A TARTALOMBÓL:

- Kutatások az SZTE Gyógyszerkémiai Intézetében
- Egy világváros rejtőzködő arca
- A gépkocsikban utazók védelme és a nátrium-azid
- Híresek és kémikusok

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXII. ÉVFOLYAM • 2017. OKTÓBER • ÁRA: 850 FT



A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült

vario TOC cube

110 év tapasztalat ereje a gyakorlatban !

automata mintaváltás folyadék és szilárd mintákhoz

0,003 – 60 000 mg/l TOC

0,020 – 50 000 mg/l TN



szelektív só és hamu leválasztó

zajmentes digitális detektálás

égetés 900 - 2 000 °C

lépcsőzetes kiépíthetőség

internetes távfelügyelet

automata kalibráció

10 év kemence-garancia

AKTIVIT Kft.
1145 Budapest, Pétervárad u. 14.
Tel: +36-(1)-470-0125, 221-7865.
Fax: 252-9940, Mail: info@aktivit.hu, web:www.aktivit.hu
Környezetvédelmi műszerek, analitikai eszközök

elementar
EXCELLENCE IN ELEMENTS

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA
HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL
LXXII. évf., 10. szám, 2017. október

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

Szerkesztőség:
Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
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, SZEKERES GÁBOR örökös főszerkesztő, ANTUS SÁNDOR, BECK MIHÁLY, BIACS PÉTER, BUZÁS ILONA, HANCSÓK JENŐ, JANÁKY CSABA, KALÁSZ HUBA, KEGLEVICH GYÖRGY, KOVÁCS ATTILA, LIPTAY GYÖRGY, MIZSEY PÉTER, MÜLLER TIBOR, NEMES ANDRÁS, ifj. SZÁNTAY CSABA, SZABÓ ILONA, TÖMPE PÉTER, ZÉKÁNY ANDRÁS

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

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

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA
Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.
Nyomás: Pauker Nyomda
Felelős vezető: VÉRTES GÁBOR ügyvezető igazgató

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

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements: SÜLI ERIKA

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

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

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2017.10

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

KEDVES OLVASÓK!



Kicsit személyes hangvételű köszöntőt olvashatnak. Kora ősszel többször megfordultam a Fiumei úti temetőben. Augusztus 31-én temettük Beck Mihály akadémikust, a Debreceni Egyetem emeritus professzorát, a Debreceni Egyetem és a Szegedi Tudományegyetem díszdoktorát, a nemzetközi hírű kémikust. Tőle tanultam a kémia egyetemi szintű alapjait, és egyik meghatározó személyisége volt tudományos pályám alakulásának. Családja, munkatársai, pályatársai, budapesti, debreceni és szegedi kollégái, barátai és tisztelői búcsúztatták. Sokan voltunk. Megható, szeretetteljes, bensőséges búcsú volt.

Szeptember 19-én – végakaratának megfelelően – Oláh György Nobel-díjas, Corvin-lánccal kitüntetett, Széchenyi-nagydíjas kémikust temettük. Oláh György karbokationos kémiai kutatásaiért kapta a legmagasabb tudományos elismerést. Az ő kutatásai alapozták meg például azt is, hogy a benzinkutak többségéből eltűnt az ólmozott benzin, és ezért egy toxikus elem ma már sokkal kevésbé terheli a környezetünket. Nagyszabású temetés volt, sokan voltunk.

Most, hogy rövid időn belül kétszer is megfordultam a sírkertben, elgondolkodtam. Nemzetünk hány kiemelkedő személyisége, tudósa, művésze (ebben a hónapban temették oda Makk Károly világhíres filmrendezőt, akinek olyan filmek fűződnek a nevéhez, mint a Liliomfi, a Macskajáték vagy a Szerelem), politikusa nyugszik ott. Megfontolandó, hogy magányunkban vagy párunkkal, családunkkal elsétáljuk a Fiumei Úti Sírkertbe és megnézegessük nagyjaink síremlékét, elgondolkodjunk eleinken, személyiségükön, tetteiken, tanuljunk életükből. Hasznunkra válhat.

Azután hazamenve, könnyű olvasmánynak elővehetjük lapunk októberi számát és meríthetünk belőle új ismereteket, szakmai híreket, információs mozaikokat a kémia mai és közelmúltbeli világából. Reméljük, e hónapban is szolgálunk hasznos olvasnivalókkal.

2017. október



Kiss Tamás
felelős szerkesztő

TARTALOM

HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTATKOZÁSA
Fülöp Ferenc, Forró Enikő, Kiss Loránd, Szakonyi Zsolt, Szatmári István, Ötvös Sándor: Kutatások az SZTE Gyógyszerkémiai Intézetében **306**

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY
Braun Tibor: Gyémántsatuba szorított kémia. Atomok és molekulák viselkedése nagy nyomáson **314**

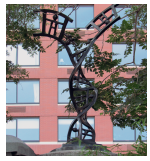
KÖNYVISMERTETÉS
Hudecz Ferenc: Egy világváros rejtőzködő arca *(Hargittai István és Hargittai Magdolna könyvéről)* **318**
Hargittai István, Hargittai Magdolna: New York-i séták a tudomány körül. Részletek **319**

KITEKINTÉS
Lente Gábor: Híresek és kémikusok. Bud Spencer **324**
Kutasi Csaba: A gépkocsikban utazók védelme és a nátrium-azid **325**

OKTATÁS
Kisvárdai Melinda, Kisvárdainé Fábián Erika, Kisvárdai Antal: A hulladékgyűjtés gyakorlata a kémia- és más természettudományos laborokban **330**

VEGYÉSZLELETEK
Lente Gábor rovata **332**

A HÓNAP HÍREI **334**



Címlap:
Kettős hélix. Tom Otterness szobra, amely a másolási mechanizmust is ábrázolja, New York déli részén, a Battery Park City szoborparkjában áll (Hargittai Magdolna felvétele)

Fülöp Ferenc – Forró Enikő – Kiss Loránd – Szakonyi Zsolt – Szatmári István – Ötvös Sándor

Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszerkémiai Intézet

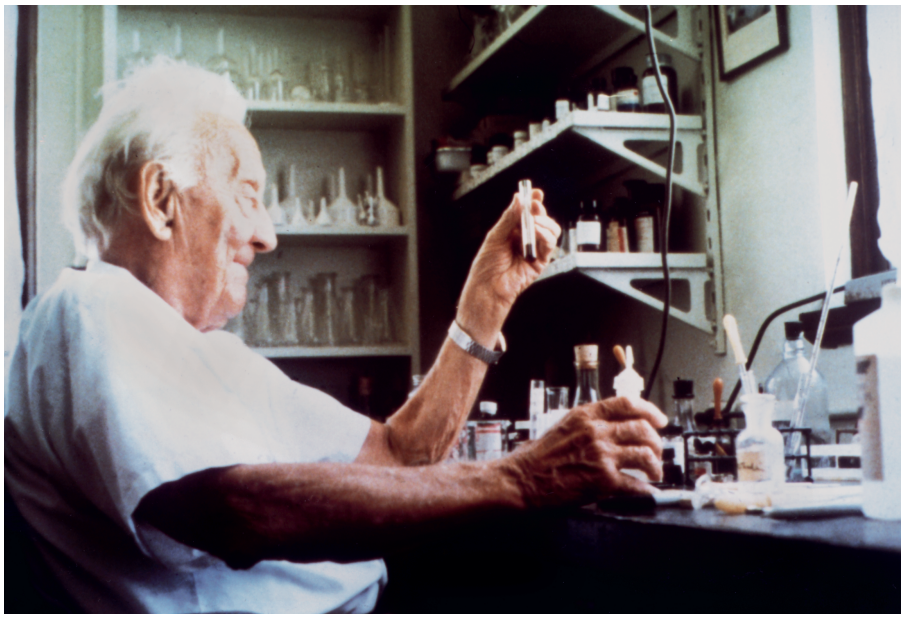
Kutatások az SZTE Gyógyszerkémiai Intézetében

A Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Karán a Gyógyszerkémiai Intézet létrejöttekor az egyetem I. számú Vegytani Intézetéből vált ki 1947-ben Gyógyszerészi Vegytani Intézet néven, Kőszegi Dénes professzor vezetésével. Az I. sz. Vegytani Intézet megbízott vezetője 1935 és 1940 között Szent-Györgyi Albert professzor volt, aki egyidejűleg az Orvosi Vegytani Intézet igazgatói teendőit is ellátta. Az 1937-ben orvosi Nobel-díjat elnyert nagy elődre, Szent-Györgyi Albertre az Intézet oktatói, kutatói büszkeséggel tekintenek.

Kőszegi Dénes, majd utódja, Vinkler Elemér gyógyszer-analitikai kutatásokat folytatott. A szerves és gyógyszerkémiai kutatások Bernáth Gábor professzor vezetésével 1979-ben kezdődtek. Bernáth professzor tanszékvezetése alatt az Intézet kutatómunkáját igen magas szintre emelte elsősorban a telített heterociklusok területén. Az Intézetben az évek során hárman szereztek akadémiai doktori fokozatot (Szabó János, 1989, Stájer Géza, 1989 és Fülöp Ferenc, 1990). Ez idő alatt az Intézet a gyógyszerkutatás komoly fellegvárává vált, publikációs tevékenysége kiemelkedő lett.

A Gyógyszerkémiai Intézet vezetését 1998-ban vette át Fülöp Ferenc. Az adott kutatási profilt fokozatosan alakította át. Az Intézet kutatási stratégiájának kialakítása kulcskérdés volt. A Gyógyszerkémiai Intézet természetszerűleg gyógyszerkutatással kell, hogy foglalkozzék, tehát a gyógyszerkutatási profil megteremtése, folyamatos fejlesztése az egész Intézet számára kiemelt és egységesen kezelendő feladat. Ugyanakkor az itt elért eredmények publikálása gyakorta nem, vagy csak jelentős késéssel lehetséges. Ezért a kapcsolódó alapkutatások legalább ilyen fontosak, hisz a publikációk minősége, száma alapján ítélik meg az Intézet és a kutatók pályázatait. A stratégia fontos része volt tehát, hogy olyan, a gyógyszerkutatással kapcsolatos alapkutatási tevékenységeket is folytassunk, melyek föltétlen érdeklődésre tartanak számot, az eredményeket színvonalas nemzetközi szintű folyóiratokban publikálhatjuk. Ennek az iránynak a kialakítása azért is fontos, mert a PhD-képzésben részt vevő hallgatók eredményeit folyamatosan, lehetőleg rövid időintervallumban publikálni kell.

Szent-Györgyi Albert (1893–1986)



Ezen alapkutatások kétféle irányultságúak voltak: egyrészt új, modern technikákat honosítottunk meg, másrészt a szerves szintetikus kémiában olyan vegyületek szintézise irányába törekedtünk elmozdulni, melyek sokféleképpen továbbalakíthatók, több királis centrumot tartalmaznak stb. A modellvegyületek elsősorban ciklusos β-aminosavak voltak, melyek közül kiemelkedő jelentőségű a természetben is előforduló, kiváló gombaellenes hatású ciszpentacin. A tématerület folyamatosan bővült és terebélyesedett [1–5].

Stratégiának része volt, hogy széles körű kooperációt folytattunk hazai és külföldi kollégákkal. Ezek a kooperációk szinergikus hatásúnak bizonyultak, jelentősen kiegészítették/kiegészítik kutatási tevékenységünket. A külföldi kutatókkal való együttműködések gyakorta adtak lehetőséget a PhD-hallgatók, fiatal posztdoktorok külföldi egyetemeken való kutatására is. A kutatómunkákhoz a kiváló és ambiciózus munkatársak mellett szükség volt nagyszámú tehetséges és tanulni vágyó PhD-hallgató munkájára is. A megfelelő műszeres háttér biztosítása szintén elengedhetetlen, erre folyamatos pályázásokkal sikerült az anyagiakat is biztosítani.

Az egyes témákhoz folyamatosan hazai és külföldi ipari együttműködések is kapcsolódtak. Ezek eredményei legtöbb esetben gyógyszerkutatási irányultságú szaba-

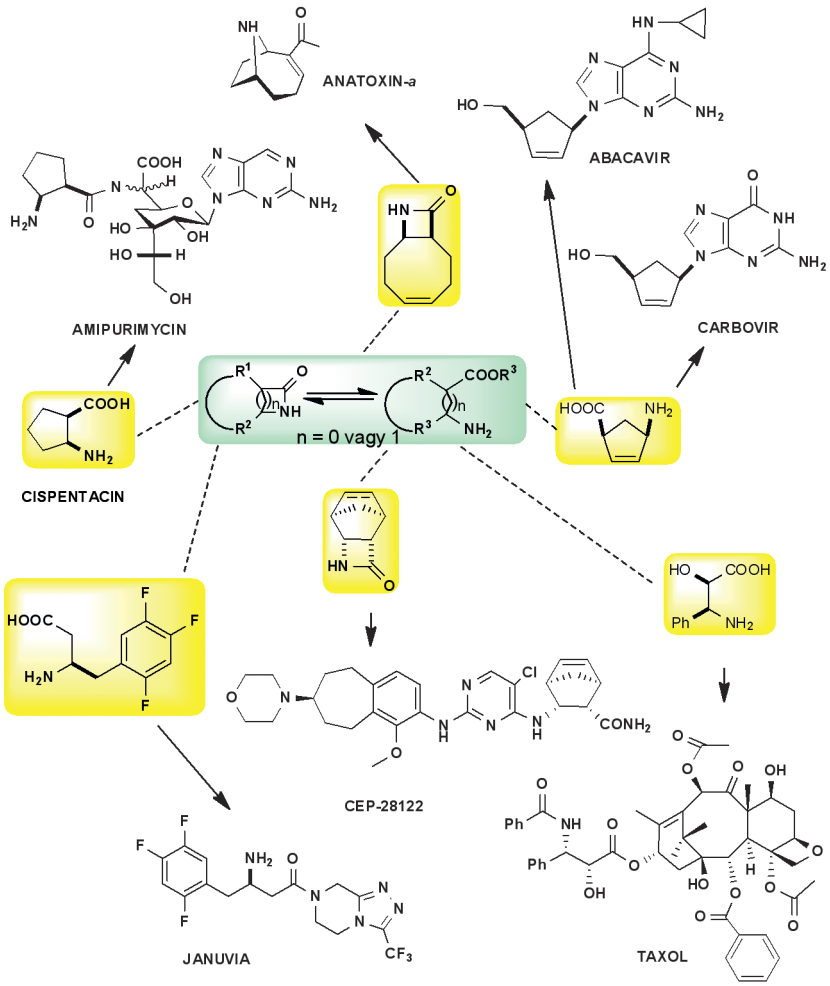
dalmi bejelentésekben testesültek meg [6–12]. Ugyanakkor az Intézet innovatív kutatómunkáját jelzik a metodikai tartalmú szabadalmak is [13–16].

