tartalmazó receptfüzet. Ez a készlet alkalmas arra is, hogy velem az emelt szintű érettségi összes kísérletét szaktanterem, elszívófülke nélkül néhány perc vagy másodperc alatt balesetmentesen elvégezzék. Ez a kísérle-

tezési módszer *tanárbarát*, mert az eszközök, anyagok kikészítése, majd elmosása öt-tíz percet igényel osztályonként, egy-egy kísérlet órai időigénye pedig két másodperctől három percig terjed. A módszer egyben *diákbarát* is, mert a tanulók látványos, színes, pukkanós, durranós kísérleteket is csinálhatnak. Ezenfelül *környezetbarát*, mert a hagyományoshoz képest a vegyszer-, energia- és vízigénye minimális. Továbbá *pénztárcabarát*, mert kémiai előadót nem, vegyszermennyiséget pedig alig igényel. A demonstrációs kísérletek nagy része tanulókísérlettel szelídíthető, ilyen például az acetilén előállítás, égetése. A gyors, egyszerűen elvégezhető és meglepően látványos kísérletek balesetveszélye éppen annyi, mint egy gyufa meggyújtásának. Nemcsak a kísérletek száma, hanem a hozzá használatos szokatlan, de célszerű eszközök száma is folyamatosan bővül, miközben az egyszerűség és a látványosság több esetben fokozódik! Mindez csak a tanár és diákjai fantáziájától függ, de jelenleg is lefedi a teljes tananyagot. Érdekesség, hogy a diákok percek alatt elsajátítják a szokatlan, de praktikus eszközökkel való bánásmódot, míg a hagyományos módszerekhez szokott tanárok nehezebben veszik ezeket az akadályokat. Hiába, a megszokás nagy úr! Ezt bizonyítja az az eset is, amikor egy országos tanulmányi versenyen három tizenhét éves diákom „*A jódal tűzön vízen és a kémián át*” elsősorú sikerű performanszát tartotta meg. Előadásuk közben a jelen levő hallgatóságnak adtak utasításokat a tálcájukon lévő különböző kísérletek elvégzésére a számukra szokatlan eszközökkel. A fiataloknak azonnal minden sikerült, a tanároknak kis időre, adott esetben segítségre volt szükségük! (Az előadás egy meséről szólt, amelyben a főhős Jód úrfi tizenegy kalandon ment át, azaz tizenegy kísérletben vett részt, amíg... A kalandok során előkerült a szublimáció, ionos, és kovalens vegyületek, oldódás, elektrolízis fogalma stb.) Érettségire való készüléskor gyakran játszottunk olyat, hogy ki tud több egyenletet, jelenséget mondani a kémia bármelyik területéről, ahol például a klór, a réz vagy a nátrium a főszereplő. Jó kis agytorna! Szégyellem, de volt, hogy alulmaradtam, ha a gyorsaság is számított.

A Trefortban nyolcadik osztályban kezdik tanulni a kémiát, ezen az egy évfolyamon csoportbontásban. A heti két órát egy alkalommal tartják, ami nagyon hatékony módszer. Vallom, és a tapasztalataim is azt bizonyítják, hogy a kémia tantárgy, rossz híre ellenére, „eladja” magát. Ezért a diákok már a legelső órájuk tizedik percében maguk kísérleteztek. Tehát nem beszélünk róla, hanem „csináltuk” a kémiát. Amikor a tanárjelöltek szeptember végén megkezdték a hospitálásukat, nem hitték el, hogy az osztálynak még csak néhány kémiaórája volt, mert a gyerekek önállóan vezették a fűzetüket, rajzolták, majd később fotón vagy videón örökítették meg a tapasztalataikat. Ismertek vegyjeleket, vegyületek képleteit, vagy tíz egyenletet, jó néhány fogalmat. Bátoran kérdeztek. Tudták, hogy *miért* töltik meg a kémcsöveket csak egynegyedéig, hogy *miért* veszélyes úgy melegíteni, ahogy egyes tankönyvek mutatják, és *miért* következik be önkeveredés melegítés közben. Mindezekről szabatosan beszéltek. Igaz, akkor még nem ismerték, hogy honnan ered a kémia szó, és hogy már a régi egyiptomiak is... Ezeket az ismereteket később kiselőadások keretében pótoltuk. A diákok maguk jöttek rá, hogy kísérletezni *necesse est*, azaz muszáj, mert az analógiás gondolkodás nem vezet mindig sikerre. (Cseppreakció során azt tapasztalták, hogy a színtelen kálium-jodid- és higany(II)-klorid-oldatból keletkező narancssárga csapadék az újabb kálium-jodid-cseppre nem a várt sűrűbb csapadékot eredményezi, hanem színtelenül feloldódik. Volt ám meglepetés! Ekkor írta egyik gyerek a fűzetébe: *Mágia? Kémia!* Az előzőek miatt logikusan azt várták, hogy a réz-klo-



ridből és ammóniaoldatból keletkező világoskék csapadék is majd színtelenül oldódik az ammóniaoldat feleslegében. Elcsodálkoztak és megörültek a gyönyörű sötét ibolyaszínű oldat megjelenésén.) November végén, már forgószínpados formában tartották a Trefort-napon „beetető” kémia-show-t a hetedikeseeknek. A bemutató végén tréfás vetélkedőt is rendeztek a látottakból. Ez az esemény hagyományossá vált, és gyakran érettségizők is látogatták nosztalgiaiából. Az egyik nyolcadik osztályom kísérletes minikutatásokra épülő szakkörének két tagja egy nemzetközi verseny helyezettejként, Brüsszelben számolhatott be munkájáról. Itt mutathatták be kiugró sikerrel a kutatásuk kiindulópontját jelentő meglepő, elgondolkodtató, nyertes kísérletüket: „Ég-e a víz, vagy csak úgy látszik?” (Eszközök, anyagok: egy csipesz, de egy olló is megteszi, egy tálca, egy pohár víz, egy egyszerű műanyag reklámszatyor-darabka és egy öngyújtó).

Bár a megoldáshoz szükséges egyszerű egyenletek az iskolai tankönyvekben megtalálhatók, azokra sokan mégsem jönnek rá.



Csodaradir, avagy a C-vitamin jodometriás „titrálása” az óvodában (Betadine-oldat és C- vitamintabletta)

A gyerekeket a kutatásra ránevelni már alsó tagozatban, óvodában is lehet. Például közismert, hogy az aszkorbinsav a jódot elszínteleníti. Így a jódtartalmú fertőtlenítők is elszíntelenednek C-vitamin hatására. Azaz egy C-vitamin-tablettával „radírozni” lehet. Ez a megfigyelés adja az alapját annak, hogy a gyümölcsöket „radírozás szempontjából” versenyeztessük: amelyiknek nagyobb a C-vitamin tartalma, az jobban színteleníti a barnás fertőtlenítőt. (Téli vagy nyári, hideg vagy meleg paprika színtelenít-e jobban stb.)

Csöpög a jód, mert nem olvassa a tankönyveket!

A tanár, ha egyáltalán módja van kísérletezni a szertárak szegényessége (sokszor tapasztaltam országjárásom közben) és időhiány miatt („de ez nem az az ő hibája...”), akkor legtöbbször a demonstrációnak nevezett kísérletet választja, mert méltán félti az ide-oda mozgó gyerekeket a balesetektől, hiszen a kilöttyenő forró víz is komoly veszélyt jelenthet. A legnagyobb baj, hogy ezek az események lényegében csak az első sorokból láthatóak, azaz az élmény sok diák számára elmarad. A tanárnak sokszor le kell löni a poént, azaz meg kell mondania, hogy hova, és mikor figyeljenek. Emberek vagyunk, az is lehet, hogy a gondos előkészítés ellenére sem sikerül a kísérlet, viszont az órából elment egy csomó idő, a blamázsról ne is beszéljünk.

Bár nagyon macerás, miért érdemes mégis a tanulókísérleteket választani? A közismert pedagógiai és szakmai haszon mellett három dolgot hangsúlyozok. Az első, hogy bármilyen interaktivitást kívánó csoportmunkát, kísérletezést csak akkor csináltassunk, ha ezt rendszeresen, lépésről, lépésre haladva tesszük, mert különben valóban eluralkodhat a káosz. A második, ha egyszerre tíz csoport kísérletezik, és nyolcnak sikerül (például a szökőkút-kísérlet), akkor nagy valószínűséggel minden diák láthatta. A tanár sem kerül kínos helyzetbe. A sikertelenség okai-

nak tárgyalása is előrevisz, tanulságos. A harmadik, amit nagyon fontosnak tartok, hogy a diák, mint egy igazi kutató, gyakran nem tudja, mit fog tapasztalni, ezért olyan dolgokat is megfigyel, amire a tanár nem is gondolt. Például, ha a tanár éppen a halogének és ionjaik közötti redoxifolyamatokat akarta szemléltetni, de a megszokott kísérleteket az új módszerrel végeztette el, akkor valaki azt is észrevette, a kísérlet mintegy „melléktermékként” tapasztalta, hogy az izzadság, azaz a sós víz jól oldja a klórgázt.

Ilyen, külföldön és belföldön is a tanárok körében nagy érdeklődést keltett tanulói megfigyelés, felfedezés volt az is, hogy bizony a jód nemcsak párolog, hanem folyik is. Nagyon egyszerűen előállítható a folyékony jód! (Alul kilyukasztott kémcsőbe olyan kis darabka jódot teszünk, ami nem esik ki. A felül vattával bedugaszolt jódos kémcsövet ferdén tartva, vékony kanócú kis borszeszgővel melegítjük. Megfigyelhetők az alul kieső jódcseppek. A kémcső alá helyezett csempén vagy fémlapon jó láthatók a jódpacák.)

A látszat csal

Kis ízelítő, néhány gondolat az itthon és határon túl is érdeklődést keltő órai játékok, „irodalmi” művek és egyéb furcsaságok kapcsán. Ezek soha nem öncélúak, hanem mindig előre megtervezettek. Volt, hogy a tényanyag elsajátítását könnyítették meg, de legtöbbször a természettudományos gondolkodás kialakítását szolgálták. Kitalálásában, értékelésben nagy segítséget adtak a tanítványaim ötletei. Aki ilyeneket ki tud találni, az nemcsak szereti a témát, hanem meglátja az összefüggéseket, jó az asszociációs képessége.

Mutatóban említek egy játékot: gyakran kerestünk kapcsolatot egy szólásmondás, közmondás és egy kémiai fogalom, jelenség között, vagy fordítva. Például, *A látszat csal* – a szén-tetra-klorid molekulában négy poláris kötés van, az egész molekula mégis apoláris; *Sok lúd disznót győz* – hidratáció, disszociáció. Akad még bőven. Egyszer az egyik osztályba jött egy új kislány. Amikor óra végén egy ötösért ajánlottam, hogy megint keressünk olyan szólást, amiben szerepel a kémia, az új diák azonnal jelentkezett, „Ki korán kel, *aranyat* lel”, vágta ki büszkén. Gyorsan megdicsértem, mielőtt a többiek lehurrogják. Formai szempontból ugyanis jól felelt, csak nem volt benne semmi kémia! Egy nagyon okos, aktív kilencedikes osztály a 2000-es évek elején, amikor még nem volt jellemző az internet az otthonokban, elhatározta, hogy az ország kilencedikeseinek csinál egy interaktív vídám kémiai újságot a világhálón, jópofa kémia-történeti sztorikkal, szellemes találós kérdésekkel. Vállalták, hogy kérésre diákszlengben elmagyarázzák a nehezebb fogalmakat. Az első számot be is mutattam az egyik Kémia-tanári Anketón. A szerkesztő fiúk bánatára felsültünk ezzel a tervünkkel, mert alig akadt jelentkező. Hiába, mindennek megvan a „rendelt ideje”. Ha akkor lett volna okostelefon, facebook, akkor talán sikerebb lett volna ez a kémia, a diákhumort népszerűsítő internetes felület. Egy végzős osztály készített egy csomó humoros plakátot, amivel a kémia, a kémia tantárgy fontosságára hívták fel a figyelmet. Ma biztos szellemes spotokat csinálnának!

Előttem az utódom

Megadatott, hogy közel húsz évig tanárjelöltekkel dolgozhattam. Tanulságos az ő tükrükön keresztül megmérgettni magam. Sok időt igénylő, felelősségteljes és örömteli munka. Nehéz feladat, hogy ne a klónunkat akarjuk kipróbálni belőlük, hanem a taní-



táshoz, a pályához kedvet, motivációt és önbizalmat adjunk. Ez alatt a félév alatt nagyot fejlődnek, de tapasztalatom szerint, bár sok minden elsajátítható, ehhez a pályához született érzék, empátia és kellő humor is kell. Pólya György, a neves matematikus ezt így fogalmazta meg: „Minden tanár, tanítótól az egyetemi professzorig a saját egyéniségét tanítja” – szerintem csak az a baj, ha nincs neki, vagy nem meri megmutatni! Megfontolandó útravalót jelenthetnek Szentgyörgyi Albert szavai is: „Ha két villamosmegálló között nem tudod elmagyarázni egy öregasszonynak a kutatási témád, akkor magad sem érted igazán.” Egy tanárnak nem elég a feladatot kitérni, magyarázni, kísérleteztetni, ha nem talál az aznapi témához illő, az adott korhoz (1995 vagy 2015), az osztály életkorához, érdeklődési köréhez, napi hangulatához adekvát motivációt, akkor nehéz dolga lesz. Sajnos, sok tanárjelöltnek úgy szakmai, mint módszertani szempontból sok a hiányossága, viszont fiatalok, sok olyat tudnak, amit egy idősebb vezetőtanár nem, de szüksége lenne rá. Egy tanár számára különösen fontos a régi intelem: „Ne feledd, hogy hű fia légy a jelennek.” Ha megteremtjük a tanárjelölttel a megfelelő légkört, akkor nyer-nyer helyzet állhat elő, azaz mindkét részről sikeres tudásátadás történhet.

Köszönet, hála, siker

A már név szerint említettekén kívül köszönettel tartozom Szántay Juditnak, aki egyik kiinduló pontját adta a Készletnek, dr. Tóth Zoltánnak, aki a Debreceni Egyetemen nemcsak használja és tanítja a módszert a tanárszakosoknak, hanem doktoranduszaival tovább is fejleszti azt. Hálás lehetek, mert módszertani ötleteimet, az új idő- és anyagtakarékos kísérleteket nemcsak hazai ankétokon, továbbképzéseken, a Csodák Palotájában stb. mutathattam be, hanem érdeklődést keltettek a határon túl, illetve az Európai Kémiai Tanári Konferenciákon és a Science on Stage Fesztiválokon is. A legnagyobb köszönet mégis a tanítványaimat illeti, akik évtizedeken keresztül segítettek az ötleteikkel, játékos társaim voltak a bolondériáim megélésében. A szerencse is mellem szegődött, a munkám lett a hobbim. Vagy fordítva? Nagy tudású, értékes emberek, remek kollégák és kreatív diákok inspiratív légkörében élhettem. Számos értékes elismerésben részesültem, és a mai napig kapok a szokatlan élménypedagógiai módszerekkel kapcsolatos munkákat, meghívásokat. Én mégis elégedetlen vagyok, mert a diákok többsége továbbra is elesik a rendszeres izgalmas kísérletektől. Mindez általában nem a tanáraikon és főleg nem a pénzen múlik!