Az érdekes kémia mellett minden területen folyamatosan törekedtünk/törekedünk a bioaktív vegyületek, természetes anyagok szintézisére is. A legfontosabbnak ítélt tématerületek (enzimkémia, aminosavak szelektív funkcionalizálása, terpénkémia, heterociklusos kémia, áramlásos kémia) rövid bemutatása szemlélteti az Intézet sokszínű kutatómunkáját. (A foldamerek kémiájáról egy későbbi lapszámban jelenik meg írás Martinek Tamás tollából.) Az eredeti közlemények mellett a főbb területekről kiemelkedően elismert helyeken jelentettünk meg összefoglaló közleményeket is [1–5].

Enzimkatalizált reakciók

Az enantiomertiszta természetes anyagok szintézisére irányuló törekvéseknek, valamint a korszerű gyógyszerkutatási és gyógyszerbevezetési elveknek (enantiomertiszta farmakonok előállítása) megfelelően, az Enzimes laboratóriumban farmakológiai vagy kémiai szempontból jelentős enantiomerek enzimes előállításán dolgozunk. Egyik fő célkitűzésünk hatékony, egyszerű direkt és indirekt enzimes módszerek fejlesztése és méretnövelése enantiomertiszta értékes β- és γ-laktámok és β- és γ-aminosavak szintézisére (**1. ábra**), a megfelelő laktámok szerves közegű enantioszelektív ($E > 200$) gyűrűnyitásán vagy karbociklusos *cisz-* és *transz*-aminoészterek enantioszelektív hidrolízisén keresztül [17].

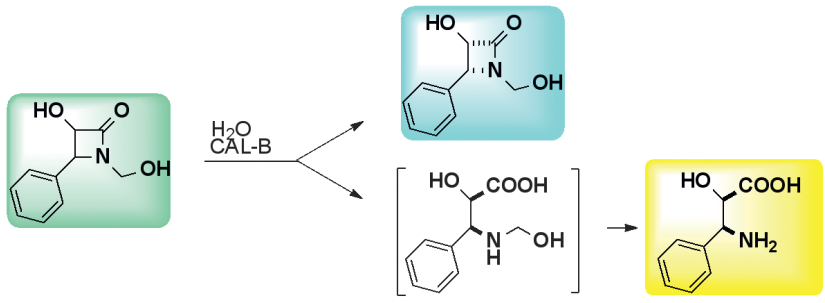
A célnak megfelelően, számos enzim katalizált kinetikus (a termékek elméleti max. 50%-os termeléssel képződhetnek) és szekvenciális kinetikus rezolválást dolgoztunk ki, például előállítottuk a ciszpentacint [(1*R*,2*S*)-2-amino-1-ciklopentánkarbonsav, *ee*≥98%, gombaellenes aktivitás] és 8 új analóg és homológ származékát. Kidolgoztunk egy új enzimes eljárást mind aktivált, mind pedig szabad *NH* funkciót tartalmazó γ-laktámok enantioszelektív hidrolízisére, és segítségével preparatív mennyiségben (> 10 g) állítottuk elő többek között az *Abacavir* és *Carbovir* (antivirális hatású gyógyszerek) szintézisének kulcsintermedierjét [(1*S*,4*R*)-4-aminociklopent-2-én-1-karbonsav, *ee* ≥ 96%]. Kidolgoztuk az első enzimes utat a 2-es típusú diabétesz kezelésére alkalmazott Januvia intermedier (*R*)-3-amino-4-(2,4,5-trifluor-fenil)butánsav (*ee* ≥ 96%) szintézisére. A reakciókat általában szerves oldószerben végeztük, de optimalizáltunk rezolválást szuperkritikus, illetve oldószermentes közegben is. Utóbbi *zöld* módszert sikeresen alkalmaztuk a ciszpentacin és különböző enantiomer származékainak szintézisére. Ezen módszerek kiemelendő előnye, hogy a termék enantiomerek; laktám és aminosv, illetve aminoészter és aminosav egyszerű szerves-vizes extrakcióval szétválaszthatók. Új típusú szekvenciális kinetikus rezolválást [18], majd a közelmúltban egy kétlépéses enzim katalizált stratégiát [19] dolgoztunk ki, többek között a daganatos megbetegedések kezelésére használt Taxol oldallánc kulcsintermedierje, a (2*R*, 3*S*)-3-fenilizoszerin (*ee* > 98%) előállítására. Utóbbi eljárás különlegessége, hogy az aktiváló hidroximetil-csoport a laktám enzimes gyűrűnyitásával egy időben távozik, *in situ* lebomlik és eredményezi a kívánt aminosavat (**2. ábra**).

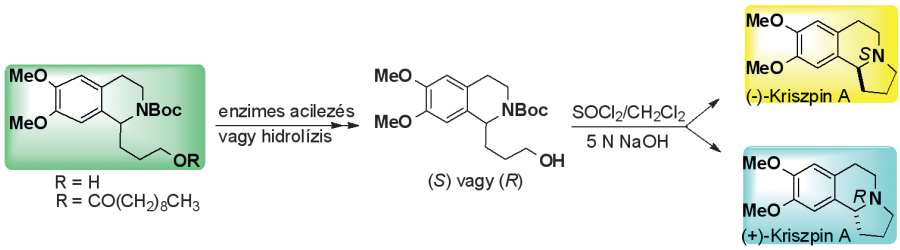


1. ábra. Biológiailag aktív β- és γ-laktámok és β- és γ-aminosavak szintézise

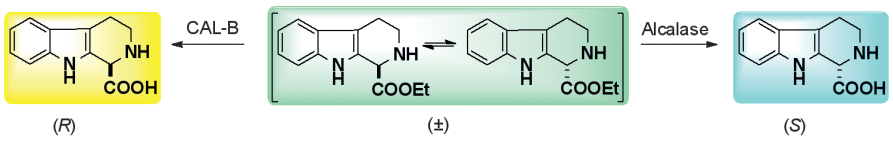
Új enzimes eljárásokat fejlesztettünk ki mind a primer vagy szekunder *OH* aszimmetrikus acilezésén, mind pedig a belőlük előállított észterek enantioszelektív hidrolízisén keresztül. Így például formális totálszintézist dolgoztunk ki a nikotinos acetilkolin receptorra sztereospecifikus agonista Anatoxin-*a* enantiomerek szintézisére, a 9-(hidroxi-metil)-9-aza-biciklo[6.2.0] dek-4-én-10-on lipáz katalizált aszimmetrikus acilezésén keresztül. Megvalósítottuk

2. ábra. A Taxol-oldallánc kulcsintermedierjének enzimes szintézise

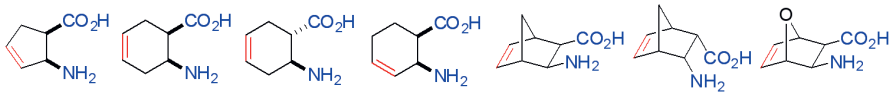




3. ábra. A Kriszpin A enantiomerek enzimes totálszintézise



4. ábra. Az etil-1,2,3,4-tetrahidro-β-karbolin-1-karboxilát enzim katalizált, irányított dinamikus kinetikus rezolválása



5. ábra. Néhány telítetlen aliciklusos β-aminosav

a daganatellenes Kriszpin A enantiomerek (*ee* > 95%) totálszintézisét, a kihívást jelentő, királis centrumtól 4 atomnyi távolságra lévő reakciócentrum enantioszelektív átalakításain keresztül (**3. ábra**) [20]. Eljárást dolgoztunk ki és alkalmaztunk a daganatellenes kalikotomin és homológ homokalikotomin vagy új β-karbolin-vázas enantiomerek előállítására, primer *OH* enantioszelektív acilezésén keresztül [21]. Egyaránt végeztünk reakciókat szakaszos és folyamatos áramú üzemmódban.

Míg a gyógyszerkutatás kezdeti fázisában alapkövetelmény egy farmakológiai hatással rendelkező királis molekula összes lehetséges sztereoizomerjeinek előállítása (pl. a racemát enzim katalizált kinetikus rezolválásával) és külön-külön történő vizsgálata, a későbbiekben a hatásos enantiomer célirányos előállítása a cél. Irányított dinamikus kinetikus rezolválási stratégiákat (a termék elméleti max. 100%-os termeléssel képződhet) dolgoztunk ki farmakológiai szempontból értékes, enantiomertiszta tetrahidroizokinolin- és β-karbolinvázas aminosavak előállítására (általában *ee* > 96%, termelés > 90%), a megfelelő aminoészterek hidrolízisén keresztül (**4. ábra**) [22]. Kiemelendő, sikeres dinamikus kinetikus rezolválásokat hajtottunk végre a racém kiindulási hidrokloridsókból mind szerves oldószerben, mind pedig pufferben.

Az enzimes reakciók előrehaladásának követésére, valamint a termékek enantiomerfeleslegének (*ee*) és az enzimes reakciókra jellemző enantioszelektivitási érték (*E*) meghatározására folyadék- vagy gázkromatográfiás technikát használunk. Mivel a fentiekben említett enzimes munkánk egyik terméke legtöbb esetben aminosav, az enzimes reakciók követésére és az aminosavak enantiomerfeleslegének a meghatározására új – általunk dupla derivatizálásnak elnevezett – gázkromatográfiás módszert (karboxilcsoport-észterezés és ezt követő *N*-acilezés) dolgoztunk ki karbociklusos *cisz-* és *transz-*, valamint aciklusos β- és γ-aminosavak enantioszeparálására [23].

Funkcionalizált ciklusos β-aminosavszármazékok

Értékes farmakológiai hatásuknak köszönhetően a funkcionalizált ciklusos aminosavak és származékaik szintéziseire egyre nagyobb figyelem irányult az elmúlt két évtizedben. Számos farmakológiai hatással rendelkező ciklusos aminosavszármazék β-aminosav módosított analógjainak szintéziséről és vizsgálatáról is beszámoltak. Így például az antivirális hatású *oseltamivir* (*Tamiflu*), illetve *zanamivir* (*Relenza*) analógjai mellett számos β-aminosav módosított származéka is ismert. A multifunkcionalizált ciklusos aminosavszármazékok (*oseltamivir*, *zanamivir*, *peramivir, laninamivir stb.*), valamint ezek analógjainak biológiai jelentőségét is figyelembe véve céljaink közt szerepelt regio- és sztereoszelektív, valamint sztereokontrollált szintetikus eljárások kidolgozása funkcionalizált ciklusos β-aminosavszármazékok szintéziseire. A funkcionalizálási eljárásokat a telítetlen ciklusos β-aminosavak (**5. ábra**) C=C kötésének regio- és szeteroszelektív, valamint szeterokontrollált átalakításaival valósítottuk meg, amelyek során több sztereogén centrumot is tartalmazó ciklusos származékokat állítottunk elő.

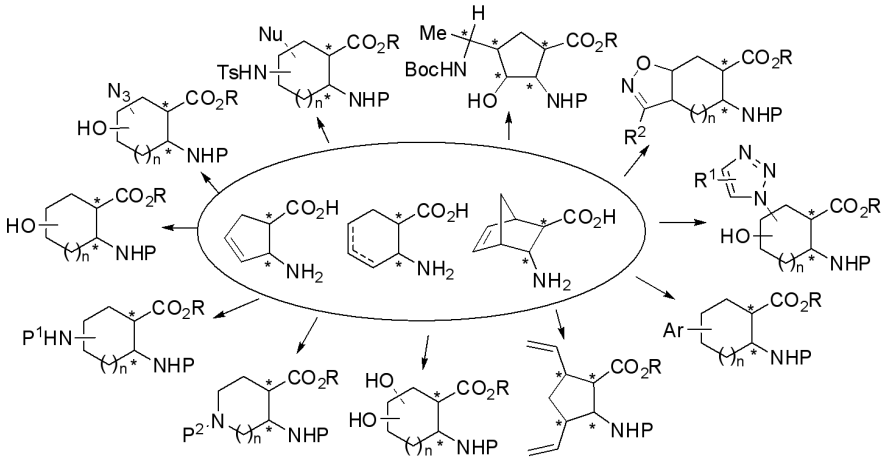
Különböző szelektív funkcionalizálási technikák alkalmazásával funkciós csoportokban gazdag, ciklusos β-aminosavszármazékok szintéziseit valósítottuk meg racém és enantiomertiszta formában. A fenti technikákat fluorozott β-aminosavszármazékok, valamint természetes vegyületek szintéziseire is kiterjesztettük.

Az egyik megközelítés alapján ciklusos β-aminosavak szelektív funkcionalizálása a gyűrű C=C kötésének sztereoszelektív epoxidálásával végezhető el, a transzformációk szelektivitása sztérikus, illetve hidrogénkötéses tényezőkkel magyarázható, amelyek eredményeképpen ortogonálisan védett cikloalkánvázas diaminokarbonsavszármazékokat, hidroxilezett hattagú β-aminosavakat, valamint 1,2,3-triazol-szubsztituált ciszpentacinszármazékokat szintetizáltunk.

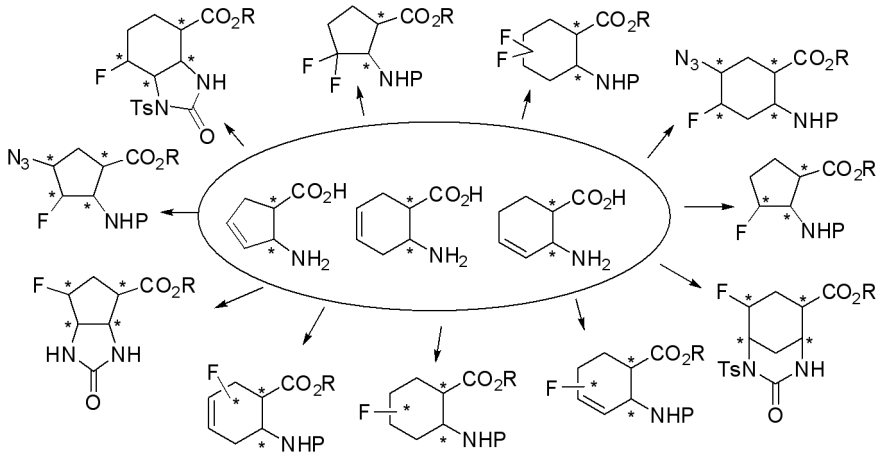
A cikloalkénvázas β-aminosavakból a regio- és sztereoszelektív jódlaktonizáción, valamint jódoxazinon-képzésen alapuló stratégiával hidroxilezett β-aminosavszármazékok nagyszámú regio- és sztereoizomerjét állítottuk elő.

Difunkcionalizált ciszpentacinszármazékok sztereokontrollált szintézisei a norbornénvázas β-aminosavak oxidatív gyűrűnyitásával is megvalósíthatók. Ezen β-aminoészterek oxidatív gyűrűnyitásával képződő diformil-aminosavszármazékokat különböző foszforánokkal reagáltatva olefinkötést tartalmazó funkcionalizált ciszpentacinszármazékokhoz jutottunk. *N*-Heterociklusos β-aminosavszármazékok előállítására is sikeresen alkalmaztuk az oxidatív gyűrűnyitást követő reduktív gyűrűzárási stratégiát, oxidatív gyűrűnyitással a C–C kötéshasítás közben, majd reduktív aminálással, gyűrűbővüléssel járó gyűrűzárás során piperidin-, illetve azepánvázas β-aminoésztereket állítottunk elő (**6. ábra**). Hasonló stratégiát követve a tasiromin, illetve az epitasiromin alkaloidokat állítottuk elő.

Az aciklusos β-aminosavak funkcionalizálását a C=C kötésre történő, nitriloxidokkal végzett 1,3-dipoláris cikloaddícióval is elvégeztük, miközben izoxazolingyűrűvel kondenzált ciszpentacinszármazékok regio- és sztereoizomerjeit izoláltuk.



6. ábra. Funkcionalizált β-aminosavszármazékok



7. ábra. Fluortartalmú β-aminosavszármazékok

Ezek heterogyűrűjének reduktív nyitásával szelektíven multifunkcionalizált, ciklusos β-aminosavszármazékok izomerjeit készítettük el.

A telítetlen, ciklusos β-aminosavak funkcionalizálását sztereoszelektív aziridinálást követő aziridin-gyűrűnyitással is végrehajtottuk, amelynek folyamán ortogonálisan védett di-, illetve triaminocikloalkán-karboxilátok izomerjeit szintetizáltuk.

Ruténiumtartalmú katalizátorok alkalmazásával, gyűrűnyitó metatézissel, diszubsztituált ciszpentacinszármazékok sztereokontrollált szintéziseit valósítottuk meg a norbornénvázas, illetve oxanorbornénvázas β-aminosavakból kiindulva. Keresztmetatézis reakcióval a divinil-szubsztituált ciszpentacinszármazékok funkcionalizálását végeztük el.

A fluortartalmú szerves molekulák egyre növekvő biológiai jelentőségét figyelembe véve célszerűnek tűnt flurozott β-aminosavak szintéziseit is elvégezni **(7. ábra)**.

A különféle funkcionalizálási technikák alkalmazásával fluortartalmú aliciklusos β-aminosavszármazékok szelektív előállítását is végrehajtottuk. A fenti technikákon alapuló szelektív eljárásokat felhasználva telítetlen és telített öt-, illetve hattagú β-aminoészterek sztereo- és regioizomerjeit szintetizáltuk, valamint difluorozott ciklopentán-, illetve ciklohexánvázas β-aminosavszármazékok sztereo- és regioizomerjeit készítettük el. Az aziridingyűrűvel kondenzált ciklusos β-aminoészterek aziridingyűrűjének fluoriddal (XtalFluor) történő nyitásával új, hatékony és szelektív módszert dolgoztunk ki a fluoratom ezek cikloalkánvázára történő bevitelére. A fluoridos aziridin-gyűrűnyitást sikeresen kiterjesztettük különböző aziridinvázas vegyületek átalakításaira is.

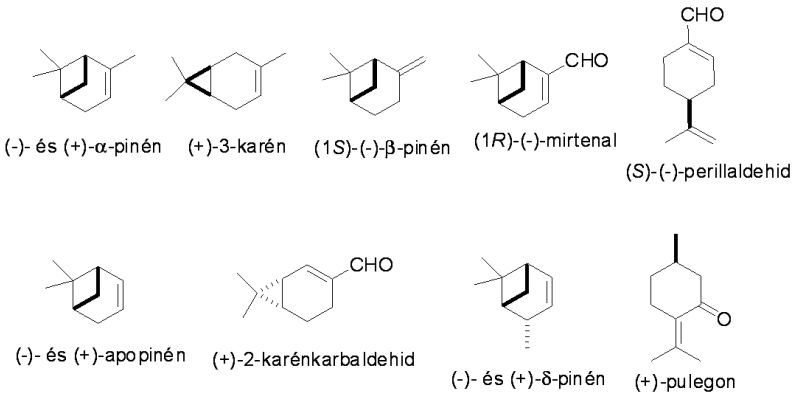
A királis információkban gazdag, multifunkcionalizált bioakív vegyületek szintéziseire egyre növekvő igény van, ezért kutatási eredményeink nemcsak tudományos, hanem gyakorlati szempontból is jelentősek lehetnek. Munkánk során nagyszámú, változatosan szubsztituált, nagyfokú kémiai diverzitással rendelkező származékot állítottunk elő. A kidolgozott szintetikus technikák a szerves kémikusok számára is hasznosítható, olyan általánosan használható módszerek is lehetnek, amelyek széleskörűen alkalmazhatóvá válhatnak más típusú származékok szintéziseihez is [24–29].

Terpénkémiai kutatások

Terpénkémia kutatásaink során munkánk fő célja, hogy kereskedelmi forgalomban is könnyen hozzáférhető, királis monoterpénszármazékok **(8. ábra)** átalakításaival széles körben használható β-aminosav-, illetve 3-amino-1,2-diol-alapú, enantiomertiszta építőelemekből álló vegyületkönyvtárat hozzunk létre. Ugyancsak érdeklődési területünkbe tartozik a kapott bi- és trifunkciós vegyületek gyűrűzárási készségének vizsgálata a monoterpénváz, illetve annak szubsztituensei függvényében. Célunk továbbá enantioszelektív katalízis és farmakológiai szempontból is ígéretes 1,3-heterociklusok előállítása [30,31].

α-Pinénből, 3-karénből, apopinénből és d-pinénből kiindulva, klórszulfonil-izocianát regio- és sztereospecifikus cikloaddíciójával sztereoegységes azetidinonokat állítottunk elő **(9. ábra, „A” út)**. A β-laktámgyűrűk nyitása során lényeges különbsé-

8. ábra. Monoterpén-források

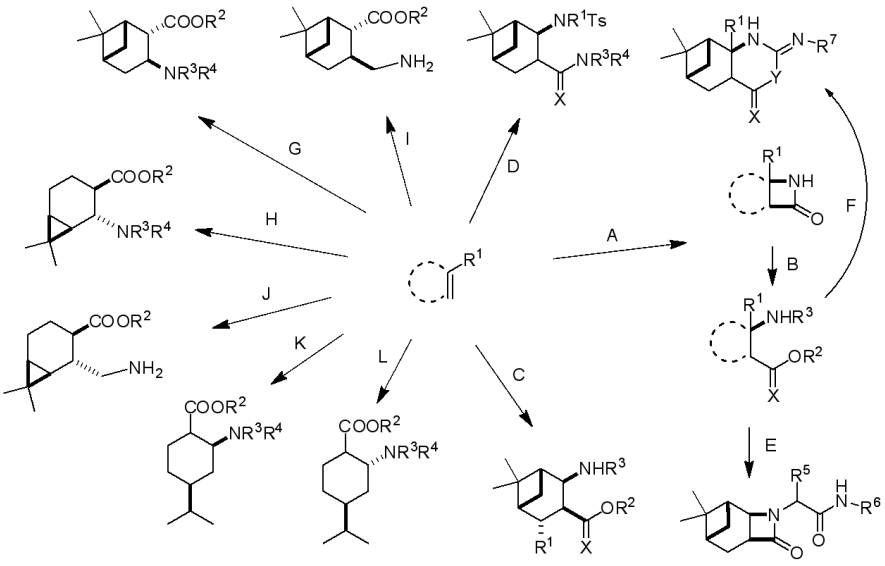


get állapítottunk meg az egyes monoterpénszármazékok között. Az anellációban metil-szubsztituált triciklusok savérzékenysége miatt a laktámgyűrű csak enyhe körülmények között, aktiválás után volt nyitható, míg a δ-pinén- és apopinánszármazékok savas körülmények között is jó termeléssel adták a β-aminosavszármazékokat (**9. ábra, „B–D" utak**), melyekből további értékes, változatosan szubsztituált építőelemeket, F-moc- és Boc-védett aminosavakat, β-aminosavamidokat, 1,3-aminoalkoholokat és 1,3-diaminokat állítottunk elő [31,32].

Az apopinánvázas β-aminosavakból kiindulva UGI négycentrumú, háromkomponensű (UGI-4C-3C) reakcióban *N*-szubsztituált triciklusos b-laktám-vegyülettárat építettünk ki (**9. ábra, „E" út**). A reakciók során négy aldehid, illetve két izonitril alkalmazásával tanulmányoztuk a szubsztituensek és az oldószerek hatását a reakció hozamára és diasztereoszelektivitására. Minden esetben nagyfokú diasztereoszelektivitást tapasztaltunk. Megállapítottuk, hogy bizonyos megkötésekkel a reakciók környezetbarát vizes közegben vagy akár oldószermentes körülmények között is végrehajthatóak [31].

Pinán- és karánvázas aminosavészterek izotiocianátos adduktumainak gyűrűzárásaival monoterpénekkel kondenzált nukleozidanalógokhoz jutottunk (**9. ábra, „F" út**). Az 1,3-aminoalkoholokból arilizotiocianátokkal készített tiokarbamid-adduktok gyűrűzárásával 2-feniliimino-1,3-oxazinokhoz jutottunk. A tiokarbamid-adduktokból kiindulva 2-arilimino-1,3-tiazinok újszerű szintézisét dolgoztuk ki. Az eljárással olyan monoterpénvázzal kondenzált 1,3-tiazinok szintézisét is megvalósítottuk, melyek előállítása az irodalmi módszerekkel nem vezetett eredményre. A módszert sikeresen terjesztettük ki egyéb cikloalkánvázas 1,3-tiazinok szintézisére is. A 2-arilimino-1,3-tiazinok és 1,3-oxazinok farmakológiai vizsgálata során figyelemre méltó citosztatikus aktivitást találtunk több humán daganatos sejtvonalon is [33].

(1*R*)-(–)-Mirtenalból és (*S*)-perillaldehidből előállított α,β-telítettlen *terc*-butilészterekre *szekunder* lítium-amidokkal végrehajtott sztereospecifikus Michael-addíció során pinánvázas és karánvázas β-aminosavszármazékokat kaptunk (**9. ábra, „G–H" út**). Már akirális lítium-dibenzilamiddal is kiváló sztereoszelektivitást tapasztaltunk. A kapott aminosavészterekből 2 lépésben monoterpénvázas *transz*-β-aminosavakhoz jutottunk Az α,β-telítetlen metilészterek nitrometános konjugált addíciójában keresztül, három lépésben monoterpénvázas γ-aminosavakat állítottunk elő (**9. ábra, „I–J" út**). A Michael-addíciót *terc*-butil-perillátra elvégezve mind a négy lehetséges β-aminosav epimert előállítottuk (**9. ábra, „K–L" út**).



9. ábra. Monoterpénvázas β- és γ-aminosavszármazékok sztereoszelektív előállítása

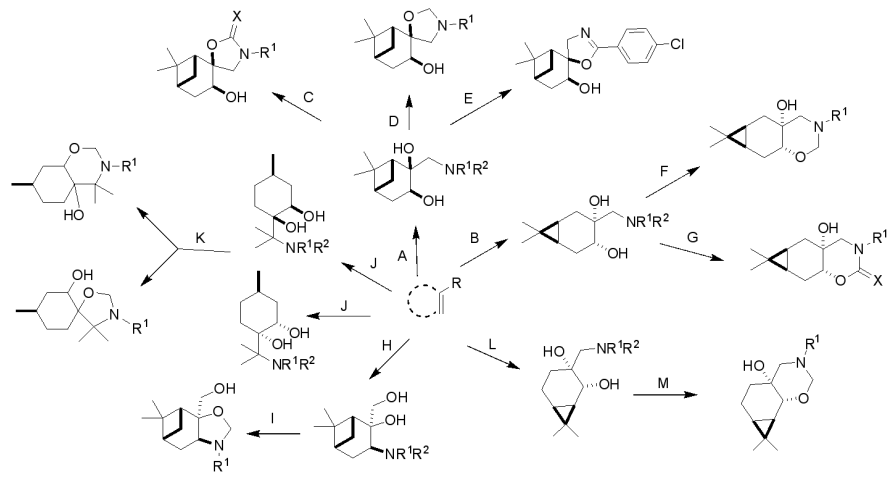
α-Pinénből, valamint (+)-3-karénből kiindulva királis epoxialkoholokat, majd ezek aminokkal történő nyitásával és további átalakításokkal pinán- és karánvázas 3-amino-1,2-diolokból álló vegyületkönyvtárakat hoztunk létre (**10. ábra, „A–B" út**) [34]. A két vegyületcsalád gyűrűzárásai során alapvető különbséget találtunk: a pinánvázas vegyületek gyűrűzárása spiro-oxazolidineket (**10. ábra, „C–E" út**), míg a karánvázas aminodiolok gyűrűzárása karánnal kondenzált 1,3-oxazinokat (**10. ábra, „F–G" út**) eredményezett.

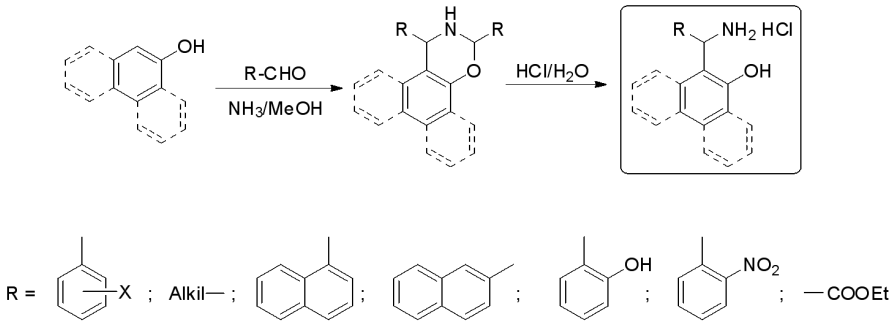
(–)-Mirtenolból kiindulva, allilamidokon keresztül, diasztereoszelektív úton pinánvázas primer aminodiolt, majd ennek további átalakításaival 3-amino-1,2-diolokból álló vegyülettárat állítottunk elő (**10. ábra, „H" út**). E vegyületek regioszelektív gyűrűzárásával, pinánvázzal kondenzált oxazolidinekhez jutottunk (**10. ábra, „I" út**).