Kudarcc? Vagy máshogy is lehetne?

Jó tíz éve még jelent meg egy tankönyv, amelyben az új módszerrel elvégzett kísérletek képei is szerepeltek. Azóta hasonló törekvés nincs.

Érdemes ezt a videót megtekinteni: <https://www.youtube.com/watch?v=Eu6ZESz2bVE>. Egy idejét nem kímélő kolléga, teljes védőfelszerelésben végzi elszívófülke alatt két, állványokba befogott gázfejlesztővel és a megfelelő erős savak, továbbá sók segítségével azt a kísérletet, amikor a két keletkező gáz (kén-dioxid, kénhidrogén) találkozásánál többek között kén keletkezik. A reagáltatandó két gázt egy literes, vízzel telt főzőpohárba vezeti, ahol megtörténik a reakció, és fehéres opálos kolloidkénoldatot kapunk. (Sok pénz kell hozzá, csak az elszívófülke milliós nagyságrendű.) A tanár mintegy fél órát bíbelődik, míg összerakja a berendezést, elhasznál egy csomó vegyszert, majd szétszed, elrak mindent és nem kevés ideig mosogat. *Mit lát a diák?* Színtelen

buborékokat, majd egy pohárban szürkésfehér folyadékot. Mindezeket messziről nézheti. Nem túl izgalmas, viszont túl drága!

Ugyanez a kísérlet az új módszerű, olcsó, egyszerű, gyors, színes tanulókísérlettel a következő módon végezhető el: Tegyük a tálcára egy sötétkék csempét vagy kék kartonra helyezett átlátszó üveglapot, erre egymástól mintegy két centiméterre szórjunk egy-egy csipet sót (például kálium-szulfid és nátrium-szulfid). A két kupacot fedjük le megfelelő méretű Petri-csésze felével. Az órán a tanár, kezében egy tömény sósavas cseppentővel végigmegy az asztalok között. Az adott csoporthoz érve, egy diák fel emeli egy pillanatra a Petri-csészét és a tanár mindkét sókupacra cseppent a savból. A keletkező gázok így közel zárt térben maradnak a Petri-csésze alatt. Csak egy ici-picit érzik a két különböző szagú gázt a zárt tér miatt, amelyek amúgy is azonnal elreagálnak és a két pezsgő kupac között a kék alapon megjelenik a szilárd sárga kén. Nagyon szép, színes és meglepő látvány! Itt védőfelszerelésre sincs szükség. A vegyszerhasználat minimális. Eszköz: akár házilagosan is megoldható, mert ha nincs Petri-csésze, akkor a legolcsóbb vékony falú poharat lehet megfelelő méretre vágni. *Tíz tálca előkészítése öt perc, a mosogatás egyetlen perc!*

Egy kis furfanggal a réz és a tömény salétromsav veszélyes reakciója is gyönyörűsége élménnyé varázsolható. A csempé középre egy csepp salétromsavat cseppentünk, erre helyezi a diák a régi egyforintost vagy egy eurocentet. Köré univerzálindikátor-



Eurocent utaztatása légpárnán

csíkot rajzol. A reakció során a barnás nitrózus gőzök hatására a pénz cikkcakkban mozogni kezd, míg a piros szín jelzi a savas kémhatást. Ez látványban, tartalomban messze több, mint a réz és a salétromsav reakciójának szemléltetése.

Ezek a kísérletek is bizonyítják, hogy az új

bizonyítják, hogy az új módszer korántsem a „szegény ember vízzel főz” alapon működik, hanem segítségével a tanítás szempontjából egyenértékű, de a legtöbbször többet mutató, TÖBB lehetőséget magában hordozó kísérleteket lehet előállítani, mintha hagyományos eszközökkel tennénk. A tanulságok levonását a kedves olvasóra bízom.

„Addig nincs megnyugvás, addig folyvást küszködni kell”

Szomorú, hogy egy fiatal, kiváló tanár kollégám, Szabó Szabolcs korai halála kellett ahhoz, hogy a barátai által az emlékére létrehozott Szabó Szabolcs Alapítvány (teljes nevén: A Természettudományos Oktatásért Szabó Szabolcs Emlékeire Közhasznú Alapítvány) országosan megzavarja a kémia oktatásában az állóvizet. A komoly szakmai háttér, a neves szponzorok támogatása, a tanítás mellett részt vevő kollégák lelkes, színvonalas munkája és a már eddig elért eredményeik adják a reményt, hogy ismét megpezsdül nemcsak a kémia-, hanem az egész természettudományos oktatás. Szerencsére nincsenek ebben egyedül. Jelentős intézmények, melyek között élenjáró példát mutat a Richter Gedeon Nyrt., egyre erőteljesebb figyelmet fordítanak a természettudományos közoktatás legkülönfélébb módokon való támogatására. Ehhez kívánok nekik innen a partvonalról erőt. „Veletek vív, szaguld a lelkem.”





KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

Az Ohm-törvény

Az Ohm-törvényt mindenki tanulja az iskolában. A lehető legegyszerűbb törvény, de egyben az egyik legfontosabb alaptörvényünk is. Azt mondja ki, hogy az áram (I), ami a vezetôben folyik, egyenesen arányos a potenciálkülönbséggel (a feszültséggel) (U) és fordítottan arányos az ellenállással (R), tehát $I = U/R$. Ohm érdemei elismeréséül az ellenállás egységét róla nevezték el ohm-nak az SI rendszerben, a jele Ω . Ohm neve szerepel sok, az ellenállással kapcsolatos kifejezésben, például ohmikus ellenállás, ohmikus potenciálvesztés, ohmikus túlfeszültség, ohmikus kontaktus.

Georg Ohm (Erlangen, Bayreuth-i fejedelemség, Németország, 1789. március 16. – München, Bajor Királyság, Németország, 1854. július 6.) (1. ábra) egy lakatosmester első gyermekeként született. Édesanyja egy szabómester lánya volt. A hét gyermek közül



1. ábra. Georg Simon Ohm (Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg)

csak három érte meg a felnőttkort. Autodidakta apjuk képezte a fiúkat olyan sikerrel, hogy Georg Martin nevű testvére (1792–1872) is kiemelkedő tudományos pályát futott be, a berlini Katonai Akadémia matematikaprofesszora lett. Georg gimnáziumi tanulmányai után 1805-ben beiratkozott az Erlangeni Egyetemre, ahol filozófiát, matematikát és fizikát tanult. Ohm ideje jelentős

részét biliárdozással, tánccal és más szórakozással töltötte, ezért apja megszüntette a pénzügyi támogatását. Három szemeszter után Ohm otthagya az egyetemet, és különböző középiskolákban tanított főként latint és matematikát. Közben képezte magát, és Erlangenbe visszatérve letette a vizsgákat, 1811-ben pedig megszerezte a doktori fokozatot. Ugyanitt kezdett el előadóként dolgozni. Fizetéskiegészítésként építészeti tervek készített. Mivel kísérleti fizikával itt nem tudott foglalkozni, elhagyta az egyetemet, a bajor kormánytól vállalt munkát, és megint visszatért a középiskolai tanársághoz. 1817-ben publikált egy geometriakönyvet. Közel 30 éves volt, amikor olyan álláshoz jutott a kölni jezsuita gimnáziumban, ahol fizikával tudott foglalkozni, és jól felszerelt laboratórium is a rendelkezésére állt. Elektromos áramkörökkel kezdett kísérletezni. Kutatási eredményeit 1825-től publikálta a kor legrangosabb folyóirataiban. Fő célja a fémek vezetékével kapcsolatos törvényszerűségek megállapítása volt. A feszültséget egy réz-cink elem biztosította, amelyben az elektrolit híg kénsavoldat volt. Az áramkörben különböző hosszúsága és átmérőjű rézdrótokat használt. Egy fonálra függesztett mágnesezett tűt helyezett el a vezető fölött, amellyel áram-mentes állapotban a mágneses erőt mérte. Ez érzékeny galvanométerként szolgált Coulomb torziós mérlegéhez hasonlóan. Amikor áram folyt, a tű kitért volna, de a fonál csavarodása tartotta meg az eredeti helyzetben. A torziósszög nagyságával mérte az áram nagyságát. Megállapította, hogy a torziós szög, tehát az áramerősség állandó marad az áramkör különböző részein [1, 2].

A következő logaritmikus összefüggést állította fel:

$$v = m \log(1 + x/a),$$

ahol v az „erő vesztesége”, x a vezető hossza, m és a állandók; v -t ma ohmikus potenciálesésnek mondanánk.

Azt is megállapította, hogy bronz, arany, vas, ólom, platina, ezüst, ón és cink esetén az összefüggés továbbra is érvényes, de az állandók mások.

Johann Christian Poggendorff (1796–1867), az *Annalen der Physik und Chemie* szerkesztője javaslatára a Seebeck által nem sokkal korábban felfedezett termoelektromos hatást használta a potenciálkülönbség létrehozására, ami stabilabb potenciál létrehozását és így módon az erő pontosabb mérését tette lehetővé. Így jutott el a következő összefüggéshez, amit ma Ohm-törvénynek hívunk (2. ábra):

$$X = a/b + x,$$

Braun Tibor

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

Bevezetés a tudományos folyóiratok létrejöttébe és demográfiájába

Előszó

A tudomány és tudományos kutatás eredményeinek rendszeres publikálása fordulóponthoz jelentett a tudomány és a tudományos kutatás történetében. [1] Megalapozott vélemények szerint a korszerű tudomány a cikkek és a folyóiratok születésével vette kezdetét. *Ziman* ezt a tudománytörténet egyik legjelentősebb eseményének tekinti. [2] Bizonyított érvek szerint [3] a tudomány eddigi integritása a folyóiratok létének, illetve önszervező minőség-ellenőrzésének köszönhető, amely a korrekt versengés, a szakterület művelőinek önszabályozó szkepticizmusából és a folyóiratok cikkfogadási rendszeréből fakad. Mintegy 350 évvel ezelőtt a tudomány történetének egyik legjelentősebb eseményeként az első tudományos folyóiratok megjelenése lehetővé tette a tudományos kutatások eredményeinek megőrzését és terjesztését. *Brookes* szerint ez volt a modern tudomány születésnapja. [4] Korunkban, amikor egyre fokozódó méretekben szülehetnek új tudományos eredmények, a folyóiratoknak jut az a sorsdöntő szerep, hogy meghatározzák, hogy mely eredmények kerüljenek be az emberi tudás tárházába. A tudományos folyóiratok tehát – a tudományos cikkek formájában közölt eredmények hordozói, terjesztői és tárolóiként – az ismeretek fejlődése során nélkülözhetetlenek.

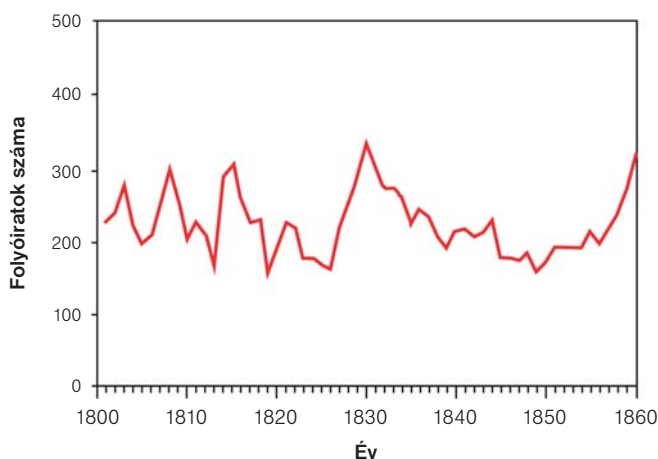
Bevezetés

Jelen dolgozatban a tudományos folyóiratok populációja és az emberi populáció közötti hasonlósággal foglalkozunk a demográfia szemszögéből tekintve. A *demográfia* szakterületének létrehozása *Achille Guillard*-nak tulajdonítható 1855-ben publikált könyvében. [5] A görög eredetű kifejezés a *démosz* (nép, népesség) és a *graphein* (leírás) szavakból ered. Definíció szerint a demográfia az emberi lakosság tudományos vizsgálatával foglalkozik, különös tekintettel annak méretére, szerkezetére és fejlődésére. [6]

Az emberi társadalomhoz hasonlóan a tudományos folyóiratok populációja, társadalma szintén egyedekből, azaz folyóiratokból áll. Egy új folyóirat létesítése megfelel egy új ember születésének, megszűnése a halálnak. Az emberi társadalom változásaihoz hasonlított események határozzák meg elsősorban a folyóiratok létét egy bizonyos időpontban. A migrálás, amelynek lényeges hatása van az emberi társadalomra, nem jellemző a folyóiratok társadalmára. A folyóiratok számának növekedése a folyóiratok populációjának létező tulajdonsága. A folyóiratok fúziója (házassága) szintén előfordul a populációjukban. A folyóirat-társadalomban – eltérően az emberi populációtól, ahol az egyé-

nek elhalálása végleges – a folyóiratoknál az újjáéledés (reinkarnáció) is létrejöhet. [7] Eltérően az emberi társadalomtól, ahol a demográfiai események sorrendje (születés, házasság, halál) az egyének korától is függ, a folyóiratok nem mutatnak ilyen függőséget. Egy folyóirat létét más jellemzők határozzák meg. Esetleges megszűnésük sem az idősödés (öregedés) következménye, de például egy szerkesztő visszavonulása vagy halála megszüntethet egy nem megfelelően működő folyóiratot.

Az emberi populációba a belépéstől (születés) a kilépésig (halál) tart. A folyóiratok esetében a folyóiratszámok megjelenése jelenti a létezést és azok heti, havi, negyedévi stb. megjelenési gyakorisága jellemző lehet a folyóirat „egészségére”. Az időben megjelent számok gyakorisága, növekedése jelentheti a folyóirat virágzását, a számok csökkenése az esetleges problémákat. Az emberi társadalom fejlődésének közismert mérőszáma a demográfiai gyermekhalandóság. Ez a lehetőség, mármint az új folyóiratok korai megszűnése a folyóiratoknál is megfigyelhető. Az 1. áb-



1. ábra. Létesítésük (születésük) utáni első és második évben megszűnt (elhalálozott) tudományos folyóiratok számának változása 1800 és 1860 között [7]

ra példát mutat a folyóiratok halandóságára egy önkényesen választott időintervallumban. [8] A modern tudomány kezdeteinél az volt a szokás, hogy a kutatók (tudósok) felfedezéseiket előbb levélben ismertették barátaikkal, kollégáikkal, majd felfedezéseik sorát könyvben publikálták.

Amikor később tudományos társaságok alakultak, a kutatók megkeresték a társaságot, esetleg a tudományos üléseken beszámoltak eredményeikről. A tudományos felfedezések sokkal hozzáférhetőbb bejelentéséhez, kommunikálásához a legfontosabb



LE JOURNAL DES SCAVANS

Du Lundi V. Janvier M. DC. LXXV.

Par le Sieur DE HEDOVILLE.



A PARIS.

Chez JEAN CVSSON, rue S. Jacques, à l'Image de S. Iean Baptiste.

M. DC. LXXV.

AVEC PRIVILEGE DU ROY.