(+)-Pulegolt Overman-átrendeződés során allil-triklór-acetamid-származékká alakítottunk, melyet OsO_4/NMO rendszerrel dihidroxilálva két diasztereomer aminodiol-származék 1:1 arányú keletkezését tapasztaltuk (**10. ábra, „J" út**). Az aminodiolok gyűrűzárási reakciója során mind 1,3-oxazin, mind oxazolidingyűrű keletkezését (**10. ábra, „K" út**), továbbá a két gyűrűzárt származék gyűrű-gyűrű tautomériáját figyeltük meg és DFT-számításokkal értelmeztük.

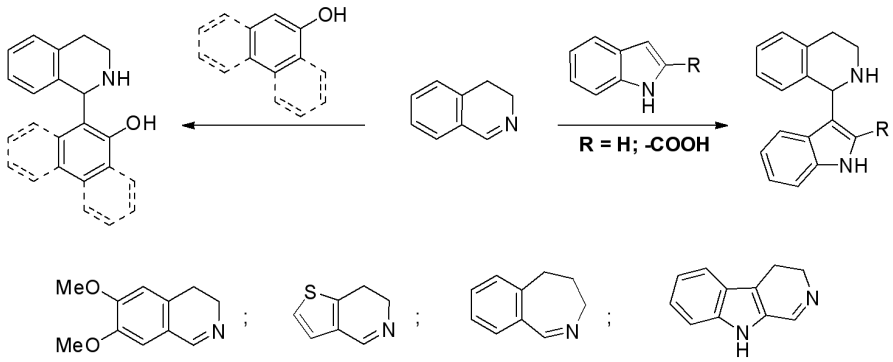
(*S*)-Perillaldehidből előállított 2-karén-3-karbaldehidből kiindulva, reduktív ami-

10. ábra. Monoterpénvázas 3-amino-1,2-diolok és származékaik sztereoszelektív előállítása





11. ábra. Aminonaftol-származékok szintézise



12. ábra. Elektrondús aromás vegyületek reakciója gyűrűs iminekkel

nálást követő sztereoszelektív dihidroxilálással a korábban bemutatott karánvázas aminodiolok regioizomerjeihez jutottunk (**10. ábra, „L" út**). Az aminodiolok gyűrűzárásának regioszelektivitását vizsgálva megállapítottuk, hogy minden esetben a karánvázzal kondenzált 1,3-oxazinok keletkeztek (**10. ábra, „M" út**).

Az α-pinénből előállított aminodiolokból, illetve epoxi-alkoholokból kiindulva pirimidin, illetve purin bázist tartalmazó monoterpénvázas nukleozidanalógokat állítottunk elő, melyek között Na^+/Ca^{2+} kicserélő (NCX), gátló tulajdonsággal rendelkező vegyületeket azonosítottunk.

A monoterpénvázas két- és háromfogú ligandumokat dietil-cink aldehidekre történő aszimmetrikus addíciós reakciójában katalizátorként alkalmazva vizsgáltuk. Számos esetben jó, néhány esetben pedig kiváló (*ee*: 97%) szelektivitást tapasztaltunk. Egyes katalizátoroknál nitrogénszubsztituens-függő enantioszelektivitást figyeltünk meg [32], míg más katalizátoroknál az aminodiol és gyűrűs analógja esetében a szelektivitás megfordulását tapasztaltuk [35].

Heterociklusok szintézise a módosított Mannich-reakcióval

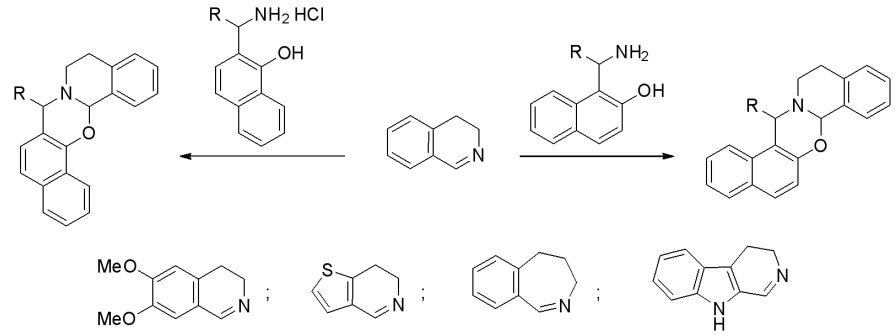
A többkomponensű kémiai reakciókat széleskörűen alkalmazzák elsősorban potenciális farmakológiai aktivitású vegyületek szintézisére. A Mannich-kondenzáció egyike a leggyakrabban alkalmazott többkomponensű reakcióknak. Jelentőségét egyrészt az adja, hogy segítségével enyhe körülmények között szén–szén kötés létesíthető, másrészt pedig az, hogy a reakcióban szereplő komponensek tág határok között változtathatók. A módosított Mannich-reakció (*mMR*) során a 2-naftol mint elektrondús aromás vegyület reagál egy az aminból és aldehidből képződött Schiff-bázissal. Ezt a reakciót 2-naftolból, benzaldehidből és ammóniából kiindulva először Mario Betti olasz kémikus alkalmazta, ezért az eljárás Betti-procedúra, az előállított aminonaftol pedig Betti-bázis néven vált ismertté az irodalomban [36].

A *mMR*-ban kiindulási vegyületként különbözően szubsztituált benzaldehideket alkalmazva 1-aminoalkil-2-naftolokat, illetve 2-aminoalkil-1-naftolokat állítottuk elő, naftoxazin köztiterméken keresztül, attól függően, hogy kiindulási elektrondús aromás vegyületként 1- vagy 2-naftolt alkalmaztunk. Az alifás aldehidek, valamint naftaldehidek esetében a legjobb termelést akkor értük el, ha a naftoxazin köztitermékeket mikrohullámú körülmények között nyertük, és izolálás nélkül alakítottuk a megfelelő aminonaftol-származékokká [37]. A reakció hozamát tovább tudtuk növelni szi-lárd ammóniaforrások (pl. ammónium-hidrogénkarbonát vagy ammónium-karbamát) alkalmazásával [38]. A benzaldehid 2-es helyzetében funkciós csoportot tartalmazó aromás aldehidek alkalmazása lehetőséget nyújtott funkcionalizált aminonaftolok előállítására, melyek kiváló kiindulási vegyületek voltak új naftoxazinobenzoxazin-, illetve naftoxazinokinazolin-származékok szintéziséhez. Etil-glioxilát alkalmazása kiindulási vegyületként új hidroxinaftil-szubsztituált glicinanalógok szintéziséhez vezetett, ám ebben az esetben az amincsoport bevitelét a molekulába csak védett ammónián (benzilkarbamát, vagy *terc*-butilkarbamát) keresztül tudtuk megvalósítani (**11. ábra**) [39].

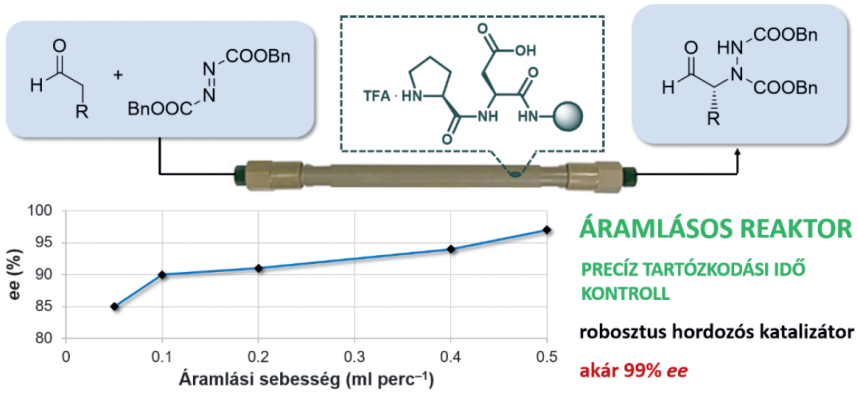
A *mMR*-ban az *in situ* aminból és aldehidből képződő Schiff-bázis helyett egy stabilabb gyűrűs imint (pl. 3,4-dihidroizokinolint) alkalmazva 1-hidroxinaftil szubsztituált izokinolinszármazékokat izoláltuk jó termeléssel attól függően, hogy 1-, vagy 2-naftolból indultunk ki. A reakciót kiterjesztettük további változatos szerkezetű gyűrűs iminekre, 6,7-dimetoxi-3,4-dihidroizokinolinra, 6,7-dihdrotienopiridinre, 4,5-dihidrobenzazepinre, valamint 3,4-dihidro-β-karbolinra.

A reakció további kiterjesztését az elektrondús aromás vegyületek sorának bővítése jelentette. Ennek következtében enyhe, katalizátormentes körülmények között új, 3-izokinolil-, 3-tienopiridil-, 3-benzazepinil-, illetve 3-β-karbolinil-indolokat állítottunk elő. A reakciók vizsgálata során arra is rámutattunk, hogy az indol mellett az indol-2-karbomsav is kiválóan aminoalkilezhető gyűrűs iminekkel, melynek eredményeképpen új γ-aminosavakat izoláltunk jó termeléssel. Minden reakció esetében a mikrohullámú besugárzás alkalmazása gyorsította a reakciót és növelte a kitermelést (**12. ábra**) [40].

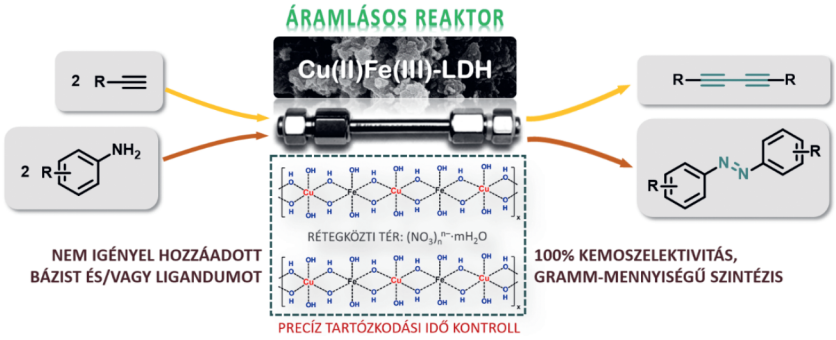
Az aminonaftolokat gyűrűs iminekkel (pl. 3,4-dihidroizokinolinnal) reagáltatva egy nem várt transzformáció során új naft-[1,3]oxazino[2,3-*b*]izokinolinok képződtek **(13. ábra)**. A reakció mechanizmusának feltérképezése során rámutattunk, hogy első lépésként ammóniakilépés történik, és az így képződött *orto*-kinonmetid köztitermék reagál cikloaddició során a reakcióelegyben lévő gyűrűs iminnel. Az eljárás kiterjeszthetőségét vizsgáltuk további gyűrűs iminekből kiindulva. A szintéziseket mikrohullámú hőközléssel végeztük, rendszerint oldószerként 1,4-dioxánt alkalmazva, melynek eredményeképpen a megfelelő naft-[1,3]oxazinotienopiridineket, naft[1,3]-oxazinobenzazepineket, valamint naft[1,3]-oxazino-β-karbolinokat állítottuk elő. A reakció során két új aszimmetriacentrum épül ki, a hidrogének relatív térállását min-



13. ábra. Aminonaftolok reakciója gyűrűs iminekkel



14. ábra. α-Hidrazino-aldehidek organokatalitikus szintézise áramlásos reaktorban



15. ábra. Terminális alkinek, illetve anilinszármazékok réz katalizált homokapcsolási reakciói áramlásos reaktorban

den esetben 2D NMR segítségével igazoltuk. A nyerstermék NMR-mérések rámutattak arra, hogy a reakció diasztereoszelektivitását egyértelműen a kiindulási aminonaftolok szerkezete determinálja [41].

Szintézismódszer-fejlesztés: áramlásos kémia

A modern kémiai szintéziseknek egyre több kritériumnak kell megfelelniük, úgymint kemo-, regio- és sztereoszelektivitás, költséghatékonyság és üzembiztonság, sőt manapság a környezettudatosság és a fenntarthatóság is a legfontosabb szempontok közé került. Az új elvárásoknak modern szintézistechnikai eljárásokkal lehet megfelelni, melyek egyik kulcsfontosságú képviselője az áramlásos kémia, amely során a reakciókat a reagensek folyamatos áramoltatása közben valósítjuk meg szűk csatornákban vagy töltetes oszlopokon keresztül. E kísérleti elrendezés számos előnnyel jár, azonban megvalósítása a kémiai infrastruktúra átalakítását igényli.

A Gyógyszerkémiai Intézetben évek óta foglalkozunk folyamatos áramú szintézismódszerek fejlesztésével [42]. Kidolgoztunk egy organokatalitikus áramlásos módszert aldehidek nitroolefinekre történő konjugált addíciójához, szilárd hordozós peptidkatalizátor alkalmazásával [43]. Olyan peptideket alkalmaztunk, amelyek *N*-terminálisan egy prolinegységet tartalmaznak, *C*-terminálisan pedig egy savas oldalláncú aminosavat. Szilárd fázisú peptidszintézis alkalmazásával a katalizátorok szintézise és immobilizációja praktikusan egy lépésben valósult meg a hordozóról történő lehasítás nélkül. Ez a kísérleti elrendezés egyszerű, gyors és költséghatékony, ugyanis nem igényel körülményes peptidfeldolgozási és tisztítási lépéseket, ezáltal veszteség sem jelentkezik. Megmutattuk, hogy a katalizátor–szubsztrát kontaktidő (ún. tartózkodási idő) nemcsak a konverzióra és a kemoszelektivitásra van hatással, hanem – a katalizátor által kiváltott epimerizáció miatt – az aszimmetrikus reakció diasztereoszelektivitására is. A peptidkatalizátor módosításával kiterjesztettük módszerünket aszimmetrikus aldolreakciókra is [44].

Aldehidek azodikarboxilát észterekkel történő organokatalitikus α-aminálása értékes szerves vegyületeket eredményez. A reakció korlátja azonban, hogy az azodikarboxilát komponens gyors katalizátordeaktiválódást okoz, ami erősen limitálja a rendelkezésre álló heterogén katalizátorrendszerek hatékony újrafelhasználhatóságát. Kifejlesztettünk egy olyan szilárd hordozós dipeptid-organokatalizátort, amely kellően tartós akár hosszú idejű folyamatos áramlású igénybevétel során is. A heterogén katalizátort áramlásos oszlopreaktorba töltve produktív és egyszerű szintézismódszerhez jutottunk (**14. ábra**) [45]. E kísérleti elrendezés előnye, hogy a katalizátorágyon töltött tartózkodási idő nagyon precízen szabályozható az áramlási sebességgel. Ez azért fontos, mert túl hosszú kontaktidő esetén a katalizátor racemizálhatja a konfigurációsan labilis α-hidrazino-aldehid terméket, túl rövid kontaktidő esetén viszont nem játszódik le a reakció. Hagyományosan, lombikban végrehajtva a reakciót, jó konverziók mellett csak 70% körüli enantiomerfelesleget tudtunk elérni. Azonban áramlásos berendezésben a precíz tartózkodásiidő-kontrollnak köszönhetően 90–99%-os enantiomer-felesleg adódott magas konverziók mellett. Eredményeink kiemelik az áramlásos kémia és a precíz tartózkodásiidő-kontroll jelentőségét konfigurációsan labilis vegyületek organokatalitikus előállítása során.

Az 1,2,3-triazol-származékok potenciális célpontjai a gyógyszerkutatásnak, ugyanis az utóbbi években számos triazolvázat tartalmazó vegyületet írtak le, amelyek antibakteriális, antivirális, antifungális és egyéb hatásokat mutatnak. Az 1,2,3-triazolgyűrű kialakításának legelterjedtebb módja a Cu(I)-katalizált 1,3-dipoláris azid–alkin cikloaddíció, melynek áramlásos kémiai úton történő megvalósítása a foko-



zott üzembiztonság, az integrálhatóság és a léptéknövelhetőség terén nyújthat elsősorban előnyöket. Kidolgozunk egy egyszerű áramlásos módszert 1,2,3-triazolok előállítására, amely oszlopreaktorban rézport alkalmaz katalitikus forrásként [46]. Az eljárás nem igényel költséges berendezéseket és speciális katalizátorokat, ugyanis a réz felületén a levegő oxigénjének hatására képződő Cu_2O katalizál. A kísérletek során megfigyeltük, hogy kellően magas nyomáson és hőmérsékleten rövid tartózkodási idő mellett is teljes konverzió érhető el. Azonban a szerves azidok robbanékony tulajdonságát figyelembe véve, savas és bázisos segédanyagok alkalmazásával már szobahőmérsékleten is magas konverziót értünk el. Az eljárást kiterjesztettük potenciálisan bioaktív 1,2,3-triazol módosított aliciklusos β-aminosavszármazékok előállítására is [46].

Az aromás azovegyületek alkalmazásai széles körben elterjedtek a kémiai iparban, sőt manapság a gyógyszerkutatásban és biotechnológiában is. Szintézisük hagyományosan számos nehézséggel jár, úgymint szelektivitásbeli problémák, hosszú reakcióidők, drága reagensek és katalizátorok alkalmazása. Az áramlásos berendezésekkel elérhető kémiai paramétertér-bővítést kihasználva újfajta eljárást dolgoztunk ki azobenzolszármazékok kemoszelektív szintézisére [47]. Szubsztituált anilinek réz katalizált homokapcsolásait vizsgáltuk töltetes oszlopreaktorban, könnyen hozzáférhető katalitikus forrásként rézport alkalmazva piridin bázis jelenlétében. Anilinek oxidatív homokapcsolási reakcióit tipikusan magas forráspontú oldószerekben (pl. toluol és acetonitril), reflux körülményeken hajtják végre. Megmutattuk azonban, hogy a magas nyomáson túlfűtött diklórmetán sokkal hatékonyabb oldószere a reakciónak, ugyanis azonos körülmények mellett jóval magasabb konverziók adódtak, mint a legelterjedtebb magas forráspontú oldószerekben. A reakciókörülmények hatását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a hőmérséklet és a tartózkodási idő precíz beállítása mellett melléktermékek képződése nélkül képződnek a kívánt azobenzolszármazékok. Módszerünkkel többszörösen szubsztituált anilinszármazékok reakcióit is sikeresen végrehajtottuk, sőt a reaktor-hőmérséklet emelése után halogén szubsztituált anilinekkel is magas hozamokat értünk el.

A különböző homo- és keresztkapcsolási reakciók forradalmasították a szintetikus szerves kémiát, hiszen alkalmazásukkal egyszerű molekulákból komplex vegyületek állíthatók elő. A legtöbb átmenetifém katalizált kapcsolási reakció azonban hozzáadott bázis és/vagy ligandum jelenlétében játszódik le hatékonyan, ami nemcsak a költségvonzatra, hanem a környezeti terhelésre is negatív hatással van. Előállítottunk egy réteges szerkezetű heterogén bifunkciós rézkatalizátort, amely rétegei Cu(II)- és Fe(III)-ionokból, illetve az azokat körülölelő hidroxidionokból állnak [48]. A katalizátor egyszerre tartalmazza a katalitikusan aktív fémet és funkcionál szilárd bázisként, ezáltal bifunkciós. Alkalmazási lehetőségeit sikeresen demonstráltuk terminális alkinek, illetve anilinszármazékok réz katalizált oxidatív homokapcsolási reakciói során áramlásos oszlopreaktorban (**15. ábra**). A vizsgált reakciók esetén a bázis, illetve a ligandum szerepe kulcsfontosságú, az alkindimerizáció során például a rézzel koordinálódott alkin deprotonálódása sebességmeghatározó lépés. A fémkatalizátor bázisos tulajdonságának köszönhetően kiváló konverzióértékeket sikerült elérnünk hozzáadott bázis és/vagy ligandum jelenléte nélkül mind a két reakció esetében. A reaktor-hőmérséklet és a tartózkodási idő precíz beállításával 100%-os kemoszelektivitással nyertünk értékes 1,3-diineket és aromás azovegyületeket. A katalizátor robusztusnak tekinthető, ugyanis aktivitása több mint 10 órán keresztül állandónak bizonyult, és a folyamatos használat során jelentős szerkezeti változás sem jelentkezett.

IRODALOM

[1] Fülöp, F.; Chem. Rev. (2001) 101, 2181.
[2] Fülöp, F.; Martinek, T. A.; Tóth, G. K.; Chem. Soc. Rev. (2006) 35, 323.
[3] Martinek, T. A.; Fülöp, F.; Chem. Soc. Rev. (2012) 41, 687.
[4] Vécsei, L.; Szalárdy, L.; Fülöp, F.; Toldi, J.; Nature Rev. Drug Disc. (2013) 12, 64.
[5] Kiss, L.; Fülöp, F.; Chem. Rev. (2014) 114, 1116.
[6] Fülöp, F.; Lázár, L.; Pihlavisto, M.; Palkó, M.; Juhakoski, A.; Marjamaeki, A.; Smith, D. J.; Hydrazino alcohol derivatives useful as inhibitors of copper-containing amine oxidases. PCT Int. Appl. (2005) CODEN: PIXXD2 WO 2005080319 A1 20050901 AN 2005:962198 CAPLUS
[7] Smith, D. J.; Fülöp, F.; Pihlavisto, M.; Lázár, L.; Alaranta, S.; Vainio, P.; Szakonyi, Z.; Carbocyclic hydrazino inhibitors of copper-containing amine oxidases Int. Pat. Appl., Publ. No.: WO 03/006003 A1, Publ. Date: 23 January 2003.
[8] Fülöp, F.; Szakonyi, Z.; Pallai, P. V.; 1,3-Heterocycles condensed with monoterpene skeleton, their use and pharmaceutical composition comprising such compounds PCT Int. Appl. (2010) WO 2010070365 A120100624.
[9] Vécsei, L.; Knyihar, E.; Párdutz, Á.; Tajti, J.; Varga, H.; Vámos, E.; Toldi, J.; Fülöp, F.; Szatmári, I.; Boros, M.; Kaszaki, J.; Kynurenic acid analogues, pharmaceutical compositions containing same and use of said compounds for the treatment of headache. PCT Int. Appl. (2010) WO 2010128345 A1 20101111.
[10] Pihlavisto, M.; Smith, D; Juhakoski, A.; Fülöp, F; Lázár, L.; Szatmári, I.; Miklós, F.; Szakonyi, Z.; Kiss, L.; Palkó, M.; New pyridazinone and pyridone compounds, PCT Int. Appl. (2012) WO 2012120195 A1 20120913.
[11] Fülöp, F; Vigh, L; Török, Z.; Penke, B.; Horváth, I.; Balogh, G.; Bernáth, S.; Hunya, Á.; 1,4-Dihydropyridine derivatives with hsp modulating activity. WO201307 6516 A1 20130530.
[12] Fülöp, F; Mándity. I.; Deuterated morphine derivatives. PCT Int. Appl. (2014) WO2014170704 A1 20141023.
[13] Forró, E.; Fülöp, F; Enzymatic resolution process for the preparation of cyclic b-amino acid and ester enantiomers. PCT Int. Appl. (2007) 32pp. CODEN: PIXXD2 WO2007091110 A1 20070816 CAN 147:256370 AN 2007: 906125 CAPLUS.
[14] Forró, E.; Fülöp, F; Production of cyclic cis-γ-amino acids using enzymatic kinetic resolution of corresponding racemic lactams. PCT Int. Appl. (2009) WO 2009007759 A1 20090115
[15] Fülöp, F; Mándity, I.; Olasz, B.; Continuous flow peptide synthesis. PCT Int. Appl. (2015), WO 2015128687 A1 20150903
[16] Chang, F.R.; Wu, Y.C.; Hsieh, T.J.; Hsieh, C.T.; Fülöp, F; Ötvös, S.; Composition for treating metabolic syndrome and preparation method thereof. PCT Int. Appl. (2016) WO2016116059 A1 20160728
[17] Forró, E.; Fülöp, F; Curr. Med. Chem. (2012) 19, 6178.
[18] Forró, E.; Fülöp, F; Eur. J. Org. Chem. (2010) 3074.
[19] Forró, E.; Galla, Z.; Fülöp, F; Eur. J. Org. Chem. (2016) 2647.
[20] Forró, E.; Schönstein, L.; Fülöp, F; Tetrahedron: Asymmetry (2011) 22, 1255.
[21] Megyesi, R.; Forró, E.; Fülöp, F; ChemOpen (2016) 5, 254.
[22] Megyesi, R.; Mándi, A.; Kurtán, T.; Forró, E.; Fülöp, F; Eur. J. Org. Chem. (2017) sajtó alatt.
[23] Forró, E.; J. Chromatogr. A. (2009) 1216, 1025.
[24] Nonn, M.; Kiss, L.; Haukka, M.; Fustero, S.; Fülöp, F; Org. Lett. (2015) 17, 1074.
[25] Kiss, L.; Forró, E.; Fülöp, F; Beilstein J. Org. Chem. (2015) 11, 596.
[26] Kardos, M.; Kiss, L.; Fülöp, F; Asian. J. Org. Chem. (2015) 1155.
[27] Kiss, L.; Nonn, M.; Sillanpää, R.; Haukka, M.; Fustero, S.; Fülöp, F; Chem. Asian J. (2016) 11, 3376.
[28] Ábrahámi, R. A.; Kiss, L.; Fustero, S.; Fülöp, F; Synthesis (2017) 49, 1206.
[29] Kiss, L.; Remete, A. M.; Nonn, M. Fustero, S.; Sillanpää, R.; Fülöp, F; Tetrahedron (2016) 72, 781.
[30] El Alami, M. S. I.; El Amrani, M. A.; Agbossou-Niedercorn, F; Suisse, I.; Mortreux, A.; Chem. Eur. J. (2015) 21, 1398.
[31] Szakonyi, Z.; Fülöp, F; Amino Acids, (2011) 41, 597.
[32] Szakonyi, Z.; Balázs, Á.; Martinek, T. A.; Fülöp, F; Tetrahedron Asymmetry (2006) 17, 199.
[33] Szakonyi, Z.; Zupkó, I.; Sillanpää, R.; Fülöp, F; Molecules (2014) 19, 15918.
[34] Szakonyi, Z.; Hetényi, A.; Fülöp, F; Tetrahedron (2008) 64, 1034.
[35] Szakonyi, Z.; Csőr, Á.; Csámpai, A.; Fülöp, F; Chem. Eur. J. (2016) 22, 7163.
[36] Szatmári, I.; Fülöp, F; Tetrahedron (2013) 69, 1255.
[37] Tóth, D.; Szatmári, I.; Heydenreich, M.; Koch, A.; Kleinpeter, E.; Fülöp, F; J. Mol. Struct. (2009) 929, 58.
[38] Szatmári, I.; Fülöp, F; Synthesis (2009) 775.
[39] Csütörtöki, R.; Szatmári, I.; Mándi, A.; Kurtán, T.; Fülöp, F; Synlett (2011) 1940.
[40] Szatmári, I.; Sas, J.; Fülöp, F., Tetrahedron Lett. (2013) 54, 5069.
[41] Barta, P.; Szatmári, I.; Fülöp, F; Heydenreich, M.; Koch, A.; Kleinpeter, E.; Tetrahedron (2016) 72, 2402.
[42] Mándity, I. M.; Ötvös, S. B.; Szőllősi, G.; Fülöp, F.; Chem. Rec. (2016) 16, 1018.
[43] Ötvös, S. B.; Mándity, I. M.; Fülöp, F; ChemSusChem (2012) 5, 266.
[44] Ötvös, S. B.; Mándity, I. M.; Fülöp, F; J. Catal. (2012) 295, 179.
[45] Ötvös, S. B.; Szloszár, A.; Mándity, I. M.; Fülöp, F.; Adv. Synth. Catal. (2015) 357, 3671.
[46] Ötvös, S. B.; Fülöp, F; Catal. Sci. Technol. (2015) 5, 4926.
[47] Georgiádes, Á.; Ötvös, S. B.; Fülöp, F; ACS Sustainable Chem. Eng. (2015) 3, 3388.
[48] Ötvös, S. B.; Georgiádes, Á.; Mészáros, R.; Kis, K.; Pálinkó, I.; Fülöp, F; J. Catal. (2017) 348, 90.