2. ábra. A párizsi Journal des Sçavans születési bizonyítványa (első számának címlapja)

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS,

OF THE

ROYAL SOCIETY

OF

LONDON.

FOR THE YEAR MDCC.

PART I.

LONDON.

PRINTED BY W. BULMER AND CO. CLEVELAND-BOW, ST. JAMES'S;
AND SOLD BY PETER ELMSLEY,
PRINTERS TO THE ROYAL SOCIETY.
MDCCLXXV.

3. ábra. A Philosophical Transactions of the Royal Society of London születési bizonyítványa (első számának címlapja)

fejlődés az 1665-ben egy időben alapított *Journal des Sçavans* (létesítője: Denis de Sallo, Sieur de la Coudraye) és a *Philosophical Transactions of the Royal Society* folyóirat volt (2–3. ábra). Az első folyóirat magánkezdeményezés volt, főleg könyvrecenziók, de kísérletek, felfedezések publikálására is. A második, az angol *Royal Society* lapját kimondottan arra tervezték, hogy kutatási eredményeket publikáljon. Henry Oldenburgot, a *Royal Society* titkárát a társaság azzal bízta meg, hogy a *Philosophical Transactions*ben tudományos felfedezéseket jelentessen meg. Oldenburg maga döntötte el, hogy mit választ ki publikálásra, sőt gyakran részleteket vagy kivonatokat is írt a folyóiratba. A *Philosophical Transactions*ben megjelent anyagok is Oldenburg és főtitkári utódai felelősségébe tartoztak. [8] 88 év telt el, amíg maga a *Royal Society* is vállalta a közöltekért a felelősséget, miután előző évben kinevezett egy „Committee of papers”-et. [10] Ez volt a világ első „Editorial Board”-ja.

A fentieknek megfelelően a tudományos folyóiratok a kutatók informálódási nehézségei folytán jöttek létre, amikor a kutatók rájöttek, hogy a könyvek és a személyes levelek száma olyan nagyra nőtt, hogy azt már nem lehetett követni. A *Philosophical Transactions* presztízse és befolyása révén nagyon jelentősre nőtt az olyan folyóiratok száma, amelyek tudományos kutatásokról számoltak be. Amikor a *Journal of the Chemical Society* létesítették (1849), a kutatási cikkek a kémiai felfedezések köznapi terjesztőjévé váltak, és a kémiai kutatások nagy része már tudományos folyóiratokban jelent meg.

A tudományos ismeretek (cikkek) és folyóiratok számának exponenciális növekedését Derek de Solla Price közismert könyvében [1] meggyőzően jellemezte. [6] Price azt is észrevételezte, hogy a tudományos folyóiratok száma nem növekedhet a végtelenségig.

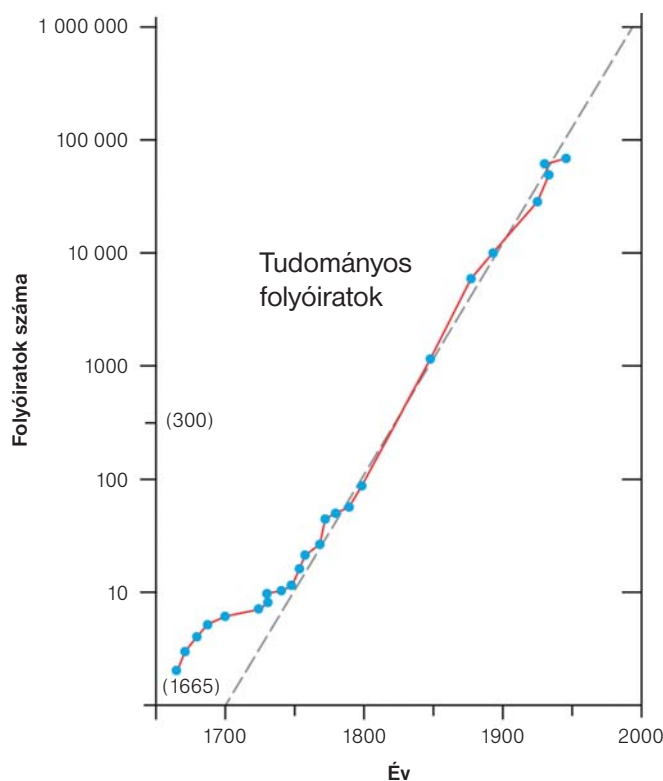
Közismert, hogy a globális katasztrófák az emberi demográfiai adatokban is tükröződnek. A történelem kezdetétől világossá vált, hogy a lakosság sorsa jelentősen függ a háborúktól, járvá-

nyoktól, katasztrófáktól. A tudományos folyóiratok demográfiája ugyanazt a függőséget mutatja. A háborúk, forradalmak, katasztrófák együtt járnak a folyóiratok társadalmának változásával is.

Szakosodás

A tudományos szakosodás a tudományos kutatás jellemzőjévé vált. A kutatók egyre több és részletesebb tájékozódást kívánnak, hogy a még mélyebb részletekről egyre több ismeretet szerezzenek. Ennek érdekében a tudományos szakosodás egyre szélesebb területeket foglal el a tudományos folyóiratok léteben többek között – például osztódással. A tudományos szakterületek feldarabolása jól követhető az új folyóiratok létesítésében. Példaként emlíjük az angliai *Journal of the Chemical Society of London* „életrajzát”. Ez a folyóirat 1905-ben *The Transactions of the Faraday Society* néven jött létre. 1972-ben *Journal of the Chemical Society, The Transactions of the Faraday Society*ra nevezték át és kétfelé osztották: az egyik a *Faraday Society I: Physical Chemistry in Condensed Phases*, a másik a *Faraday Transactions II: Molecular and Chemical Physics* lett. 1990-ben e két folyóiratot újra egyesítették *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions* néven, és 1998-ig adták ki. Azután *Physical Chemistry, Chemical Physics* (1999) új címmel jelent meg újra és jelenik meg ma is. A tudományos kutatás fejlődése során az új szakterületeken úgy is indítottak folyóiratokat, hogy címük tartalmazta a folyóirat létesítőjének a nevét is. Példaképpen megemlíthetjük az 1832-ben Justus Liebig német szerves kémikus által alapított *Annalen der Chemie (Liebig's Annalen)* című folyóiratot, ami Liebig haláláig (1870) működött, 1997-ben újjászületett és összeolvadt (házasodott) a holland *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*-val *Annalen/Des travaux chimique* címmel, majd végül beolvadt a *European Journal of Organic Chemistry*be. Ilyen lehetőségként

4. ábra. Példa a tudományos folyóiratok számának exponenciális növekedésére





még megemlíthetjük a *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie*-t, amit *Carl Rodriguez Fresenius* neves német analitikai kémikus hozott létre 1862-ben. 1822-ben *Berzelius* hívta életre a *Jahresbericht über die Fortschritte der Physischen Wissenschaften (von Jacob Berzelius)*-t. 1840-ben alapították a *Pharmazeutisches Zentral-Blatt*-ot, ami később *Chemisches Zentralblatt*-tá (1907) alakult.

A fent említett szakosodási, osztódási, illetve folyóiratdemográfiai példák mellett megemlíthetők olyan, eredetileg egységes, később szakosodás okán megosztott folyóiratok, amelyek újraegyesültek (újráházasodtak). Erre példaként az *Acta Chemica Scandinavica* említhető, amit 1947-ben a dán, norvég, svéd és finn kémiai társaságok létesítettek, és 1988-ig működött. A folyóiratot később kettéosztották, így keletkezett az *Acta Chemica Scandinavica Ser. A: Physical and Inorganic Chemistry* és az *Acta Chemica Scandinavica Ser. B: Organic Chemistry and Biochemistry*. 1998-ban az *Acta Chemica Scandinavica* egyesült az angliai *Royal Society of Chemistry* és a *Danton Transactions, Perkin Transactions I, és Perkin Transactions II* szerves és szervetlen kémiai folyóiratokkal. 2003-ban a két *Perkin*-folyóiratot *Organic and Biomolecular Chemistry* új elnevezéssel vonták össze.

Mint már fentebb említettük, a tudományterületek szakosodása számos tematikus (szakterületi) folyóiratot hozott létre. Példaként említjük a *Journal of Thermal Analysis* és a *Journal of Radioanalytical Chemistry*-t. Demográfiaiban az is jellemző, hogy az idő előrehaladtával járó témabővítés újabb címváltozást hozhat létre. Így született meg belőlük a *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, valamint a *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*.

A demográfiai vizsgálatokat ki lehet terjeszteni a teljes emberi populációra is annak érdekében, hogy magukba foglalják a társadalom különböző korcsoportjait és társadalmi osztályait is. Ily módon a különböző társadalmi csoportok összehasonlíthatók statisztikai módszerekkel. Természetesen a tudományos folyóiratok populációja is különböző csoportokra osztható a különböző nézőpontoknak megfelelően. Így különbséget lehet tenni a tudományos társaságok, valamint a profitszerzési kiadók által létesített folyóiratok között. Említhetők az egyetemek, illetve akadémiák által alapított és publikált folyóiratok is. Egyetemi kiadványok például a *Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press* kiadó folyóiratai is. Említésre érdemes ezek közül például a

Neuroscience című folyóirat. Tudományos akadémia publikálja a *Proceedings of the US Academy of Science* című folyóiratot. Az *American Association for the Advancement of Science (AAAS)* tudományos egyesület a szülőatyja és kiadója a közismert *Science* folyóiratnak.

Új folyóiratok létesítésére a kereskedelmi folyóirat- és könyvkiadók anyagi rugalmasságuk folytán sokkal hajlamosabbak, mint a tudományos társaságok. Az utóbbiak által publikált folyóiratok viszont jelentősen hosszabb életűek. Így például az *Elsevier Kiadó* több mint 2000 folyóiratot hozott létre (szült). Ezzel szemben az *American Association for the Advancement of Science* folyóirata, a *Science* már sok éve megjelenik.

Utószó

Eredetileg ezt a dolgot *Terentianus Maurus* római grammatikus *A könyveknek megvan a maguk sorsa (Habent sua fata libelli; Terentianus* arra utalt, hogy a könyvek sorsa az olvasóktól függ) híres mondására hivatkozva és azt követve *A folyóiratoknak is megvan a maguk sorsa* mondással szeretnénk volna kezdeni. Sajnos kiderült, hogy a latin nyelvben még nem volt ismert a *folyóirat* szó, ugyanis *Terentianus* idejében folyóiratok még nem léteztek. Viszont cikkek igen, és latinul *articolinak* nevezték őket. Ezért talán mégis említhetjük a „*habent sua fata articoli*”-t, mert mint az előbbiekből láttuk, túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a cikkgyűjteményeknek, azaz folyóiratoknak szintén megvan a maguk sorsa (demográfiaja).



IRODALOM

- [1] D. de Solla Price, *Science Since Babylon*. Yale University Press, 1995.
- [2] J. M. Ziman, *Nature* (1969) 224, 318.
- [3] W. D. Garvey, *Communication: the Essence of Science*. Pergamon Press, Oxford, 1979.
- [4] B. C. Brookes, *J. Documentation* (1980) 36, 164.
- [5] A. Guillard, *Elements de Statistique Humain et de Demographie Comparée*. Guillaume Laubin Press, Paris, 1855.
- [6] D. de Solla Price, *Little Science, Big Science*. Columbia University Press, 1963.
- [7] R. S. Cahn, *Survey of Chemical Publications and Report to the Chemical Society*. The Chemical Society London, 1965.
- [8] *Catalogue of Scientific Papers (1863)*, compiled and published by the Royal Society of London, vol. 1. HMSO, London, 1867.
- [9] *Philosophical Transactions* (1866) No. 12.
- [10] *Philosophical Transactions* (1753) No. 47.
- [11] *Ulrich's International Periodicals Directory*, Summer 2001 Edition.

A Richter Centenárium Alapítvány 2022-ben, immár huszonedgyedik alkalommal hirdette meg pályázatait tudományos kutatók, doktoranduszok részére Rövid távú kutatási tevékenység és kutatási tevékenység támogatása témakörben, mely megtekinthető a pályázati portálon: a gedeonrichter.com weboldalon a Fenntarthatóság/Társadalmi szerepvállalás/Alapítványok útvonalat követve a Richter Gedeon Nyrt. Centenárium Alapítvány menüpontra kattintva.

Az Alapítvány első alkalommal, az elmúlt időszak változásait szem előtt tartva, az alábbi új pályázatokat hirdeti meg:

- Kutató hallgató ösztöndíjpályázat – a természettudományos és műszaki képzési területeken MSc-képzésben vagy osztatlan képzésben részt vevő és legalább 7 félévet teljesített, kutatási tevékenységet végző egyetemi hallgatók részére.
- Fiatal természettudományos tanár (FITT) alkotói díj pályázat – a tehetséggondozás és/vagy sajátos nevelési igényű gyermekek érdekében kiemelkedő tevékenységet végző, 35 év alatti pedagógusok számára.

A pályázat részletei a pályázati kiírásokban találhatóak meg.



FOTÓ: WWW.FACEBOOK.COM/RICHTERGEDEONOFFICIAL



Varga Andrea – Raucsik Béla

■ SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék | raucsikvarga@geo.u-szeged.hu

Vonzó (geo)kémia: a 2022. év ásványa, a magnetit kémiai megközelítésben

Bevezetés

Az „Év fajai” programsorozatokhoz csatlakozva a Magyarhoni Földtani Társulat 2016-tól évente kihirdeti az „Év ásványa” cím nyertesét. Az évi 3–3 jelölt közül közönségsvavazatok alapján eddig a gránát (ásványcsoport, szigetoszilikát), a kvarc (SiO_2), a fluorit (CaF_2), a galenit (PbS) és a turmalin (ásványcsoport, cikloszilikát, boroszilikát) nyerte el ezt a megtiszteltetést. A pandémia következtében, egy év kihagyással, a 2022. év ásványa a magnetit (Fe_3O_4) lett, amely jelöltársait, a kaolinitet és a gipszet utasította maga mögé. A nyertesekről rendre ismeretterjesztő tanulmányok jelennek meg, az ásványokkal pedig különféle népszerűsítő rendezvényeken (pl. Múzeumok Éjszakája, Kutatók Éjszakája), versenyeken (pl. OKTV) találkozhatnak az érdeklődők. Az írás célja a magnetit bemutatása olyan megközelítésben, hogy az közvetlenül hasznosítható legyen akár a természetben megjelenő kémia tárgyalásakor is.

Az ásványokhoz, az élettelen természet e csodáihoz, mint szeretlen vegyületekhez, számos ponton kötődik a kémia (és a fizika). A korábbi évek nyertesei közül a kőzetalkotó gránát szintetikus rokona, az itrium-alumínium-gránát (YAG) a lézeralitikaiban bukkan fel, a piezoelektromos tulajdonságú kvarc az üvegyártásban nélkülözhetetlen, a fluoreszcencia névadója, a fluorit (folypát) pedig az acélgártásban jelentős. A félvezető tulajdonságú galenitet egykor kristálydetektoros rádiókba építették, de a galenit az ólom legfontosabb ércásványaként további felhasználási lehetőségekkel büszkélkedhet: nyomdaipari betűfém, lőszerek és akkumulátorok alapanyaga, kopogásgátló benzinalék összetevője, de alkalmazási területe – többek között – az ólomkamrás kénsavgyártásra is kiterjedt. A börtartalmú, bonyolult és változatos kémiai összetételű turmalin szintén piezoelektromos tulajdonságú, sötét kristályait régebben polarizátorként (turmalinfogó) használták. A gránát és a turmalin ásványcsoportjai egyaránt „okos” ásványokat rejtenek: a geokémiai vizsgálatok során reális kémiai összetételük számos információt szolgáltat a képződési környezet fizikai-kémiai és földtani viszonyairól [1–3].