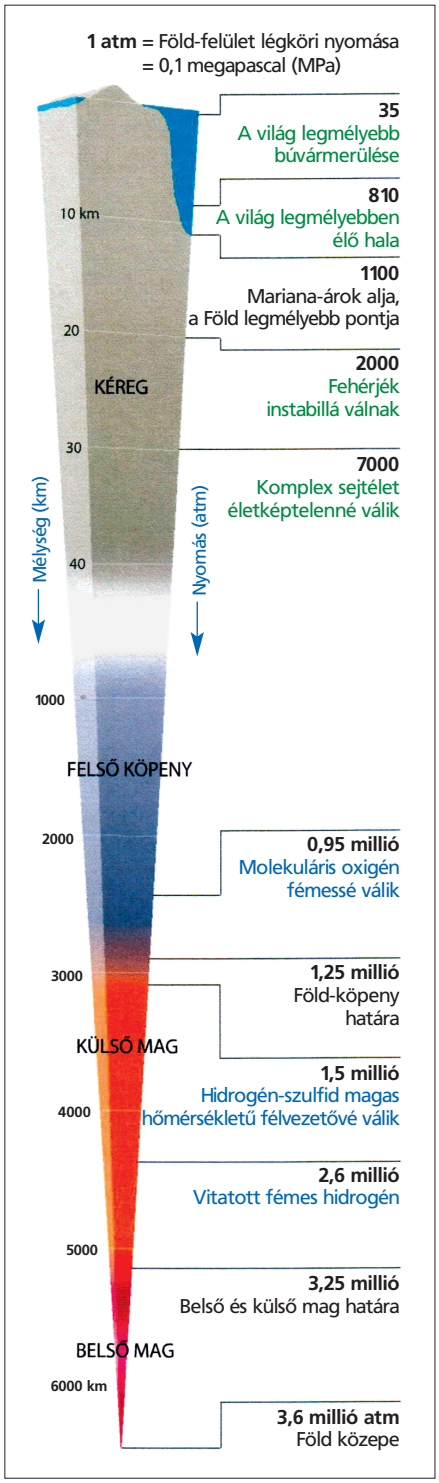
Braun Tibor
ELTE Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Informatikai Központ | braun@mail.iif.hu

Gyémántsatuba szorított kémia

Atomok és molekulák viselkedése nagy nyomáson

Bevezetés

Azzal a megjegyzéssel kell kezdenünk, hogy a kémiáról szóló tudásunk és ismereteink java olyan tanulmányokból származik, amelyeket a Föld közeli légköri vagy ahhoz hasonló nyomáson végeztek. Ennek tudatában tekintetbe kell vegyük, hogy a világegyetem anyagának nagy része sokkal nagyobb nyomáson létezik például az űrben és/vagy a csillagokban, vagy a Föld belsejében **(1. ábra)**. Mint az ábrán látható, minél mélyebben hatolunk a Föld központja felé, annál nagyobb a nyomás és annál változatosabb a kémia. A kémia az atomok legkülső elektronjaival „foglalkozik", amelyek meghatározzák a molekulák és szilárd testek kötéseit, reaktivitását és szerkezetét. Ha egy tipikus szilárd testet vagy folyadékot néhány százezer atmoszféra nyomásnak teszünk ki, moláris térfogata körülbelül 50%-kal csökken. Amint a megabár nyomásértéket elérjük (ez kb. 1 000 000 atm, 100 GPa), az átlagos atomtávolságok körülbelül kettes faktorral csökkenhetnek. Várhatóan nagy változások történnek a külső elektronhéjakban is extrém nagy nyomáson, és ezek lényeges változást okoznak a kémiai és fizikai tulajdonságokban. Ismert, hogy nagy nyomások az atomi, molekuláris és elektronszerkezetekben valóban bekövetkeznek, és felvetődik az is, hogy az elemek periódusos rendszere változtatásra szorulna magas nyomásos körülmények között. Egyszerű példaként vehetjük az olyan tipikus alkáliföldfémeket, mint a Ca és Sr, amelyek földi környezetben teljesen zárt fcc szerkezetűek. Azonban $P > 200$ kbar (20 GPa) nyomás bcc szerkezetűvé változtatja a Ca-t az atomok alacsonyabb koordinálásával. Hasonló átmenet történik kisebb nyomásnál (3,5 GPa) a Sr-nál. Ez a változás a nyomás alatt történő 3d és 4f elektronhéjak keveredéséből adódik, és a Ca-t és Sr-t nagy nyomáson alkáliföldfémből átmenetifém jellegűvé változtatja. Ilyen változások a kémiai reaktivitásban vagy szilárd anyagszerkezetekben jelentős változásokhoz vezethetnek a preferált oxidációs állapotokban, valamint szokatlan vegyértékeket és kötéseket idézhetnek elő. Érdekes lenne arra gondolni, hogy milyen eltéréseket okozhatott volna, ha több mint 195 évvel ezelőtt *Mengyelejev* tekintetbe vehette volna a nagy nyomásnál bekövetkezhető változásokat **(2. ábra)**.



1. ábra. A Föld keresztmetszete [1]

Mint a címben is jelöltük, ebben a dolgozatban a nagy nyomású kémiát szeretnénk röviden körbejárni. A téma hatalmas irodalmából csak áttekintést adhatunk annak érdekében, hogy az olvasó képet nyerjen a nagy nyomások előállításáról és a nagy nyomású kémiai kutatás legérdekesebb aktuális kérdéseiről. Mielőtt a részletekre rátérnénk, röviden bemutatjuk a nagy nyomások mértékegységeit és a berendezéseket, amikkel ezek a nyomások főleg laboratóriumi körülmények között létrehozhatók.

Nagy nyomások

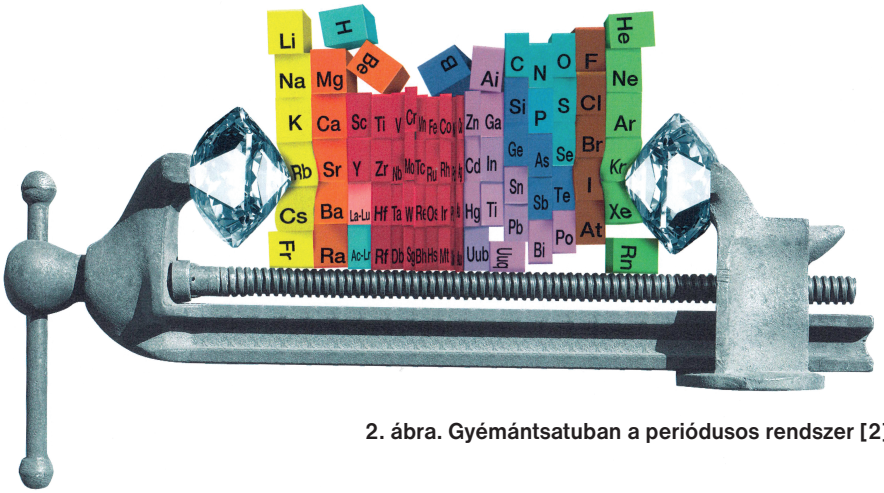
A nagy nyomású kémia extrém nyomásokon is folyhat, ezek elérhetik a 10 000 bart (10^9 pascal) a szilárd, folyadék és gáz fázisokban. 1 bar 10^6 dyn/cm^2 vagy 0,9869 atm. A bár többszörösei a kilobár (1 kbar = 10^3 bar = 10^8 Pa) és a megabár (1 Mbar = 10^6 bar = 10^{11} Pa). Az **1. táblázat** a nyomásmértékegységeket és összefüggéseiket mutatja be.

Nagy nyomások előállítása

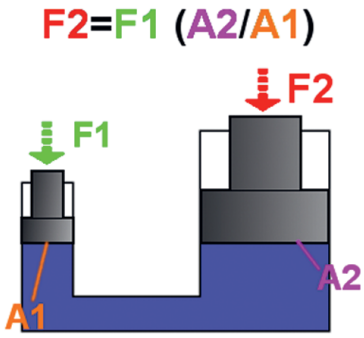
Részletezés helyett a nagy nyomások előállítására itt csak lehetőségeket, illetve berendezéseket említenénk meg. Az egyik a hidraulikus prés, amit az angol *Bramah* talált fel már 1705-ben, és ami a Pascal-elv szerint működik, azaz aszerint, hogy egy zárt rendszerben a nyomás állandó. Egy ilyen rendszer alapján a présben egy szivattyúként működő dugattyú szerény mechanikai erővel gyakorol nyomást egy megfelelően nagyobb felületű dugattyúra **(3. ábra)** [4]. A gyakorlatban az ilyen elven

	pascal Pa	bár bar	technikai atmoszféra at	fizikai atmoszféra atm	torr és mmHg	font per négyzethüvelyk psi
1 Pa	≡ 1 N/m²	10^{-5}	$10{,}197 \cdot 10^{-6}$	$9{,}8692 \cdot 10^{-6}$	$7{,}5006 \cdot 10^{-3}$	$145{,}04 \cdot 10^{-6}$
1 bar	100 000	≡ 106 dyn/cm²	1,0197	0,98692	750,06	14,504
1 at	98 066,5	0,980665	≡ 1 kp/cm²	0,96784	735,56	14,223
1 atm	101 325	1,01325	1,0332	≡ 101 325 Pa	760	14,696
1 torr	133,322	$1{,}3332 \cdot 10^{-3}$	$1{,}3595 \cdot 10^{-3}$	$1{,}3158 \cdot 10^{-3}$	≡ 1 mmHg	$19{,}337 \cdot 10^{-3}$
1 psi	$6{,}89476 \cdot 10^{3}$	$68{,}948 \cdot 10^{-3}$	$70{,}307 \cdot 10^{-3}$	$68{,}046 \cdot 10^{-3}$	51,715	≡ 1 lbf/in²

1. táblázat. Nyomásmértékegységek [3]



2. ábra. Gyémántsatuban a periódusos rendszer [2]



3. ábra. A hidraulikus prés elve: minél nagyobb a dugattyúk felületei között a különbség, annál nagyobb a nyomás [4]

működő prések több tonna súlyúak **(4. ábra)**, és a nagy nyomású kémiai kutatásban nem, vagy alig használatosak.

A berendezés, amit a nagy nyomású kémia kezdetétől használ, elvileg a következő összefüggés szerint működik:

$$\text{Nyomás} = \frac{\text{Erő}}{\text{Felület}}$$

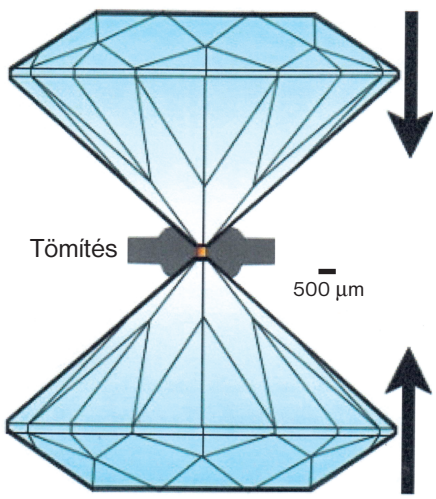
Ennek a másik berendezésnek az elve lényegében hasonló a fentebb leírt présehez, kivéve, hogy a nyomás felerősítéséhez nagyságrendekkel csökkenti a felületet, amire az erő hat. Egy ilyen berendezés például 1000 tonna nyomóerőt is gyakorolhat egy 346,44 mm² felületű, 10 mm-es oktaéderes testre, körülbelül 8,31 GPa-nyi nyomást hozva létre a testben. Összehasonlításul: egy nagyobb felületre az elsőnek említett hidraulikus prés szerény 0,3 GPa-t tudna kifejteni. A másodikként leírt berendezés 2 briliáns (gyémánt) legalsó facettája egymásra helyezésével, mint a későbbiekben látni fogjuk, nagyon nagy nyomást tud előállítani. Egy így összeállított berendezést az angol nyelvű szakirodalom *Diamond Anvil Cell (DAC)*-nek nevez. Ez szó szerinti magyar fordításban „gyémántüllő cella" lenne. Sajnos az angol „anvil" fordítása „üllő" lévén, a magyar nyelvben mást jelent, és félrevezető lenne. Jelen szerző a jobb érthetőség érdekében a *diamond anvil*-t *gyémántsatura* magyarosította **(2. ábra)**. A továbbiakban a gyémántsatut az angol *diamond anvil* megfelelőjeként fogjuk használni. Az **5. ábra** elvileg két, körülbelül 0,25 karátos briliáns fazettái egymásra helyezését ábrázolja, míg a **6. ábra** a gyémántsatu felépítésének vázlatát mutatja be. A nagy nyomások kémiai kutatása, mérése során, amikor a gázokra gyakorolt ha-

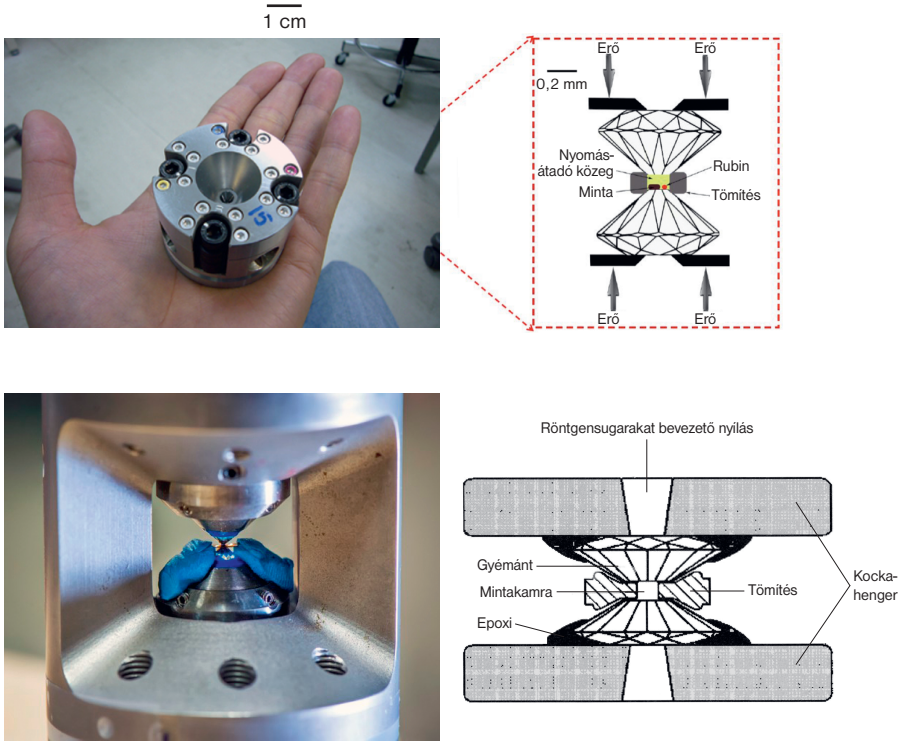




4. ábra. Hidraulikus prések [4,5]

5. ábra. A gyémántsatu működési elve [6]





6. ábra. A gyémántsatu felépítése [7]

tásukat vizsgálják, a tenyérnyi méretű **(6. ábra)** gyémántsatut a vizsgált gázzal töltött, teljesen légmentes dobozba helyezik. Látható, hogy a gyémántsatuba szorított anyagmennyiség körülbelül annyi lehet, amennyi a két egymásra helyezett briliáns közötti 100–300 μm-es „kamrába" belefér.