A stafétabotot 2022-ben átvevő magnetit a vas legjelentősebb ércásványa. Egyik legfontosabb tulajdonsága az aktív mágnesség (ferrimágneses tulajdonságú). Képződésének, előfordulásának és felhasználásának sokszínűsége alkalmassá teszi arra, hogy a földrajzi és a geológiai vonatkozásokon túl kémiai, fizikai, sőt, biológiai jelentőségét is bemutassuk. A magnetittel kapcsolatos leg-

fontosabb – az adott korosztálynak megfelelő szintű – információk ezért az integrált természettudományos világgép kialakítását segíthetik az oktatásban (1. ábra).

Magnéziai kő vagy mágnesvasérc

A magnetit közismert nevei, a magnéziai kő és a mágnesvasérc (angolul „lode-stone”), elnevezésének ókori görög eredetére, illetve természetes mágnességére utalnak. A magnézium (Mg) és a mangán (Mn; *magnesia nigri*: MnO_2 , mangán-dioxid) kémiai elemekhez, továbbá a magnezitásványhoz (*magnesia alba*, magnézium-karbonát, MgCO_3) hasonlóan a magnetitet is a thesszáliai Magnesia városáról nevezték el [4, 5].

A magnetit ferro-ferri-oxid, azaz kémiai összetételében a vas(II)- és a vas(III)ionok egyaránt szerepet kapnak. Az eltérő vegyértékű ionok különböző elektronszerkezetére vezethető vissza a ferrimágneses jelleg, arányukat figyelembe véve a magnetit ideális összetétele az $\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})_2(\text{O}^{2-})_4$ képlettel adható meg. Elméleti vastartalma 72,4%, ezért a legkiválóbb acélgártási nyersanyag. Amennyiben nagyobb hőmérsékleten képződik a természetben, a reális összetételében a Fe^{2+} -t részben Mg, Mn, Ni, Zn, Ti helyettesítheti, a Fe^{3+} -hoz társulva pedig Al, Ti, V és Cr épülhet be a rácsba. A helyettesítő elemek közül a titán beépülése gyakran számottevő mértékű. A nagy Ti-tartalmú változatot titanomagnetit néven különböztetik meg, amelyben legtöbbször a titán FeTiO_3 összetételű finom lemezszerkezet formájában szételegyedik [3, 5–7]. A magnetit legfontosabb ásványtani jellemzőit az 1. táblázat ismerteti.

A többnyire fekete, opak, fémfényű magnetit a köbös kristályrendszerben kristályosodik, általában jól fejlett oktaéderek formájában jelenik meg (2. ábra). Kristályszerkezetének legfontosabb jellemzői 1915 óta ismertek, ugyanis egyike volt azoknak az első ásványoknak, amelyek szerkezetét röntgen-pordiffrakció-



1. ábra. A magnetit természetes mágnesként tantárgyak közötti összekötő kapocs lehet



KITEKINTÉS

| | |
|--------------------------|---|
| Ásványrendszertani hely | oxidok, spinell-csoport |
| Képlet | Fe_3O_4 vagy FeFe_2O_4 |
| Kristályrendszer | köbös (szabályos) |
| Megjelenés | oktaéderez vagy rombdodekaéderez kristályok; tömeges, szemcsés halmazok |
| Keménysége a Mohs-skálán | 5–6 |
| Sűrűség | $5,2 \text{ g/cm}^3$ |
| Hasadás, törés | nem hasad; törése egyenetlen, félig kagylós |
| Fény | fémfényű vagy félig fémes |
| Szín | fekete, barnásfekete vagy acélszürke |
| Porszín | fekete |
| Átlátszóság | opak |
| Különleges tulajdonságok | aktív mágneses (ferrimágneses) |

1. táblázat. A magnetit névjegye [5–7]

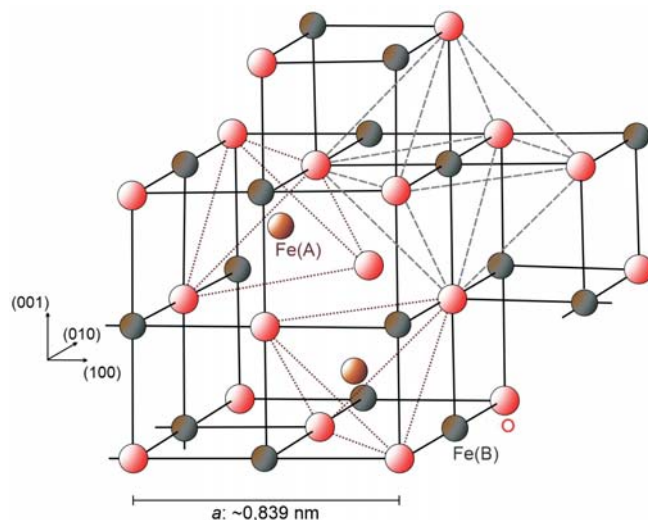


2. ábra. Oktaéderez magnetitkristályok (élhossz: 7 mm) klorit-palában (Pfitsch) az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékének Koch Sándor Ásványgyűjteményében

val határozták meg [8]. A magnetit inverz spinell szerkezetű, a 32 O^{2-} -ion által meghatározott, lapcentrált köbös elemi cellájában ($a: \sim 0,839 \text{ nm}$) a vas kationjai intersticiális (rácsközi) pozíciókat foglalnak el [5–9]. A Fe(III)ionok fele tetraéderez pozícióban található meg, míg a másik fele a Fe(II)ionokkal együtt oktaéderez rácspozíciót tölt be (3. ábra).

Természetes előfordulásait tekintve a magnetit magmás, metamorf és üledékes eredetű kőzetekben egyaránt gyakori ércásvány (4. ábra). Megfelelő körülmények között hatalmas kiterjedésű érctelepeket formálhat (pl. Svédország: Kiruna, Oroszország: Kurszk, USA: Adirondack, Ausztrália: Tasmania), de elterjedt kis mennyiségű kőzetalkotóként, úgynevezett járulékos elegyrészként is. Neutrális–bázisos magmás kőzetek (pl. andezit, bazalt) alapanyagát sötétre színezik parányi kristálykái, továbbá törmelekes üledékek és üledékes kőzetek (pl. homok, homokkő) helyenként torlatokat alkotó nehézasványaként gyakori [5–7].

A Kárpát-medencében a bánsági kontaktvidék bányáiból (pl. Vaskő, Dognácska; ma Románia) származó kristályai a gyűjtemények féltett darabjai (5. ábra). Hazánkban gazdaságosan kitermelhető mennyiségben sehol sem fordul elő. Szép példányai ismertek a Balaton-felvidék bazaltvulkánjainak kőzeteiből (pl. Badacsony), a Kőszegi-hegység több pontjáról is előkerült kloritpalából, továbbá a Bükk-hegység (Szarvaskő) tartozik a klasszikus lelőhelyek közé [5].



3. ábra. A magnetit inverz spinell szerkezetének sematikus képe, módosított részlet [9]. Jelölések: Fe(A): Fe(III)ionokkal betöltött tetraéderez kationpozíciók; Fe(B): ideális esetben 50–50%-ban Fe(II)- és Fe(III)ionokkal betöltött oktaéderez kationpozíciók



4. ábra. Szemcsés, tömeges kifejlődésű, acélszürke magnetitkristályok alkotta oxidos vasérc (Kola-félsziget) sárgásbarna apatittal (Ca-foszfát változat) az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék gyakorlógyűjteményéből (képszélesség: 6 cm)

A természetes mágnes

A magnetit mágneses tulajdonságát már az ókori Kínában felhasználták: az első „delejtűket”, azaz iránytűket ilyen természetes mágnesekből készítették. Kevésbé ismert, hogy a kőzetekbe rejtett mágneses ásványok, közöttük például a kőzetolvadékból megszilárduló magnetit is kijelöli a mágneses észak irányát. Az óceánközépi hátságoknál folyamatosan növekedő óceáni lemez bazaltja *fossilis iránytűként* rögzítette – és napjainkban is rögzíti – a Föld mágneses terének jellemzőit a földtörténet során (pl. a mágneses Északi-sark helyzete, normál vagy reverz polaritás, a földi mágneses dipól átfordulási eseményei). A paleomágneses adatokat, mint az évmilliók alatt történt változások ujjlenyomatát – kiegészítve öslénytani bizonyítékokkal, radiometrikus korhatározási eredményekkel – a relatív idő mérésére, mágneses rétegtani (*magnetosztratigráfiai*) összefüggések feltárására, valamint a kőzetlemezek (pl. kontinensek) vándorlásának jellemzésére lehet felhasználni [7, 10–12].

Természetes mágnes biogén módon szintén kialakulhat. Bio-



5. ábra. Magnetit Vaskőröl (Ocna de Fier, Románia; a minta szélessége 7 cm) az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékének Koch Sándor Ásványgyűjteményében

mágneses magnetit fordul elő a magnetotaktikus (mágneses) baktériumokban, amelyek sejtjeiben membránnal körülvett ferromágneses nanokristályok (*magnetoszómák*) képződnek. A nyúlt prizmás, kubo-oktaéderekes vagy oktaéderekes megjelenésű kristályokat tartalmazó magnetoszómák gyakran egysoros vagy kettős láncba rendeződnek. A magnetitben mágnesezhetőség szempontjából a *kristálytani [111] irány* a kitüntetett, azaz a dipólus ebben az irányban alakul ki (6. ábra). A biomágnesség passzív módon a földi mágneses erővonalakkal párhuzamosan forgatja el a baktériumsejtet, amely fel- és lefelé irányuló („liftező”) aktív mozgásával a kémiai gradienst követve találja meg a számára optimális életteret, a csökkent oxigéntartalmú és az oldott oxigéntől mentes átmeneti zóna (oxikus–anoxikus átmenet) határát a vízi

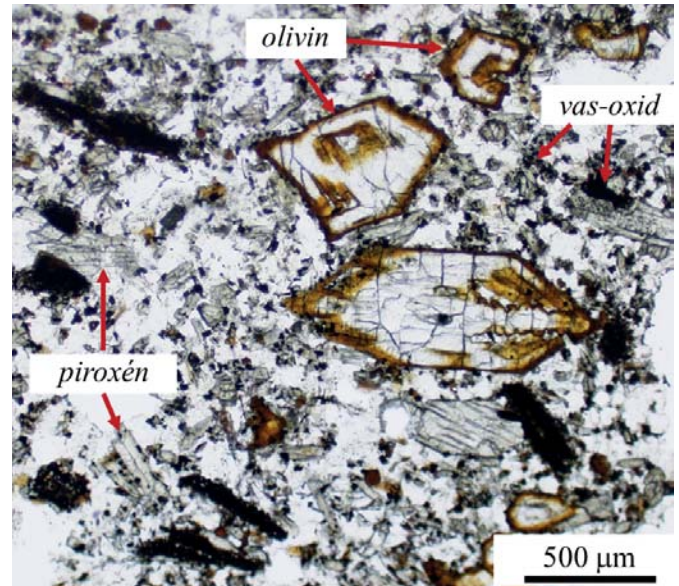
élőhelyen és annak üledékében [13–15]. A mágneses baktériumok elpusztulását követően – megfelelő üledékképződési környezetben – a magnetoszómák parányi mágneses kristályai magnetofossziliaként megőrződhetnek [15].

Az oxigénfugacitás nyomában

A kőzetön természetes körülményei között a változó vegyértékű elemek viselkedését jelentős mértékben befolyásolja a környezet oxidációs (redox) állapota, azaz az *oxigénfugacitás* (f_{O_2}). Ez egyrészt az olvadékból (magmából) kikristályosodó fázisok sorrendjét szabályozza, másrészt a szilárd fázis összetételét határozza meg. Számos kőzetalkotó ásványban (pl. olivin, gránátok, piroxének, amfibolok, Fe-Ti-oxidok) a vas lényeges összetevő (a vas a föld-

kéreg negyedik legnagyobb mennyiségű alkotója), és többnyire ferro- és ferrikation formájában egyaránt jelen van. Az ásványok Fe^{3+}/Fe^{2+} aránya a kristályosodás körülményeire, a redoxviszonyokra utal, ami kiemelt szerepet kap a magmafejlődés vizsgálatában (pl. frakcionációs kristályosodás, petrogenetikai modellszámítások), továbbá nélkülözhetetlen ahhoz, hogy az ásványok pontos (reális, a természetes helyettesítéseket is figyelembe vevő) képletét meg tudjuk adni [3, 16–18].

A kőzetek vas(II)- és vas(III)ion-aránya a kőzet szilikátos és oxidos ásványösszetételét is befolyásolja. Adott kémiai összetételű kőzetben a vas a rendszer teljes kémiai összetételének függvényében azokba az ásványokba épül be, amelyek az adott nyomás- és hőmérsékleti viszonyok mellett termodinamikailag stabilak (7. ábra). Miután a magnetit két és három vegyértékű



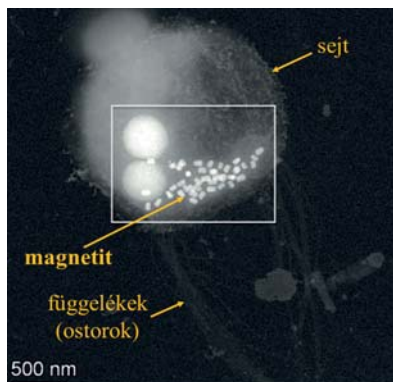
7. ábra. A vas (és a titán) oxidásványai mikrométeres nagyságrendű szemcsék formájában jelennek meg a bázisos összetételű vulkáni kőzetben (kőzettani mikroszkópos kép)

kationt egyaránt tartalmaz, kristályosodása egyértelműen átmeneti oxigénszintű környezetet jelez. Az oxigénfugacitás (és a hőmérséklet) függvényében a magnetit különböző vastartalmú ásványokkal lehet egyensúlyban, amelyek geokémiai pufferekként ismertek (2. táblázat). A redoxpufferek segítségével lehetőség van az oxigénfugacitás szabályozására az ásványok stabilitását feltáró laboratóriumi kísérleteknél [16, 17].

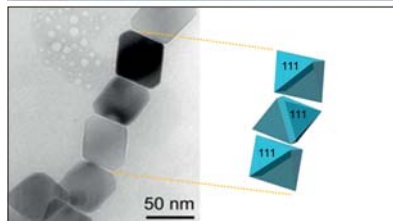
2. táblázat. Az oxigénfugacitást szabályozó magnetitalapú geokémiai pufferek [17, 18]

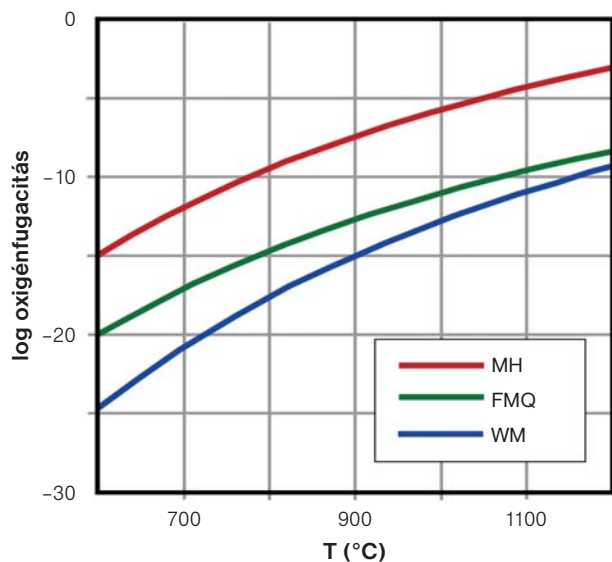
| | | |
|------------------------|------------|---|
| magnetit-hematit | MH-puffer | $4 Fe_3O_4 + O_2 = 6 Fe_2O_3$ |
| fayalit-magnetit-kvarc | FMQ-puffer | $3 Fe_2SiO_4 + O_2 = 2 Fe_3O_4 + 3 SiO_2$ |
| wüstit-magnetit | WM-puffer | $3 Fe_{1-x}O + O_2 \sim Fe_3O_4$ |

Erősen oxidáló környezetben a vas Fe^{3+} formában, általában hematitként (ferri-oxid, Fe_2O_3) van jelen a vastartalmú kőzetekben. Viszonylag nagy oxigénfugacitás mellett a magnetit az oxigénnel reagálva hematitot képez. Ez az ásvány pár magnetit-hematit- vagy MH-pufferként ismert. Alacsonyabb oxigénszint esetén a magnetit a kvarccal és a fayalittal (szigeteszilikát, Fe_2SiO_4 , az olivinásvány mint szilárd oldat egyik szélső tagja) képez puffert (FMQ-puffer), még alacsonyabb oxigénszintnél pedig egy ke-



6. ábra. Magnetit-magnetoszómák mágneses baktériumokban (transzmissziós elektronmikroszkópi képek), valamint egy közel szabályos oktaéderekből álló lánc részletének vázlatos modellje [14, 15]





8. ábra. Hőmérséklet-oxigénfugacitás ($\log f_{O_2}$) diagram 1 bar nyomáson (MH: magnetit-hematit, FMQ: fayalit-magnetit-kvarc, WM: wüstit-magnetit) [18]

vésbé ismert, nem sztöchiometrikus vas-oxiddal, a wüstittel alkot ásványpárt (WM-puffer). Az FMQ- és a WM-puffereket széles körben alkalmazzák a kőzetkémiai kísérletekben (8. ábra). Az FMQ-puffer a legelterjedtebb a magmás kőzetek képződési körülményeihez tartozó oxigénfugacitás modellezésére [17, 18].

A magnetit mint katalizátor: az ammóniagyártás

A magnetit nemcsak a geokémiában kap fontos szerepet, de a kémiai technológiában is megtaláljuk. Az ipari léptékű ammóniaszintézisben (*Haber-Bosch-féle katalitikus redukció*) ugyanis kiemelt jelentősége van ennek az ásványnak. Ahhoz, hogy a rendkívül stabil nitrogénmolekulából ammóniát hozzanak létre, olyan anyagra (katalizátorra) van szükség, ami disszociatív módon adszorbeálja a nitrogént (azaz az adszorpció során a nitrogén atomos formában kötődik meg), ugyanakkor az adszorbenssel kialakított kötés nem olyan erős, hogy hátrányosan befolyásolja a további reakciót. A gyakorlatban alkalmazott, széles körben elterjedt technológiák egyikében vaskatalizátort használnak, amelynek összetétele és szemcsemérete meghatározza a szintézis hatékonyságát. A katalizátort nagy tisztaságú magnetit, KOH és hőálló oxid (pl. MgO, Al₂O₃, SiO₂) összeömlésztésével készítik úgy, hogy a szilárd ömledéket 5–10 mm szemcseméretűre törlik, majd porózus, nagy fajlagos felületű aktív katalizátorra redukálják [3, 19, 20].

Magnetit a nanotudományokban

Nagy tömegben előfordulva a magnetit kiváló vasérc, de a mikrovilágban is számos különleges (pl. kőzettani és geokémiai vonatkozású) alkalmazási lehetőség társul hozzá. A mágneses baktériumoknál láttuk, hogy a nanoléptékű (~50–100 nm átmérőjű) biogén magnetit ferrimágneses kristályként a navigáció kiváló eszköze. Ez a mérettartomány az innovatív technológiákban is számos új lehetőséget kínál, azonban ~26 nm-nél kisebb nanokristályok formájában a magnetit mágneses jellemzője megváltozik, *szuperparamágnesessé* válik [21].

Napjainkban egyre nagyobb az érdeklődés a mágneses nananyagok iránt. Közülük a különleges mágneses tulajdonságú, kis

toxicitású, általános biokompatibilitású, stabil és viszonylag olcsó, ~20 nm-nél kisebb szintetikus magnetitkristályok a legkedveltebb nanorészecskék köré tartoznak. Széles körben alkalmazzák az orvosi diagnosztikától (pl. mágnesesrezonancia-képpalkotás, MRI) a környezeti technológiákig (pl. nagy térerősségű mágneses szeparálás, nanokompozit membrán szeparációs eljárások) [21–26].

Az orvosbiológiai alkalmazás érdekében a szuperparamágneses vas-oxid nanorészecskék terápiás és diagnosztikai célú fejlesztése eredményeként olyan felületi bevonattal ellátott mag-héj termékeket hoztak létre, amelyekben a mágneses nanorészecske a magban található. A mesterségesen előállított magnetit nanorészecskék alkalmazhatók MRI-kontrasztfokozó anyagként, helyi mágneses hipertermiában hőforrásként, valamint mágneses hatóanyagok szerkezeten belüli célzott szállítására egyaránt [22, 23].

A víz- és szennyvíztisztításban a magnetit nanorészecskék a szuszpendált összetevők (pl. szilárd komponensek, baktériumok) flokkulálását és kiüledését segítik. A vizes közegben kialakuló felületi hidroxil funkciók csoportoknak (Fe–OH, Fe–OH₂⁺) köszönhetően kiváló adszorpciós tulajdonságaik lehetővé teszik, hogy toxikus anyagokat, nehézfémeket (pl. Cr⁶⁺, Cu²⁺, Pb²⁺) távolítsanak el a segítségükkel a vízből. A tapasztalatok alapján savas közegben, a pH 2–5 tartományban a leghatékonyabb az eltávolítás, amely az alkalmazott környezeti feltételek mellett a szennyező minőségétől is függ [24–26].

Figyelembe véve a mágneses nanorészecskékben rejlő potenciált, a magnetit multifunkciós anyagként újabb innovációkban bukkanhat fel a jövőben.

IRODALOM

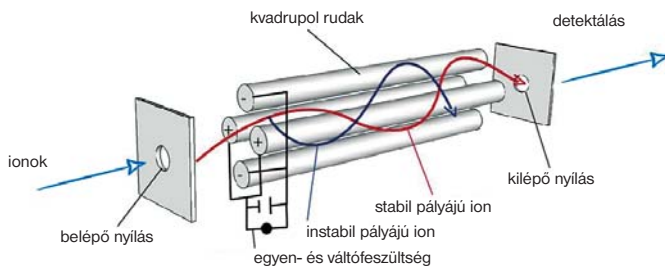
- [1] Papp, G.: *Természet Világa* (2016), 147, 2, 73–75.
- [2] Raucsikné Varga, A., Harman-Tóth, E., Felkerné Kóthay, K.: *A Földgömb* (2020 március-április), 54–65.
- [3] Greenwood, N. N., Earnshaw, A.: *Az elemek kémiája, I–III.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004. 1834.
- [4] Varga, A.: *GeoMetodika* (2019), 3, 3, 5–18.
- [5] Koch, S., Sztóky, K.: *Ásványtan I–II.*, 5. kiadás. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994, első kiadás: 1955. 936.
- [6] Bognár L.: *Ásványhatározó.* Gondolat Kiadó, Budapest, 1987. 478.
- [7] Medenbach, O., Sussieck-Fornefeld, C.: *Ásványok.* Természetkalauz sorozat, Magyar Könyvklub, Budapest, 1995. 288.
- [8] Bragg, W. H.: *Nature* (1915), 95, 2386, p. 561.
- [9] <https://www.adichemistry.com/inorganic/cochem/spinels/spinel-structures.html>
- [10] Báldi, T.: *Elemző (általános) földtan.* ELTE, Budapest, 1994. 797.
- [11] Cox, A. V., Hart, R. B.: *Plate tectonics: How it works.* Wiley-Blackwell, e-book, 2009. 416.
- [12] Wasilewski, P., Kletetschka, G.: *Geophysical Research Letters* (1999), 26, 15, 2275–2278.
- [13] Pósfai, M.: *Fizikai Szemle* (2009), 58, 5, 174–178.
- [14] Pósfai, M., Lefèvre, C. T., Trubitsyn, D., Bazylinski, D. A., Frankel, R. B.: *Frontiers in Microbiology* (2013), 4, Article 344
- [15] Pósfai, M.: *Földtani Közlemények* (2020), 150, 4, 511–528.
- [16] Harangi, Sz., Szakmány, Gy., Józsa, S., Lukács, R., Sági, T.: *Magmás kőzetek és folyamatok – gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához.* ELTE, Budapest, 2013. ISBN 978-963-284-478-7
- [17] Carmichael, I. S. E., Ghiorso, M. S.: *Earth and Planetary Science Letters* (1986), 78, 200–210.
- [18] Frost, B. R.: *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* (1991), 25, 1, 1–9.
- [19] Bozso, F., Ertl, G., Grunze, M., Weiss, M.: *Journal of Catalysis* (1977), 49, 18–41.
- [20] Jozwiak, W. K., Kaczmarek, E., Maniecki, T. P., Ignaczak, W., Maniukiewicz, W.: *Applied Catalysis A: General* (2007), 326, 17–27.
- [21] Ganesan, V., Lahiri, B. B., Louis, C., Philip, J., Damodaran, S. P.: *Journal of Molecular Liquids* (2019), 281, 315–323.
- [22] Stephen, Z. R., Kievit, F. M., Zhang, M.: *Materials Today* (2011), 14, 7–8, 330–338.
- [23] Tombácz, E., Szekeres, M., Illés, E., Jedlovsky-Hajdú, A., Tóth, Y. L., Nesztor, D., Szabó, T.: *Magyar Kémiai Folyóirat* (2019), 125, 1, 35–42.
- [24] Nawi, N. S. M., Lau, W. J., Yusof, N., Ismail, A. F.: *Arabian Journal for Science and Engineering* (2021), <https://doi.org/10.1007/s13369-021-06373-1>
- [25] Rajput, S., Pittman Jr., C. U., Mohan, D.: *Journal of Colloid and Interface Science* (2016), 468, 334–346.
- [26] Zhang, J., Shuang Lin, S., Han, M., Su, Q., Xia, L., Hui, Z.: *Water* (2020), 12, 446, doi:10.3390/w12020446



Egy bonyolult analitikai rendszer változatos alkalmazásai

Tölgyesi Ádám: *Gyakorlati példák a folyadékkromatográfiával kapcsolt hármas kvadrupol rendszerű tandem tömegspektrometria élelmiszer-, bio- és textilanalitikai alkalmazására*

Ez a könyv biztosan nem lesz bestseller! No, nem a színvonala miatt, hiszen az kiváló, és nem is az ára miatt, ami a lehető legalacsonyabb, hiszen a *Gen-Lab Kft.*-nek köszönhetően bárki számára ingyenesen hozzáférhető, hanem a témája és a tartalma miatt. A szerző, *Tölgyesi Ádám*, valamint a szakmai szerkesztők, *Dernovics Mihály* és *Imrik Péter* színvonalasan fejlesztették tovább – a sajnos már elhunyt – *Fekete Jenő* professzor korábbi elképzelését, amely a hármas kvadrupol rendszerű tandem tömegspektrometriai módszerek élelmiszer- és bioanalitikai alkalmazásainak megismertetését tűzte ki célul.



Kiindulás: a kvadrupol felépítése

A szerző és a szerkesztők olyan fába vágják a fejszéküket, amelynek „kitermelése” nem egyszerű dolog: egy rendkívül összetett analitikai rendszer szerteágazó alkalmazásainak szakmailag is igényes ismertetése.

A 13 fejezetből álló könyv első négy fejezete áttekinti a műszeres hátteret, a minőségi és a mennyiségi kiértékelés módozatait, a mátrixhatás vizsgálatát és kompenzálását, valamint a mintaelőkészítés számos lehetséges módszerét. Az utóbbiak bemutatása is konkrét példák alapján történik, amelyek felölelik az élelmiszerek (gabona, zsír, méz, tej, tojás), a takarmányok, a vitaminok és a toxinok témakörét.

Ezt követően – a korábbi kiadványhoz képest új fejezetként és területként – megjelennek a textilipari alkalmazások, amelyek keretében betekintést nyerhetünk a színezékek, az adalékanyagok, valamint az egészségre ártalmas komponensek meghatározásába.

A következő fejezet áttekinti a mikotoxinok meghatározását takarmányokból, az *Alternaria* toxinok meghatározását növényi eredetű élelmiszerekből, valamint a karcinogén és allergén textilszínezékek mérését LC–MS/MS szabvány módszerekkel.

A jártassági vizsgálatok értékelésével és magyarázatával foglalkozó rész mintegy tíz oldalon keresztül taglalja – az esetenként több száz résztvevővel elvégzett – körvizsgálatok eredményeinek kiértékelését különböző módszerekkel.

Az utolsó előtti fejezet az antibiotikumok és az édesítőszer példáján keresztül mutatja be az LC–MS/MS és a HPLC–UV/FLD módszerek alkalmazhatóságát. Jól illusztrálja, hogy nincsen egyedül „üdvözítő” módszer, mindig az adott feladat dönti el, hogy melyiket célszerű használni.

A befejező rész gyakorlati példákat mutat be öt toxin LC–MS/MS módszerrel történő mérésére és a módszer validálására. 40 irodalmi munka alapján írja le a célvegyületek meghatározását a mintatisztítástól a mérések teljesítmény jellemzőinek meghatározásáig.



Mindegyik fejezetet az ajánlott és felhasznált irodalmak jegyzéke zárja le. A szövegben használt rövidítések négyoldalas jegyzéke, angol jelentéssel és magyar megfelelővel, a munka elején található (pl.: LC–MS/MS, Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry, folyadékkromatográfia-tandem tömegspektrometria stb.).

A kötet végén található 36 melléklet 55 oldalon keresztül taglalja a szöveges részben említett módszerek részletes körülményeit. Ezek tartalmazzák a mért minták és komponensek megnevezését, a részletes mintaelőkészítést, a HPLC-s elválasztás körülményeit és a detektálás pontos módját, beleértve az anyaionok és a leányionok, valamint az ionforrás-paraméterek részletes, táblázatos felsorolását.