A szakirodalom szerint egy jól megépített gyémántsatu egyszerűen kezelhető, csavarok forgatásával (szorításával) több mint 300 GPa nyomást is létre tud hozni. Ez a nyomás például nagyobb, mint a Föld belső magjában uralkodó nyomás **(1. ábra)**.

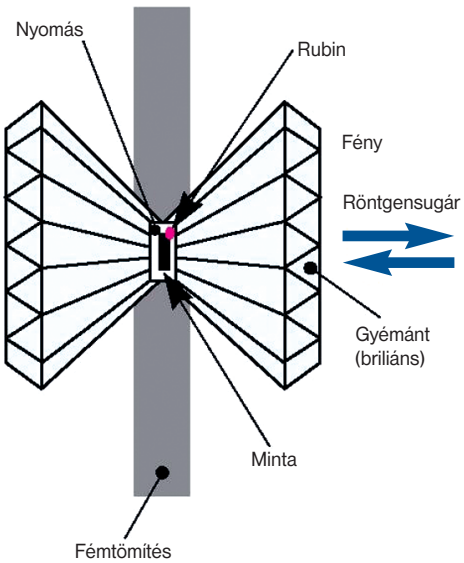
A gyémántsatuban létrehozott nyomás mérése

Több lehetőség áll rendelkezésre nagy nyomások mérésére. Ezek közül példaként csak egyet említünk. Annak érdekében, hogy a gyémántsatuban létrehozott nyomás mérhető legyen, a vizsgált anyagminta mellé a gyémántsatuba egy referencia anyagot helyeznek, aminek valamilyen mérhető tulajdonsága ismert módon reagál a nagy nyomásra. Ezt általában „nyomáskalibrálásnak", vagy „nyomásskálának" nevezik. Ilyen anyag, illetve tulajdonság a rubinkristály, illetve annak fluoreszcenciája (lásd a piros pöttyöt a **6. ábrán**). A rubin oxidionokkal körülvett Cr^{3+}-ionokból áll, és a Cr^{3+}-ionok vegyértékelektronjai szobahőmérsékleten, lézersugárral megvilágítva 694 μm-nél fluoreszcenciát hoznak létre. Amikor a rubin nyomás alá kerül, az oxidionok közelebb kerülnek a Cr^{3+}-ionokhoz, így a fluoreszcencia-vonal eltolódik. A gyémántsatuba szorított rubin lézersugarakkal való átvilágítása közben, a fluoreszcencia hullámhosszát mérve, ki lehet számítani a gyémántsatuban fennálló nyomást. [8]

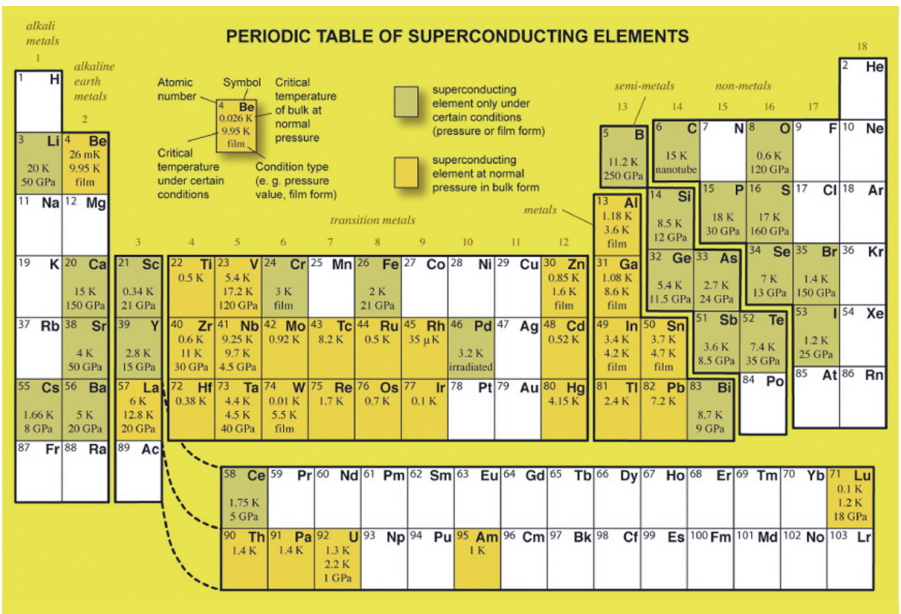
A gyémántsatuban létrehozott termékek azonosítása

Mint a **7. ábrán** látható, a gyémántsatubriliánsokba oldalról vékony csatornák (lásd a kék nyilakat) fúrhatók. Ezeken keresztül mérhetők különböző műszeres analitikai és szerkezetkutató módszerek alkalmazásakor a bevezetett vagy kibocsátott jelek. A **7. ábrán** a röntgendiffrakciós nyomásmérés szerepel. De alkalmazható például az infravörös spektroszkópia, a Raman-spektroszkópia, a Brillouin-szóródás, vagy az ultrahangos interferometria is. [9] Meg kell még említenünk, hogy a nagy nyomás hatását az atomokon és molekulákon elméleti kémiai módszerekkel is tanulmányozták.

7. ábra. Gyémántsatuban képződött termékek analízise [9]



8. ábra. A szupravezető elemek periódusos rendszere [18]



Atomok, molekulák és vegyületek nagy nyomáson

A továbbiakban néhány válogatott példát szeretnénk bemutatni atomok, molekulák és vegyületek viselkedéséről a gyémántsatu által létrehozható nagy nyomáson. Normális (Föld közeli) nyomáson a fémes elemek a periódusos rendszerben jól meghatározott helyen szerepelnek. Nagyon nagy nyomáson azonban fémesedést mutattak ki olyan elemeknél, mint az oxigén [11,12], a halogének (jód és bróm) [13,14] és a nemesgázok [15]. Több esetben, különösen a periódusos rendszer IV. és V. csoportjába tatozó elemek esetében megfigyelték, hogy nagy nyomáson úgy viselkednek, mint ugyanazon csoportok nehezebb elemei. Nagyon nagy nyomáson az argon olvadáspontja magasabbá válik, mit a vasé. [16,17] Egyszerű fémek és félfémek, például a Rb, Sr, Ba, Te, Sn és Ga szokatlan diszproporcionálódási reakciókat mutatnak nagy nyomáson: különböző alrácsokat alkotnak, amelyekben az atomoknak különböző a formális oxidációs állapota. [17] Végül meg kell említenünk, hogy nagy nyomáson a periódusos rendszer számos eleme szupravezetővé válhat **(8. ábra)**. [18]

Utószó

A fentiekben be kívántuk mutatni a nagy és az extrém nagy nyomások létrehozására kidolgozott technológiát. Ez megvalósította a szobányi, nagyméretű présgépek **(4. ábra)** helyettesítését kisméretű, laboratóriumokban használható berendezésekkel **(6. ábra)**. Néhány választott példán hangsúlyozni szerettük volna az irodalmi „marokbaszorítás" hasonlatával élve egy új kémia, a gyémántsatuba szorított kémia kialakulásának kezdeteit. Meggyőződésünk, hogy a világűrben és a Föld mélyén lejátszódó folyamatok még jobb megértéséhez vezethet.

IRODALOM

[1] M. Chalmer, Elements at the extreme, New Scientist (2015) szeptember 12.
[2] Braun András grafikus fikciós alkotása
[3] https://hu.wikipedia.org/wiki/Nyom%C3%A1s
[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_press
[5] https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_diamond
[6] http://www.spring8.or.jp/en/news_publications/press_release/2010/100405/
[7] http://www.esrf.eu/exp_facilities/ID18/pages/technique/tech_hp.html
[8] H. K.Mao, J. Xu, P. M.Bell, Calibration of the Ruby Pressure Gauge to 800 kbar Under Quasi-Hydrostatic Conditions, J. Geophys.Res. (1980) 91, 4673.
[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Mineral_physics
[10] M-S. Miao, Caesium in high oxidation states and as a p-block element, Nature Chem. (2013) 5, 846.
[11] Y. Akahama, H. Kawamura, D. Häusermann, M. Hanfland, O. Shimomura, New High-Pressure Structural Transition of Oxygen at 96 GPa Associated with Metallization in a Molecular Solid, Phys. Rev. Lett. (1995) 74, 4690.
[12] G. Weck, S. Desgreniers, P. Loubeyre, M. Mezouar, Single-Crystal Structural Characterization of the Metallic Phase of Oxygen, Phys. Rev. Lett. (2009) 102, 255503.
[13] N. Sakai, K.-I. Takemura, K. Tsuji, Electrical Properties of High-Pressure Metallic Modification of Iodine, J. Phys. Soc. Jpn. (1982) 51, 1811.
[14] A. San Miguel, H. Libotte, J. P. Gaspard, M. Gauthier, J. P. Itié, A.Polian, Bromine metallization studied by X-ray absorption spectroscopy, Eur. Phys. J. (2000) 17, 227.
[15] K. A. Goettel , J. H. Eggert, I. F. Silvera, W. C. Moss, Optical evidence for the metallization of xenon at 132(5) GPa, Phys Rev Lett. (1989) 62, 665.
[16] A. P. Jephcoat, Rare-gas solids in the Earth's deep interior, Nature (1998) 393, 355.
[17] P. F. McMillan, Chemistry at high pressure, Chem. Soc. Rev. (2006) 35, 855.
[18] C. Buzea, K. Robbie, Assembling the puzzle of superconducting elements: A Review, Supercond. Sci. Technol. (2005) 18, R1.

Mikor sérül a tudomány szabadsága?

Az európai tudományos akadémiákat összefogó ALLEA (All European Academies) és az európai tudományos akadémiaként működő Academia Europaea – Lovász László, az MTA elnöke meghívására – a Magyar Tudományos Akadémián rendezte első közös éves konferenciáját és közgyűlését.

A konferencia fő témája az volt, hogy milyennek ítélik a tudósok Európa jövőjét és fenntartható fejlődését a kulturális örökség, a szociális ellátórendszerek, az egészségügy, a gazdaság, a klíma és a tudomány területén.

Az ALLEA alelnöke, Ed Noort egy interjúban azt is kifejtette, hogy aggályos, ha a politika vagy a magáncégek – a finanszírozáson keresztül – megpróbálnak saját céljaik eléréséért beleszólni az akadémiai tevékenységbe. Arra kérdésre, hogy milyen hatással volt Donald Trump elnökké választása az európai tudományos életre, a következőt válaszolta: „Trumpnak nem elég levelet írni vagy tweetet küldeni, amit inkább nem is erőltetünk. Mint intézménnyel mi az amerikai Nemzeti Tudományos Akadémiával (NAS) vagyunk szoros kapcsolatban, amellyel kölcsönösen segítjük egymást. Amerikában jelenleg a legégetőbb problémát a klímaváltozáshoz való hozzáállás és az álhírek terjedése jelenti. Trump tevékenységének egyik legrosszabb következménye a tudomány hitelességébe vetett bizalom megrendítése. Jelenleg épp egy olyan munkacsoport megalapításán dolgozunk, amely a közvélemény tudományba vetett bizalmát vizsgálja az úgynevezett post-truth (valóság utáni) korszakban."

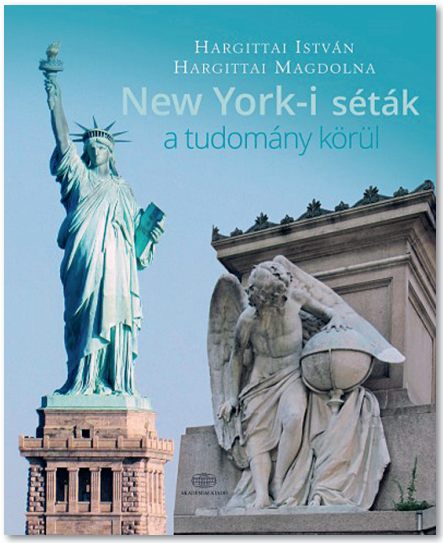


FOTÓ: MTA.HU/SZIGETI TAMÁS

A tudományos élet kétsebességes Európájának lehetőségét latolgatva Ed Noort kijelentette: „A legaktívabb akadémiák Nyugat-Európában vannak. Ahogy kelet felé haladunk, ezek száma csökken, ami alól az MTA, az ALLEA egyik alapító tagja még kivétel. Az ALLEA filozófiája a szélesebb körű, Európán átívelő együttműködés kialakítása. Fontos, hogy legyen egy jó mérőeszköz, amivel össze lehet hasonlítani az országok tudományos teljesítményét. Ilyen lehet például az ERC (Európai Kutatási Tanács) grantjeinek rendszere. Az elnyert ERC-granteket tekintve Magyarország kiemelkedő helyen szerepel a régiójában." *(mta.hu)*

Egy világváros rejtőzködő arca

2017. június 7-én az MTA Könyvtár és Információs Központ és az Akadémiai Kiadó közös szervezésében mutatták be Hargittai István és Hargittai Magdolna új könyvét, amelynek címe *New York-i séták a tudomány körül*. A könyvről Heller Ágnes filozófus, akadémikus, a The New School (New York) Hannah Arendt professzora, a kötet születéséről, a szerzők, Hargittai Magdolna akadémikus és Hargittai István akadémikus beszéltek vetített képes előadásban az MTA könyvtárának zsúfolásig megtelt előadótermében (https://videotorium.hu/hu/recordings/16778/new-york-i-setak-a-tudomany-korul-konyvbemutato).