A fentiek – remélem – jól illusztrálják, hogy a könyv valóban hézagpótló, pláne magyar nyelven, egyedülálló a maga nemében. Jól bemutatja a – viszonylag régen alkalmazott – nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia korlátait és azt, hogy ezt miképpen tudja a tömegspektrométerrel történő összekapcsolás feloldani. Újabb lehetőség, ha több tömegspektrométert kapcsolunk össze (MS/MS), miáltal a célkomponensek fragmensei és a mátrixionok fragmensei is elkülöníthetők egymástól.

A módszer persze messze túlmutat az adott műben leírtakon: a legkülönbözőbb területeken alkalmazható, beleértve a biológiai kutatásokat (pl. napjainkban a víruskutatások), egészen a doppingvizsgálatokig.

Végezetül a könyv formai jellemzőiről: a kiválóan szerkesztett, közérthető nyelvezetet használó írás olvasmányos (persze csak a megfelelő szaknyelvet bírók számára). A színes ábrák és a jól szerkesztett táblázatok még élvezhetőbbé teszik a tanulmányozást.

Befejezésül ne feledje senki: ilyen színvonalas munkához magyar nyelven ritkán juthat a tématerülettel foglalkozó. Az ára pedig verhetetlen!

Lelik László



TÚL A KÉMIAÁN

Esztétikai fogászat maja módra



Az emberi történelem során a foggal kapcsolatos orvosi vagy esztétikai beavatkozások mindig szorosan összefüggtek a jóléttel vagy a társadalmi ranggal. Ennek a felismerésnek a nyomán vizsgálta meg egy kutatócsoport azokat az emberi koponyamaradványokat, amelyek a maja civilizáció i. sz. 1150 és 1450 közötti politikai fővárosának tekinthető, Yucatán-félszigeten lévő Mayapán városából származnak. Azt tapasztalták, hogy az elsősorban esztétikai célokat szolgáló fogformálás,

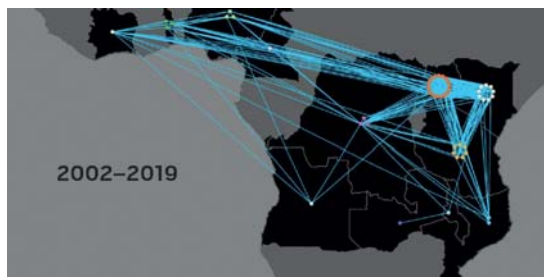
amely aztán a spanyol hódítás korában a nők körében gyakorivá és egyfajta szimbólummá vált, a város virágkorában nem korlátlalt sem a társadalmi ranggal, sem a születési hellyel, sem az étkezési szokásokkal. Elsősorban női maradványokon találták meg ilyen beavatkozások nyomait, s a kevés érintett férfi szinte mindegyike pap volt. Az eredményekből az a következtetés vonható le, hogy a fogformálás akkoriban semmiképpen nem volt társadalmi elvárás, elsősorban személyes választás kérdése lehetett, esetleg a családi összetartozást fejezhette ki.

Camb. Archaeol. J. 32, 117. (2022)

Elefántcsont-genomika

Az illegális elefántcsont-kereskedelem nagy üzlet a mai világban, hozzáértők becslése szerint Afrikában napi 55 elefántot ölnek meg orrvadászok. A bűncselekmények bizonyításához adhat nagy segítséget az elefántagyarban található DNS szekvenálása. Ennek megalapozásához végeztek el egy nagyszabású háttér tanulmányt, amelyben 2002 és 2019 között lefoglalt illegális szállítmányokból származó, kb. 4000 mintát vizsgáltak meg. A DNS tanúsága szerint egymástól helyben és időben nagyon távol felbukkant mintákban is közeli rokonságban lévő állatok agyarai tűntek fel, amiből egyértelmű, hogy nagy és kiterjedt bűnszervezet folyamatos működéséről van szó, és nem elszigetelt esetekről.

Nat. Hum. Behav. 6, 371. (2022)



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

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

CENTENÁRIUM



Otto Ruff, Fritz Thomas:
Die Reduktion des Tantalpentachlorids
Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Vol. 55, pp. 1467–1473.
(1922. május 13.)

Otto Ruff (1871–1939) német kémikus volt. Carl Magnus von Hell vezetésével tanult gyógyszerészetet, majd Hermann Emil Fischer berlini kutatócsoportjához csatlakozott. A D-glükózt láncrövidítéssel D-arabinózzá alakító Ruff-lebontás róla kapta a nevét. Fischer javaslatára fordult figyelme a szervesetlen kémia irányába. Munkáját három Nobel-díjaséval (Svante Arrhenius, Henri Moissan és Alfred Werner) együtt úgy szokták emlegetni, mint a szervesetlen kémia fejlődésének fő hajtóereje a 20. századi első felében.

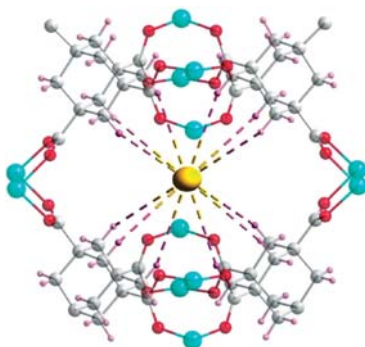


APRÓSÁG

A chilei Atacama Large Millimeter/submillimeter Array egy bolygókeletkezési korongban minden korábbinál nagyobb molekulát, kilencatomos dimetil-étert detektált.

Nemesgázcsapda

Bő két évtizede állítottak elő egy olyan fém–organikus hálózatot (MOF-ot), amelyben rézionokat adamantán-tetrakarboxilát típusú ligandumok kötnek össze. A közelmúltban az anyag érdekes új tulajdonságára derült fény: jelentős mennyiségű xenont és kripton képes megkötni a szerkezet üregeiben. A teszteket olyan



gázeleggyel is elvégezték, amely a használt nukleáris fűtőelemek feldolgozása közben képződő, mintegy 400 ppm Xe-t és 40 ppm Kr-t tartalmazó levegőhöz hasonló. Itt minden korábban próbált eljárásnál hatékonyabbnak bizonyult a nemesgázok eltávolításában.

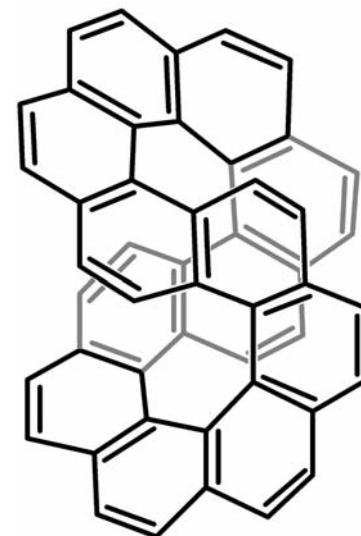
Angew. Chem., Int. Ed. 61, e202117807. (2022)



A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az infinitén ($C_{48}H_{24}$), szabályosabb nevén ciklo[c.c.c.c.c.c.e.e.e.e]dodekakiszbenzol, érdekes topológiájú, gyűrűkből álló gyűrűt tartalmazó szénhidrogén. A nemrégiben előállított vegyületet röntgenkristallográfiával is jellemezték, és a szerkezet feszültségéből származó energiát 250 kJ/mol-nak becsülték. Az infinitén nevet nem a végtelenített gyűrűszerkezet miatt kapta, hiszen ilyen már konstitúciós izomerjeiben, a kekulénben vagy a [12]ciklacénben is van, hanem arról, hogy a molekula alakja a matematikában a végtelen jelölésére használt szimbólumra emlékeztet.

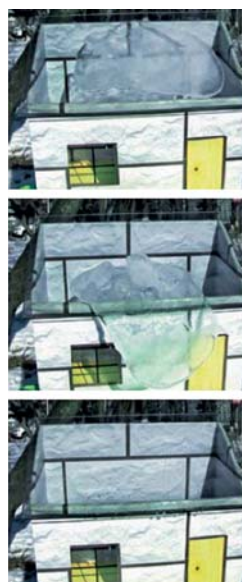
J. Am. Chem. Soc. 144, 862. (2022)



Légkondicionáló ablak

Akár negyedével is csökkentheti egy lakóház energiafelhasználását az az új anyag, amelyet a közelmúltban fejlesztettek ki Oxfordban. Az alap a $GeTe_4$ tapasztalati képletű, felületekre nagyon vékony rétegben is felvihető bevonat, amely reverzibilis folyamatban kristályos formából amorffá alakul 280 és 450 °C között. Az amorf forma a napsütés infravörös komponensét visszaveri, míg a kristályos elnyeli és hővé alakítja, de közben a látható tartományban mérhető fényáteresztés alig változik. Ha megfelelő dópolással sikerülne a fázisátalakulás hőmérsékletét csökkenteni, akkor a hidegben fűtő, melegben hővisszaverő sajátosságú anyag jelentősen befolyásolná a modern épületek energiamérlegét.

ACS Photonics 9, 90. (2022)



Átlátszó jégmentesítés

A napelemek, autószélvédők és repülőgéplakok jégmentesítése fontos feladat, manapság a leggyakrabban etilén-glikol-alapú fagyállókat használnak erre a célra. Lényegesen célszerűbb és környezetbarátabb lenne, ha tartós bevonatokat alkalmaznának, de a ma ismeretes anyagok mind elnyelik a fényt. Kínai tudósok számoltak be olyan, kétdimenziós titán-karbid- és pozitív töltéseket tartalmazó poli(diallil-dimetil-ammonium)-alapú vegyületek kifejlesztéséről, amelyek a napfényt kb. 75%-át átvezetik ugyan, de a maradék egynegyed elnyelése jelentős hőt generál, és így jégmentesítésre is alkalmas.

Az első kísérletek szerint a bevonat üvegfelületen még -12 °C-os hőmérsékleten is jól működött: a napsütés hatására 15 percen belül leolvadt a jég.

Adv. Mater. 34, 210232. (2022)

Enzimbeton

A betonkészítés a becslések szerint az emberiség teljes széndioxid-kibocsátásának mintegy 9%-át okozza (közvetett módon).



Ezért is lehet nagy jelentősége annak a betonhelyettesítő építési anyagnak, amely enzimakatalizált reakcióban állítható elő úgy, hogy a levegőből közben széndioxid nyelődik el. Az új anyag homokból, zselatinból, egy kalciumsóból és kis mennyiségű szénsav-anhidráz enzimből készül hőkezeléssel. Kötési ideje nagyjából

24 óra, tehát rövidebb, mint a hagyományos betoné. A szerkezeti anyag sérüléseinek javítására is van lehetőség az enzim újbóli hozzáadásával. A jelenlegi becslések szerint az új anyag tömeges előállításával csak 10–15%-kal lenne drágább a betonnál.

Matter 5, 957. (2022)



Meteoritmolekula-mikroszkópia

Az atomerő-mikroszkópia az utóbbi időben egyedi molekulák leképezésére is alkalmasnak bizonyult. Egy új munkában egy meteoritból származó, vagyis Földön kívüli eredetű minta vizsgálatára is használták ezt a módszert. Ehhez elsősorban olyan fejlesztésre volt szükség, amelynek segítségével a kövfelszínen már erősen megkötött molekulákat az atomerő-mikroszkóp mintatároló hegyére lehet átvinni. Az új módszer megerősítette a korábbi, tömegspektrometriás mérések következtetéseit.

Meteorit. Planet. Sci. 67, 644. (2022)

Mihályi György



2022. február 7-én, életének 83. évében elhunyt Mihályi György, az Egis Gyógyszergyár Rt. korábbi műszaki igazgatója, vezérigazgató-helyettes.

Mihályi György a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán szerzett vegyészmérnöki oklevelet 1962-ben. Egész életében egyetlen munkahelye volt: az Egyesült Gyógyszer- és Tápszergyár, később Egis Gyógyszergyár Rt. Tudása és szorgalma révén 1967-ben üzemlabor-vezető, 1974-ben a vállalat legnagyobb hatóanyaggyártó üzemének vezetője, 1979-ben főmérnök lett, 1982-től műszaki igazgató és 1987-től vezérigazgató-helyettes volt. Ez utóbbi pozíciót nyugdíjba vonulásáig, 2007 őszéig töltötte be. Kivételesen hosszú idejű vezetői tevékenysége idején változott meg a gyógyszeripari szabadalmi helyzet, általánosan bevezették a GMP-t (helyes gyártási gyakorlatot), megvalósult a hazai piacgazdaság, az Egis magántulajdonba került és a tőzsdére lépett.

Mihályi György több mint negyed évszázadon keresztül meghatározó vezetője volt az Egis Gyógyszergyárnak. Ő alakította ki a termelés és minőségbiztosítás máig jellemző magas műszaki színvonalát. Vegyészmérnök és időközben megszerzett gyógyszervegyész szakmérnök képzettsége, valamint a pályája első szakaszában szerzett ismeretek és tapasztalatok alapján, továbbá három nyugati nyelvtudás birtokában a magyar gyógyszeripar egyik legkiválóbb szakmai vezetőjévé vált. A gyógyszerhatóanyag-gyártástól indulva vezetői tevékenysége kiterjedt a gyógyszertermékek előállítására, azok minőség-ellenőrzésére és minőségbiztosítására, valamint mindezen folyamatok tűz- és balesetvédelmi feltételeinek meghatározására, a műszaki fejlesztésre és nem utolsósorban az Egis gyárfejlesztésére. A gyárfejlesztés köréből kiemelt érdemmel az Egis harmadik gyártelepének létrehozása, melynek során Budapest peremkerületében, Mátyásföldön a korszerűségi követelményeknek maradéktalanul megfelelő, jelentős, új termelő- és kutatóbázis létesült. Ennek megvalósításában – a terület megszerzésétől, a koncepció kialakításán át a megvalósításig – Mihályi Györgynek elévülhetetlen érdemei vannak.

Szívügyének tekintette a környezetvédelmet. Törekedett arra, hogy a fejlesztések révén mérséklődjék a károsanyag-kibocsátás, hogy minél több anyagot hasznosítsanak újra, hogy csökkenjen a vállalati terület beépítettségének mértéke és egyre több területen legyen növényzet.

Mint vezérigazgató-helyettes figyelemmel kísérte a vállalat kutatási és kereskedelmi tevékenységét is, és alkotó módon közreműködött a munkában.

Minden feladatát igyekezett a legmagasabb szinten végezni. Cselekedeteit a racionalitás, a gazdaságosság és az előrehaladás igénye határozta meg.

Jó vitakészségű és meggyőző érvelőképességű, nyugodt modorú vezető, emellett a világra nyitott, sokoldalúságra törekvő, művelt és tanulásra kész ember volt. Sokat olvasott, és törekedett mindent a lehető legalaposabban megismerni. Komolyan érdeklődött a művészetek, különösen a zene és azon belül is az operák iránt. Kíváncsi volt a korábbi idők szellemóriáinak gondolkodásmódjára, világlátására és a múltbeli kultúrák világörökség részét képező maradványaira, tárgyi emlékeire.

Rendkívül családcentrikus ember volt, bármely családtagját bármikor szívesen támogatta. Mihályi György halálával egy igazi

személyiség, egy igaz ember távozott közülünk. Szeretettel és tisztelettel emlékezünk rá.

Blaskó Gábor

az Egis Gyógyszergyár Rt. volt kutatási igazgatója

Kitüntetések

Március 15. alkalmából Széchenyi-díjat kapott:

Keserű György Miklós vegyészmérnök, gyógyszerkutató, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása, a gyógyszerkémia és a kémiai biológia területén elért, nemzetközileg is kiemelkedő eredményei, iskolateremtő tudományos tevékenysége elismeréseként.

Magyar Érdemrend Lovagkereszt polgári tagozata kitüntetést kapott:

Hajós Péter vegyészmérnök, a Pannon Egyetem Mérnöki Kar Kémia Intézete Analtikai Kémia Intézeti Tanszékének nyugalmazott egyetemi docense.

Magyar Érdemrend Tisztikereszt polgári tagozata kitüntetést kapott:

Hangos Katalin, a kémiai tudomány doktora, a Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kara Villamosmérnöki és Informatációs Rendszerek Tanszékének egyetemi tanára,

Nagyné László Krisztina, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kara Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszékének egyetemi tanára,

Ohmacht Róbert, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Biokémiai és Orvosi Kémiai Intézete Analtikai Biokémia Tanszékének professor emeritusa,

Tóth Gábor, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kara Orvosi Vegytani Intézetének vezetője, egyetemi tanár.

A kitüntetetteknek gratulálunk és munkájukhoz további sikereket kívánunk!

HÍREK AZ IPARBÓL

Hogyan biztosítsuk a megfelelő szakembereket a vegyipar előtt álló kihívásokhoz?

A Magyar Vegyipari Szövetség (MAVESZ) 2022. március 3-án második alkalommal tartotta meg a vegyipar szakmai utánpótlásáról szóló konferenciáját, több mint 100 résztvevővel. A MAVESZ stratégiai feladatának tekinti a szakmai utánpótlás biztosításának előmozdítását, és ezen a területen egyre aktívabb szerepet vállal. A konferencia kitűzött célja volt, hogy az iparban, a természettudományos képzésben és a vegyipari szakképzésben érdekelt felek megismerhessék egymás álláspontját. A résztvevők mindegyike hangsúlyozta a természettudományos képzés fontosságát az általános iskolától a mérnökképzésig és azután, kiterjesztve a mérnök-továbbképzésre is.

Zsinkó Tibor, a MAVESZ elnöke megnyitó előadásában elmondta, hogy közös cselekvés szükséges ahhoz, hogy a kor kihívásainak meg tudjon felelni a vegyipar, aktív részt vállaljon a klíma-



Zsinkó Tibor
MAVESZ-elnök
előadása

semleges céloknak való megfelelésben és a szennyező vegyi anyagoktól mentes Európa megvalósításában. Ehhez jól képzett szakemberekre van szüksége a vegyiparnak. Jelenleg azonban nemcsak fiatal mérnökből, de középfokú szakemberekből is jelentős hiány mutatkozik a munkaerőpiacon.

Az okokat vizsgálva megállapíthatjuk: az alacsony természettudományos óraszám és a tanárhányi oda vezetett, hogy kevés a műszaki szakképzést választó fiatal, a végzősök gyakorlati ismeretei pedig hiányosak, az ő munkahelyi beillesztésük még további erőforrásokat igényel. A duális képzés, amely során a képzőhelyek a vállalatokkal közösen valósítják meg a gyakorlati képzést, a kis- és középvállalatok számára korlátozottan elérhetőek, pedig a vegyipari vállalatok többsége ebbe a kategóriába tartozik. A más szakmákban végzettek számára nem vonzó a vegyipar mint munkahely.

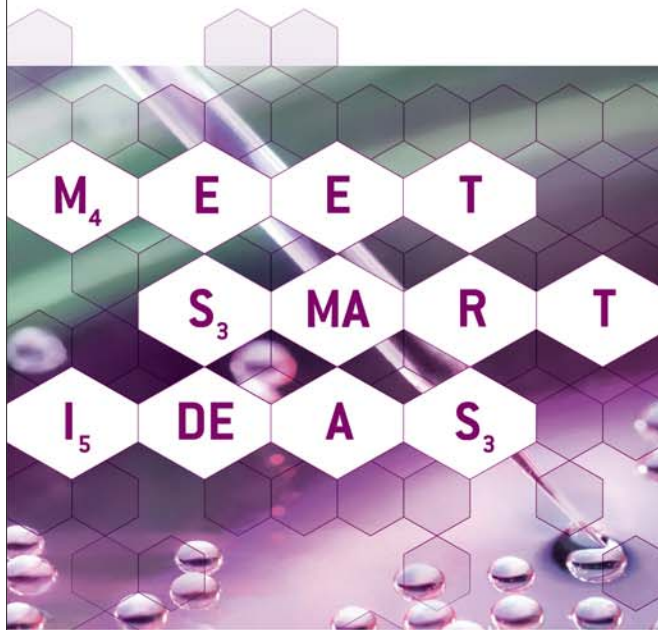
A MAVESZ kiemelt feladatákként kezeli a szakmai utánpótlás kérdését, a jövőben még nagyobb hangsúlyt helyez a párbeszéd elősegítésére, a szakmai fórumokon való megjelenésre, a kormányzati és a civil szervezetekkel való együttműködésre.

Kónya Marianna, a Debreceni Szakképzési Centrum Vegyipari Technikum szakmai igazgatóhelyettese előadásában azokra a kérdésekre kereste a választ, hogy mennyire szolgálja a megújult szakképzési rendszer a piac igényeit, találkozik-e a szakemberképzési kereslet és kínálat; megoldható-e a természettudományos műveltség kialakítása és a gyakorlatorientált képzés együttesen; mennyire állami feladat az oktatás minőségének biztosítása, mit tehetnek a vállalatok. A szakképzés rendszerét megújították 2019–2020-ban, az OKJ-t felváltotta a szakmajegyzék, kevesebb szakmával. A szakképzés rendszere teljesen megújult szerkezetében, tartalmában a duális képzés módszertanában és támogatási rendszerében is. Szemléletváltás történt: a szakma gyakorlati fogásainak oktatására törekveszenek, a vizsgáztatásban ezért új elemként a projektvizsgáztatás és a portfóliókészítés is megjelent. Kiemelte, hogy a minőség legfontosabb eleme a rendszer szereplői közötti kommunikáció javítása, így a munkaadók és a képzőközpontok közötti is.

A kémia oktatásának problémáit az alap- és középfokú szinteken Szalay Luca, ELTE TTK Kémiai Intézetének adjunktusa, az MKE Kémia tanári Szakosztályának képviselője ismertette. A természettudományos óraszámok csökkenése mellett a tananyag nem csökkent a felsőfokú oktatás belépési igényei miatt. A tanárok érdekérvényesítő képessége, a pálya presztízse évtizedek óta



MESSE
MÜNCHEN



NEW THINKING FOR THE LAB OF THE FUTURE.

Whatever the future may hold, you will first learn about it at analytica: the 28th world's leading trade fair for laboratory technology, analysis, biotechnology and analytica conference points the way to the networked lab. Exhibitors, an expert audience and experts from all over the world present and discuss specific solutions, relevant product innovations and digital visions. Secure your ticket now: analytica.de/ticket

Contact: Promo Ltd. Trade Promotion Services Ltd.
Tel. +36 1 224-7762, messemunchen@promo.hu



analytica

we create lab

June 21–24, 2022 | [analytica](https://analytica.de)
June 21–23, 2022 | [analytica conference](https://analytica.de)



csökken. Ez a természettudományos tanárok hiányához vezetett. A tanárképzés nehéz, sokan már az egyetem alatt kirotálódnak. A tanárok munkaterhei folyamatosan nőnek: sok az óra, helyettesítés, adminisztráció, miközben az érdekérvényesítési képesség alacsony a vezetéssel és a fenntartóval szemben. A kísérletezéshez sok helyen nem áll rendelkezésre eszköz és vegyszer, a tanárok munkáját túlnyomórészt nem segíti laborasszisztens. Mindez azt eredményezi, hogy sok a pályaelhagyó, egyre kevesebb a jól képzett gyakorló tanár. Ez megmutatkozik a tanulók csökkenő átlagtudásában, ugyanakkor néhány tehetséggondozó iskolában koncentrálnak a magas színvonalú képzés: ez szelektív iskolarendszert eredményez. Egyre több térség és iskola szakad le. A tanárszakra jelentkezők számának növelése, megtartásuk, felzárkóztatásuk, célirányos képzésük érdekében a tanárképzés átalakítása jelenleg folyamatban van. A 2022 szeptemberétől bevezetendő modell a tanárképzést elválasztja a diszciplináris képzéstől számukra optimalizált tananyaggal. Tervezik a Z-szak bevezetését: egyszakos természettudomány-tanárok képzését a „Z-generáció” számára, illetve az integrált természettudományos oktatási modellt. Nem kerülhető meg, hogy a pályaelhagyás anyagi kérdés is. Égető szükség van a differenciált tanári béremelésre, amely biztosítja az igazságosabb tanári életpályamodell és elismeri a minőségi munkát. Szükséges a tanárok munkakörülményeinek javítása is: biztosítani a módszertani segítséget és lehetőséget a kísérletezésre.

Tirpák Zsolt kancellár, a Debreceni Szakképzési Centrum Vegyipar Ágazati Készségtanács ITM által delegált tagja bemutatta, mit kínál a középfokú szakképzés a vegyiparnak. Bemutatta a szakképzés modelljét, ahol a gazdaság szereplői több ponton kapcsolódhatnak a rendszerhez, a duális képzésben pedig közvetlen szerepet vállalhatnak. Bár 2015 óta folyamatosan nő a szakképzésben résztvevők száma, a vegyipar szakmái nem népszerűek: sem az iskolarendszerű, sem a felnőttképzésben nincs az első 10-ben az iparág, kivéve a vegyészmérnök-képzés. A tartalmi és módszertani megújulás keretében 2022 végéig szakértők részvételével átdolgozzák a képzési és kimeneti követelményeket (KKK) és a programterveket (PTT). A digitális tananyagfejlesztés keretein belül 2022 végéig 90 szakma digitális tananyagai készülnek el. Rugalmas tanulási utakat alakítanak ki a szakképzésben a végzettség nélküli iskolaelhagyás és a lemorzsolódás csökkentésére. A következő időszak fontos feladata lesz a digitális kompetenciák megújítása és a zöld készségek beépítése a képzési és kimeneti követelményekbe.

A program panelbeszélgetéssel folytatódott, ahol a konferencia előadói közül az oktatás különböző szintű szereplői (Kónya Marianna, Szalay Luca, Tirpák Zsolt, Székely Edit) és a MAVESZ képviselőiben Klement Tibor alelnök vitatta meg az előadások-

A panelbeszélgetés résztvevői (balról jobbra): Szalay Luca, Kónya Marianna, Székely Edit, Tirpák Zsolt, Klement Tibor



ban elhangzottakat, valamint válaszoltak a hallgatóság kérdéseire. A beszélgetésbe bekapcsolódó résztvevők aktív hozzászólásokkal, véleményekkel segítették a problémás, fejlesztendő területek azonosítását. Ezek főként a tanárok megbecsülése, a természettudományos oktatás feltételrendszerének fejlesztése, a természettudományok megismertetése és vonzóvá tétele a gyerekek számára. A résztvevők egyetértettek abban, hogy a fejlődés kulcsa a szereplők közötti együttműködés, amelyben a MAVESZ megerősítette, hogy aktív szerepet kíván játszani a jövőben.

Hogyan készíti fel az egyetem a jövő mérnökeit a kor kihívásaira – fókuszban a vegyipar átalakulása a klímapolitikai célok teljesülése érdekében címmel Székely Edit, a BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karának egyetemi docense, oktatási dékánhelyettes tartott előadást. Az európai zöld megállapodás célkitűzései miatt minden iparágban szükség lesz környezetvédelmi fókuszú szakemberekre. Mind a vegyészmérnök-, mind a környezetmérnök-képzési célokban megjelenik a szükséges készségek kialakítása. A képzésen belül számos elem szerepel: az erős alapok, a fejlesztési-tervezési gyakorlat, az innovatív eljárások ismerete a széles látókört támogatják. A rövid betanulási időt viszont az alkalmazásorientált alapok, az ipari gyakorlat részletes ismerete segíti. Az oktatás megrendelőinek ellentétesek az érdekei és az elvárásai. Az ipar a gyakorlatorientáltságot, a rövid betanulási időt preferálja; a hallgatók gyakran dolgoznak munka mellett, ezért hasonlóak az elvárásaik. Leendő mérnökként azonban jobban segíti őket hosszú távú pályájukon a szélesebb alap, amellyel több pozícióban meg tudják állni a helyüket. A társadalom érdeke a fenntarthatóság, amit szintén a szélesebb látókör, az innovatív eljárások ismerete támogat. Nehéz eldönteni mi a helyes, ezeket egyensúlyban tartani, vagy a választhatóságot biztosítani. Együttműködésben lehet kidolgozni az optimális modellt, ahol a képzés és a módszertan kialakításában szerepel az ipar valós problémáinak, kihívásainak bemutatása, és a folyamat az ipar aktív részvételével zajlik.

A mérnöktovábbképzés helyzetét a világban és Magyarországon Árpád István, a Vegyészmérnökök Integrált Egyesületének elnöke ismertette. Az oktatásban paradigmaváltás következett be, csak az élethosszig való tanulás biztosítja a naprakész szakmai tudást. A formális oktatáson túl megjelent a nem formális oktatás, ami nem intézményi keretek között történik, strukturált tanulási idővel, célokkal és támogatással rendelkezik, de nem vezet képesítéshez. Az Európai Unió Memorandum on Lifelong Learning (2000) kiadványa kiemeli, hogy a nem formális tanulás megértésének és elismerésének módját javítani kell.

A mérnöktovábbképzésben részt vesznek az egyetemek a szakmérnökképzésekkel, ahol sokszor probléma a gyakorlatorientáltság hiánya. A nemzetközi gyakorlatban a mérnök kamarák végzik a jogosultsággal rendelkezők továbbképzését, itthon nincs ilyen jellegű képzés. A profitorientált intézmények oktatásai nem strukturáltak vegyészmérnöki szempontból, főleg az ISO szabvány ismeretere koncentrálnak. A fejlett ipari országokban a szakmai egyesületek és ezek intézményei látják el a mérnöktovábbképzés feladatait. Megvan a tudásbázisuk, saját oktatási programmal rendelkeznek. A Vegyészmérnökök Integrált Egyesületének célja, hogy a fejlett ipari országok egyesületeihez hasonló szerepet játsszanak a mérnökoktatás területén is. Első lépésként meghirdették a „Beszélgetések a szakmáról” program-sorozatukat.

Szabóné Bánfalvi Marianna, a BorsodChem Zrt. HR-igazgatója bemutatta, hogyan gondolták újra a vegyészképzést Kazincbarcikán, ahol a foglalkoztató a BorsodChem Zrt. A korábban jelen-



tős középfokú szakoktatás és felsőoktatás megszűnt a városban. Az elvándorlás, a megszűnő szakképzés, a felsőfokú képzés javára eltolódó oktatási struktúra jelentős hiányt okoz a középfokú végzettségű munkavállalók körében. A vállalatnak ezért új szerepeket kellett felvállalnia: pályaorientáló, lobbista, szemléletformáló, innovátor és koordináló is kell legyen. Az iskolarendszerben végzettek száma nem fedezte még a vállalat igényeit sem, pedig a térség más vállalatai is jelentős vegyipari foglalkoztatottak. Az átképzés volt a megoldás, ahol a BorsodChem finanszírozásába ment át a képzés, 2021-től pedig saját BorsodChem rendszerkezelő iskolát indítottak. A Páratlan Négyes stratégiai összefogás a Miskolci Egyetem, az Irinyi János Református Oktatási Központ, Kazincbarcika város és a BorsodChem Zrt közreműködésével egy Vegyipari Képzőcentrum kialakítására, ahol helyben biztosítják a középfokú és felsőfokú vegyész szakemberek képzését, életpályamodellt nyújtva számukra. Ennek első eredményeként 2022-től elindul a kihelyezett vegyész mérnök-képzés Kazincbarcikán.

A konferencián világossá vált, hogy az ipar, a kormányzat és az oktatás szereplői egyaránt érzékelik a problémákat, de eltérő mértékben. A nézőpontok jelentősen különböznek, miközben az idő sürget, a szakemberhiány veszélyezteti nemcsak a jövő céljait, de a mai gazdasági tevékenységet is. Egyetértés van a felek között abban, hogy a párbeszéd visz előre a megoldások felé, az iparnak szorosabbra kell fűznie a kapcsolatát az oktatással. Azt, hogy hol van a határ a feladatok teljesítésében, az erőforrásokat hogyan lehet okosan felhasználni, pontosan meg kell határozni. A MAVESZ elkötelezett abban, hogy ezt a párbeszédet elősegítse, aktívan részt vegyen a döntéshozatalban és támogassa a természettudományos, ezen belül kiemelten a kémiaoktatást.

Írta és szerkesztette:
Tóth Angelika és Szabó Csaba
a MAVESZ EBK a MAVESZ
igazgatóhelyettese igazgatója

A MOL-csoport felvásárolta a ReMat-ot, Magyarország piacvezető műanyag-újrahasznosító vállalatát

A ReMat Magyarországon piacvezető a műanyagok újrahasznosításában, amelyhez kommunális és ipari eredetű műanyag hulladékot használ fel. A vállalat többféle polietilén és polipropilén regranolátumot állít elő és egyedi igények szerinti termékek széles választékát kínálja. A ReMat vezető gyártók automata szelektáló rendszerével, tisztító és regranoláló berendezéseivel rendelkezik, amelyek évente akár 25 000 tonnát is képesek feldolgozni. Ezzel a felvásárlással a MOL képes lesz egyedi igényeknek megfelelő műanyag- és újrahasznosított megoldásokat kifejleszteni, hogy teljesíteni tudja ügyfelei egyre növekvő igényét az újrahasznosított anyagok iránt.



A MOL-csoport tavaly februárban indította el „Shape Tomorrow” 2030+ stratégiáját, amelyben még nagyobb fókuszot kapnak a fenntarthatósági célok. A stratégia egyik fő pillére a körforgásos gazdaság integrálása a MOL működésébe, ezért a vállalat egymilliárd dollárt fektet be a következő öt évben alacsony széndioxid-kibocsátású és fenntartható projektekbe. A hulladékok feldolgozása és hasznosítása az új fenntartható megközelítés egyik kulcseleme.

A MOL a már végrehajtott beruházások mellett folyamatosan keresi a lehetőségeket annak érdekében, hogy növelje az újrahasznosított anyagok arányát termékportfóliójában. Az első lépést 2019 novemberében tette meg az Aurora Kunststoffe GmbH, egy újrahasznosított műanyag-alapú kompaundgyártó cég felvásárlásával Németországban. Az Aurora és a ReMat évi 40 000 tonna összkapacitásával a MOL fenntartható kompaundok és regranolátumok széles választékát kínálhatja az autóipar és a csomagolóipar számára. A MOL stratégiai partnerséget kötött a német APK vállalattal is, amely úttörő szerepet játszik a műanyag-újrahasznosítási technológia fejlesztésében, és amelynek oldószeralapú eljárása képes kiváló minőségű polimereket előállítani komplex műanyag hulladékból. A közelmúltban a MOL stratégiai partnerséget kötött a svájci Meraxis céggel, hogy a jövőben a poliolefin rekompoundok fejlesztését és gyártását előmozdítsa. A MOL a vegyi újrahasznosítás területén is tervez beruházásokat, és komoly lépéseket tesz a további hulladékgazdálkodási tevékenységek irányába.

Bacsur György
MOL Nyrt.

Vegyipari mozaik

Vegyipari beruházást indít a MOL Tiszaújvárosban. Polipropilénüzemet épít a MOL Nyrt. Tiszaújvárosban, mely 65 millió forint értékű beruházás.

Az új, zöldmezős beruházás a hosszú távon is versenyképes munkahelyek megteremtése mellett az üzem évi 100 000 tonna propilént fog előállítani, amely fedezi fogja a MOL alapanyag-szükségletének 25%-át, illetve komoly fejlődést jelent a vállalat vegyipari átalakulásában.

Az üzem biztosítja a szükséges propilént az épülő poliol-komplexumnak is, mely elő-segíti Tiszaújváros fejlődését is.

Az új üzem a MOL-csoport frissített Shape Tomorrow 2030+ stratégiájába illeszkedik, vagyis a vállalat a nem motorüzem-



anyag típusú termékek arányát folyamatosan tudja majd növelni a fejlesztés segítségével. Terveik között szerepel, hogy Tiszaújvárost a régió elsőszámú vegyipari központjává emelik, ehhez 4,5 milliárd dollár beruházást fordítanak erre a célra.

„A MOL olyan vegyipari központtá fejlesztette Tiszaújvárost az elmúlt 5–10 évben, amely bátran versenyezhet a legmodernebb petrokémiai metropoliszokkal. Felépült a butadiénüzem, a japán együttműködéssel működő mógumiüzem, és ebben a városban kapott helyet az elmúlt harminc év egyik legnagyobb ipari beruházása, az 1,3 milliárd euróból épülő poliol üzem is” – mondta Hernádi Zsolt, a MOL-csoport elnök-vezérigazgatója az alapköltés alkalmából.



Az üzem megépítése több ezer munkahely megteremtése mellett a magyar beszállítók aránya 50% körüli. A tervek szerint 2024-től indul meg az üzem működése, mely 30-40 új, hosszú távon is versenyképes munkahelyet teremt.

A magyar kormány 5 milliárd forinttal támogatja az üzem megvalósítását. (<https://www.portfolio.hu/uzlet/20190927/12-milliard-eurobol-epit-uzemet-a-mol-402231portfolio.hu>)



Biodízelgyártó üzem épít a MOL-csoport és a Rossi Biofuel Komáromban. 2022 márciusában ünnepélyes keretek között felavatták a Rossi Biofuel új üzemét Komáromban, mely a bioüzemanyagok mennyiségét fogja megnövelni Magyarországon. Az új biodízel kapacitás évi 50 000 tonna. Az előállítás Európában egyedülálló technológiával történik majd a MOL-csoport és az Envien Group segítségével, amellyel 85% feletti értékben érhető el az üvegházhatású gázmetakarítás.

A 45 millió eurós, barnamezős beruházással épült üzem alapozási munkái 2020 júniusában kezdődtek. Az üzem az osztrák BDI-BioEnergy International GmbH RepCat technológiáját alkalmazza, amely a különböző típusú és eredetű zsíros hulladékok, például a használt étolajok, a (olaj- és) zsírfogók anyagainak, az állati zsiradékok vagy a növényi olajgyártásból származó maradékok feldolgozását is lehetővé teszi. Az így előállított biodízel az egyik legklimabarátabb üzemanyagnak számít.

„Elhoztunk Európába egy olyan egyedülálló technológiát, amellyel szinte bármilyen zsiradékból tudunk bioüzemanyagot előállítani. Hatalmas siker ez mindannyiunknak, hiszen a MOL-csoport frissített stratégiájának a körforgásos gazdaság az egyik alappillére. Hitet tettünk amellett, hogy minél több hulladékot hatékonyan újrahasznosítunk, és egyre fenntarthatóbb megoldásokkal szolgáljuk ki a világ növekvő energiaigényét. Az energiaátmenet hosszú és összetett folyamat, de ez a beruházás is jól példázza, hogy a megfelelő technológiával, a hulladékok felhasználásával igenis környezetbarátabbá lehet tenni a hagyományos üzemanyagokat” – mondta Világi Oszkár, a MOL vezérigazgató-helyettese.

Az üzem megépítésével a cél, hogy a Rossi Biofuel megfeleljen a megújuló közlekedési célú energiahordozókra vonatkozó Uniói szabályoknak. A Rossi Biofuel termékét biokomponensként a gázolaj gyártásához használják fel a MOL százhalmattai és pozsonyi finomítójában. (<https://www.tisztaujovo.hu/oko-drive/2022/03/17/biodizel-uzemet-adtak-at-komaromban>)



Az AbbVie és a Richter Gedeon neuropszichiátriai betegségekre kiterjedő együttműködést jelentenek be. A Richter Gedeon Nyrt. és az AbbVie 15 éve működnek együtt központi

idegrendszeri projekteknél. Ezúttal új, közös fejlesztési és licencszerződést kötnek. Céljuk olyan innovatív dopamin receptor modulátorok kutatása, fejlesztése és értékesítése, amelyek neuropszichiátriai betegségek kezelésére lehetnek alkalmasak.

„A Richterrel együttműködve tovább folytatjuk a kutatásokat, melyek célja a cariprazine klinikai farmakológiájának mélyebb megértése és új dopamin receptorokat célzó molekulák vizsgálata” – mondta Tom Hudson, kutatás-fejlesztési elnökhelyettes, az AbbVie tudományos igazgatója.

„Nagy örömmel tölt el az AbbVie-val meglévő együttműködést kiterjesztő új szerződés, mivel olyan új termékek fejlesztése előtt nyitja meg az utat, melyek világszerte segíthetnek csökkenteni számos neuropszichiátriai betegséggel együtt járó pszichiátriai és kognitív tünetek súlyosságát, ezáltal javítva ezen betegek életminőségét” – jegyezte meg Orbán Gábor, a Richter vezérigazgatója. Az együttműködés mind preklinikai, mind klinikai K+F tevékenységeket egyaránt tartalmaz, amelyek költségeit Richter és az AbbVie megosztják. A megállapodás szerint az AbbVie kizárólagos globális értékesítési jogokkal bír, kivéve azokat a területeket, amelyek a Richter hagyományos piacainak tekinthetők, úgy mint: a földrajzi Európa, Oroszország, az egyéb FÁK országok, valamint Vietnám. (<https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/media/220311>)



Csökkenti a műanyagfelhasználást a magyar Coca-Cola. A Coca-Cola Magyarország új beruházás keretein belül évente közel 230 tonnával csökkenti a műanyagfelhasználását az országban új technológia felhasználásával. Az alumíniumdobozos termékek multipack csomagolásai során vezetnek be innovatív technológiát. A 4-es és 6-os kiszerezésű multipack esetében használt zsugorfóliát 100%-ban újrahasznosítható kartoncsomagolásra cserélik: a megadott kiszerezésben értékesített termékeket erős kartonpapír tető fogja össze.



A vállalat az újítások révén 15 millió euró értékű befektetéssel az Európai Unióban évente hozzávetőlegesen 2000 tonnával csökkenti a műanyagfelhasználását.

A Coca-Cola globális céljai között szerepel, hogy termékek 25%-ánál újrahasznosítható csomagolást fognak használni 2030-tól, az italok legalább 25%-át újratölthető vagy visszaváltható üveg- vagy műanyag palackokban, újratölthető tartályokban fogja értékesíteni. Napjainkban nagyon fontos a környezetvédelem, az újrahasznosítható csomagolások használata, mely elősegíti a körforgásos gazdaságot, illetve segít csökkenteni a karbonlábnyomot. (<https://www.portfolio.hu/uzlet/20220323/a-magyar-coca-cola-evi-230-tonnaval-csokkenti-a-muanyagfelhasznalast-534977>, <https://www.coca-cola.hu/markak/coca-cola>)



Napelempark épül Sümegen. A tervek szerint 2024 tavaszára készül el a napelempark Sümegen. A fejlesztés energiapolitikai szempontból új korszakot nyit a térség életében, mely várhatóan új befektetéseket vonz majd. A csaknem 40 millió eurós (15 milliárd forint) költségvetésből megvalósuló 25 megawatt teljesít-



ményű napelemparkhoz 6 megawatt tárolókapacitás tartozik, mely Magyarországon egyedülálló, folyamatos energiaellátást biztosít. Az új napelempark vanádiumalapú, ezért hosszabb élettartamú, a korábbi lítiummal működő tárolókhoz képest. (<https://www.tisztajovo.hu/megujulo-energiaforrasok/2022/03/23/napelempark-epul-sumegen>)

Dobó Dorina összeállítása

MKE-HÍREK

Rendezvénynaptár (2022)

| | | |
|-------------------|--|----------------|
| május 20. | Küldöttközgyűlés | Budapest |
| június 15–17. | Vegyészkonferencia | Eger |
| június 26–30. | 18 th European Student Colloid Conference | Szeged |
| | Varázslatos Kémia nyári tábor | |
| szeptember | Biztonságtechnika Szeminárium 2022 | |
| szeptember 7–10. | 18 th Central European Symposium on Theoretical Chemistry | Balatonszárszó |
| szeptember 23–24. | XIX. Országos Diákvegyész Napok | Sáropatak |
| október | Őszi Radiokémiai Napok | |
| november 24. | Kozmetikai Szimpózium | Budapest |

Magyar Kémikusok Egyesülete Küldöttközgyűlés

Időpont: 2022. május 20. 10:00

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

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

A regisztráció 9:00-tól kezdődik.

A közgyűlési dokumentumok honlapunkról letölthetők.

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

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

utal át a NAV Egyesületünknek.

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

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

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

Az MKE adószáma: 19815819-2-41

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

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

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

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVII. No. 5. May

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| <i>Ion mobility mass spectrometry – research and family.</i> | |
| <i>An interview with Gitta Schlosser</i> | 134 |
| PÉTER SZALAY | |
| <i>Chemistry education without teacher education?</i> | 137 |
| LAJOS LUDÁNYI | |
| <i>Another way round – chemistry teaching some decades ago</i> | 141 |
| JUDIT SZÁNTAY-IMRE | |
| <i>Another way round – memory bits from my teachership</i> | 144 |
| ERIKA FODOR | |
| <i>Whom was it named after? Ohm's law</i> | 148 |
| GYÖRGY INZELT | |
| <i>Creation and demography of scientific journals</i> | 150 |
| TIBOR BRAUN | |
| <i>Attractive (geo)chemistry: chemical approach to magnetite, Mineral of the Year 2022</i> | 153 |
| ANDREA VARGA and BÉLA RAUCSIK | |
| Book-review | |
| <i>Examples for using HPLC-triple quadrupole tandem mass spectrometry in food, bio- and textile analyses by Ádám Tölgyesi</i> | 157 |
| LÁSZLÓ LELIK | |
| <i>Chembits</i> | 158 |
| GÁBOR LENTE | |
| Obituary | |
| <i>György Mihályi</i> | 160 |
| GÁBOR BLASKÓ | |
| <i>News of the Month</i> | 160 |



Lépje át a határokat

eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

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

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

UNICAM