A kötet 2016 novemberében *New York Scientific. A Culture of Inquiry, Knowledge, and Learning* címmel az Oxford University Press gondozásában megjelent angol kiadás nyomán készült. A több mint 800 – zömmel a szerzők által készített – fényképpel illusztrált könyvet egy formálódó sorozat második darabjaként is üdvözölhetjük, hiszen a korábban megjelent *Budapesti séták a tudomány körül* című kötet (Akadémiai Kiadó, Budapest, 2015; eredeti angol kiadás: I. Hargittai and M. Hargittai, *Budapest Scientific. A Guidebook*, Oxford University Press, Oxford, UK, 2015) fogadtatása inspirálta a szerzőket a folytatásra.

A szerzők az újabb séta helyszínéül New York városát választották, ahol először 1969 nyarán jártak. Az elmúlt közel öt évtized alatt nemcsak fényképeket és barátokat gyűjtöttek, de sok nagyszerű tudóssal, kutatóval és intézménnyel, ezek működésével is megismerkedtek. Ebből az ismeretárból, a tapasztaltakról kap személyes hangú ízelítőt az olvasó. Az áttekintés főként a természettudományokhoz kötődik, de meggyőzően bemutatja azokat az orvos- és műszaki tudományi emlékeket is, amelyek korábbi századok felfedezőihez, a természetbúvárokhoz, az elődökhöz és a kortársakhoz kapcsolódnak. Megismerhetjük azokat az épületeket, amelyek színhelyei (voltak) az esetenként világraszóló felfedezéseknek (pl. Bell Laboratories [1925], Pupin Physics laboratories, Pupin Hall [1925]), a múzeumokat (pl. American Museum of Natural History [1869]), valamint a tudós társaságokat (pl. American Chemical Society [1876], American Physical Society [1899], New-York Historical Society [1804], The American Institute of Architects [1857]), amelyeknek alapítói és/vagy jeles tagjai, támogatói voltak eredményes kutatók.

A kötet számba veszi a városhoz, illetve az Amerikai Egyesült Államokhoz kötődő Nobel-díjasokat (számuk 2015 végén 330 felett volt), tudományos eredményeiket megörökítő képzőművészeti alkotásokat, emléktáblákat, valamint – tágabban – a tudományhoz, a tudományos gondolkodáshoz kapcsolódó emlékhelyeket, művészeti alkotásokat, emlékműveket. Külön kiemelést kapnak a női szerzők, kutatók emlékei. Az olvasó természetesen találkozik, mások mellett, Teller Ede és Szilárd Leó nevével, akik a Columbia Egyetemen – a Manhattan-terv előkészítéseként – végeztek alapvető magfizikia kísérleteket, és Bartók Béla emléktáblájával, utolsó New York-i lakhelyének bejáratánál (Bartók utolsó nyilvános fellépése 1943. január 21-én volt a Carnegie Hallban).

A nyolc fejezetre tagolt munka bevezeti az olvasót abba a városba, amelyet a közvélemény a nemzetközi kereskedelem, a gazdaság, a pénzügyi világ központjaként ismer. De a séta útvonala nem ez: a szempont, amelyből a szerzők vizsgálódásának eredményeit látjuk, a tudást, a tudományos gondolkodást befogadó város, ahol nem az számít, hogy honnan jössz, hanem az, hogy mit szeretnél elérni, tudással, ambícióval, szorgalommal, rátermettséggel és odaadással. Megismerhetjük azt a szellemi/intellektuális és fizikai/építészeti környezetet (például New York Public Library, American Institute of Architects), amely ösztönzi a tudás elsajátítását, a középiskolákat (high schools), az egyetemeket, a várost, amelyben a kultúrák együttélése és a racionális gondolkodás, a tudás társadalmilag elfogadott érték. Képet kap az olvasó arról is, hogy mindez hogyan segítette a nők, az afroamerikai vagy az emigrációba kényszerült kutatók eredményes tevékenységét, és hogy a közép- és felsőoktatási intézmények milyen fontos szerepet játszottak/játszanak a társadalmi, anyagi helyzetük miatt rászorulók – teljesítményelvű – segítésében, a tehetséggondozásban.

A „Tanulás és iskolák” fejezetben a szerzők arra is utalnak, hogy az amerikai kutatás teljesítményéhez a kutatói bevándorlás különböző hullámai mellett a város jeles középiskolái például Bronxban (Bronx High School of Science, 1938), Brooklynben (Brooklyn Technical High School, 1922) vagy Manhattan szigetén (Stuyvesant High School, 1904) jelentős mértékben járultak/járulnak hozzá. Ezekben és a hasonló iskolákban tanult közel két tucat későbbi Nobel-díjas, például Roald Hoffman kémikus (Nobel-díj, 1981) vagy Barbara McClintock genetikus (Nobel-díj, 1983). Más felsőoktatási intézmények mellett képet alkothat az olvasó a város három legnagyobb világhírű és kiemelkedő tudományos teljesítményű kutatóegyetemről: a New York University (NYU, 1831) szerteágazó tevékenységéről, és egy-egy külön fejezetetben a másik két magánegyetemről [Columbia University (1754), Rockefeller University (1901)].

A kötetet gazdagítja több tucat – a világ különböző postái által kiadott – bélyeg élvezhető méretű bemutatása, amely emléket állít ebben a formában is a városhoz köthető tudományos eredményeknek, kiemelkedő kutatóknak. A könyv képanyaga nemcsak megmutatja a – gyakran egyesületek (pl. American Chemical Society, American Associaton for Advancement of Science) vagy magánszemélyek (pl. A. Carnegie [1835–1919], J. D. Rockefeller [1839–1937] és F. T. Gates [1853–1929]) kezdemé-

nyezésére létrehozott/finanszírozott – emlékhelyek, műalkotások zavarbaejtő sokféleségét, de hűen dokumentálja is a művészi igényességet, a kutatás, a tudományos felfedezés és művészet kapcsoltát. Brinsley Tyrrell angol szobrász kapui (Bronx) vagy Lee Lawrie [1877–1963] *art deco* bronz alkotása, az „Atlas" (1937, Rockfeller Center, Manhattan) bizonyára felkelti az utazó, az olvasó érdeklődését, felfedező kedvét a városban. Mindannyiunk számára megrázó lehet a közelmúltban elhunyt kortárs művész, a német Fritz Koenig [1924–2017] alkotása, „A gömb" (1971, Word Trade Center, Manhattan), amely súlyosan megsérült 2001. szeptember 11-én, de sérülten is újjászületett, ahogyan a művész fogalmaz a kötetben idézett módon: „Ami valaha szobor volt, ma emlékmű… Saját életre kelt – más, mint amit én annak idején megálmodtam."

Az igényes kötet két mutatóval is segíti az olvasót, a kombinált név- és tárgymutató mellett külön lista jelzi a művész alkotók nevét.

A kötetről további, bővebb és részletesebb információt nyújt a Természet Világa folyóiratban megjelent – fényképekkel gazdagon illusztrált – szerzői kedvcsináló összefoglalás (Természet Világa, 147. évfolyam, 4. szám, 2016. április, http://www.termeszetvilaga.hu).

A könyvet legalább kétszer ajánlott átolvasni. Először folyamatosan, talán a részletekre kevésbé fókuszálva. E módszerrel átfogó „képet", áttekintést kap az olvasó, és meggyőződhet arról, hogy jól választott: megismeri New York eddig talán kevésbé tudatosan ismert arcát (arcait), amely a tudománnyal és az oktatással függ össze. A második olvasás során az olvasónak kedve támad mélyebben utánaolvasni például egy-egy izgalmas tudományos/műszaki problémának, egy-egy felfedezés körülményeinek, egy-egy kutató teljes életútjának.

Érdemes lesz készülni egy következő kiadásra, hiszen sokan, akik már jártak New Yorkban és még többen, akik még nem, de tervezik, biztosan örömmel vinnének magukkal egy „paperback" változatot, a jeles helyszíneket tartalmazó térképegyüttessel, amely a város mind az öt kerületét bemutatja és/vagy egy e-book változatot, ahonnan egy-egy autentikus honlap is könnyen elérhető.

Biztos vagyok abban, hogy a virtuális és talán még inkább a valós térben megvalósuló New York-i séta nemcsak szórakoztató, esetenként meghökkentő, hanem mindenképpen tanulságos is lesz egy hazai utazó számára – bármely korosztályban.

Hudecz Ferenc

Hargittai István – Hargittai Magdolna

New York-i séták a tudomány körül

Két részlet

Tudósok és feltalálók

Az 1930-as évekig az amerikai tudományt elsősorban a kísérletes kutatások és a tudományos felfedezések közvetlen alkalmazására irányuló erőfeszítések jellemezték. Az atomfizikus J. Robert Oppenheimer visszatérése európai tanulmányaiból volt az egyik ösztönző erő, ami elindította a fokozott érdeklődést az alapkutatások és az elméleti kutatások iránt. A helyzet rohamosan megváltozott a nácizmus elől menekülő tudósok Amerikába érkezésével és a háborús kutatások beindulásával, különösen pedig az atombomba előállítására szolgáló Manhattan-tervvel.

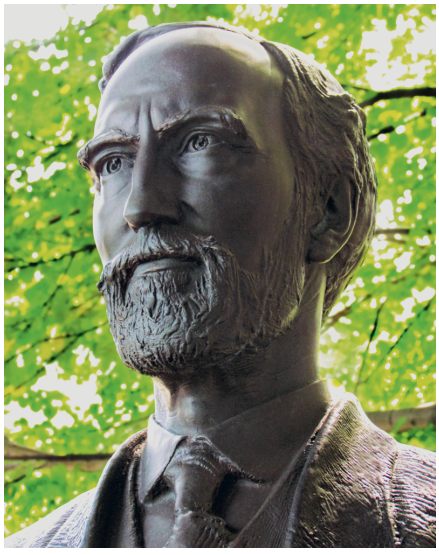
A legtöbb emlékmű technológusok és iparfejlesztők előtt tiszteleg, de előfordulnak olyanok is, amelyek kísérletes és elméleti alapkutatásokban felfedezéseket elért tudósokra emlékeznek. A nemzetköziséget olyan nagyságok emlékművei jelzik, mint Michelangelo és Gutenberg.

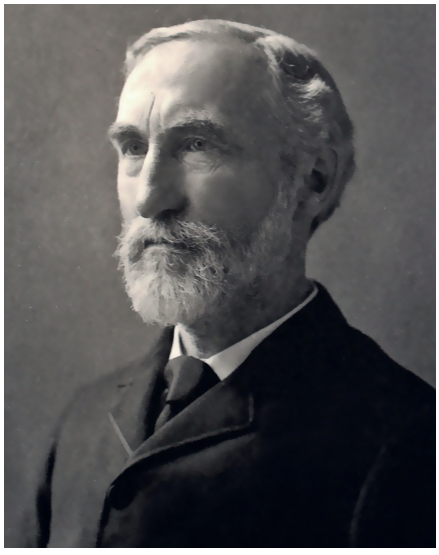
Áttekintésünkben az alapkutatásban sikeres tudósok emlékműveivel kezdünk, majd következnek a feltalálók és mérnökök – a közlekedés, telekommunikáció, elektromosság és építészet képviselői. Összefoglalónkat természetesen behatárolja az a tény, hogy kikről készültek emlékművek, így sajnos sok fontos terület és neves képviselője hiányzik.

Alapkutatások

Josiah W. Gibbs (1839–1903) a Yale Egyetemen volt a matematikai fizika professzora és egyben a matematikai fizika első professzora az Egyesült Államokban. A termodinamikában és a statisztikus mechanikában felállított elméletei döntő hatással voltak a modern kémia kialakulására is, őt tekintjük a fizikai kémia egyik megalapozójának. Gibbs szerint: „Az elméleti kutatások egyik célja, hogy a lehető legegyszerűbb képet alakíthassuk ki vizsgálódá-

Josiah W. Gibbs mellszobra (Stanley Martineau, 1957) a bronxi dicsőségcsarnokban és Gibbs fényképe 1895-ből vagy korábbról (a *Zeitschrift für Physikalische Chemie* 1895-ös 18. kötetének egyik számában)





A FOTÓK A SZERZŐK FELVÉTELEI, HA NEM JELEZZÜK MÁSKÉNT

saink tárgyáról.” Ez az idézet a bronxi dicsőségcsarnokban felállított Gibbs-mellszobor alatti emléktáblán olvasható.

Gibbs szófukar személyiség volt, aki inkább a matematika nyelvén szeretett kommunikálni. Első nagyobb dolgozatát 1875-ben írta, és a 140 oldalas cikket a Connecticut Állam Tudományos Akadémiájának alig ismert *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* című folyóiratában jelentette meg. Következő dolgozata 181 oldalas volt. Amerikában kevesen vették észre ezeket a dolgozatokat, és még kevesebben tartották őket fontosnak. Más volt a helyzet Európában, ahol Gibbs cikkeit lefordították németre és franciára. Annak ellenére, hogy a dolgozatok erősen elméleti jellegűek voltak, idővel kiderült, hogy ipari alkalmazásuk nagyon hasznos. A nagy német kémikus, Wilhelm Ostwald Gibbset tartotta a „kémiai energetika megalapozójának”.[1]

Gibbs nemcsak nagy elméleti tudós volt, hanem gyakorlati problémák megoldásában is jeleskedett. Kidolgozta az acélból készült kerekek és hajtóművek hatékony alkalmazásának elveit a vasúti kocsik fékrendszerében, és szabadalmaztatta találmányait. A méterrendszer korai hívei közé tartozott, és már 1860-ban kérte a Connecticuti Tudományos Akadémia támogatását a méterrendszer amerikai bevezetéséhez. Hazai elismerése lassan haladt, és még 1945-ben sem kapta meg a szükséges szavazatokat ahhoz, hogy mellszobrát elhelyezzék a bronxi dicsőségcsarnokban. Erre 1950-ben került sor.

Albert A. Michelson (1852–1931) kísérleti fizikus volt az első amerikai, aki tudományos Nobel-díjat kapott. Az annapolisi Haditengerészeti Akadémián tanított fizikát és kémiát, és a fénysebesség foglalkoztatta.

Megjegyezte, hogy „az a tény, hogy a fénysebesség az emberi értelem számára annyira nehezen felfogható, azzal együtt, hogy viszont nagyon pontosan meg tudjuk mérni, a kutatók számára ezt a problémát rendkívül izgalmas kihívássá teszi”.[2] Michelson 1907-es fizikai Nobel-díját az általa készített műszerekért és a velük végzett mérésekért ítélték oda. A fénysebességet vákuumban kísérleti úton 299 828 kilométer/másodpercnek határozta meg.[3]





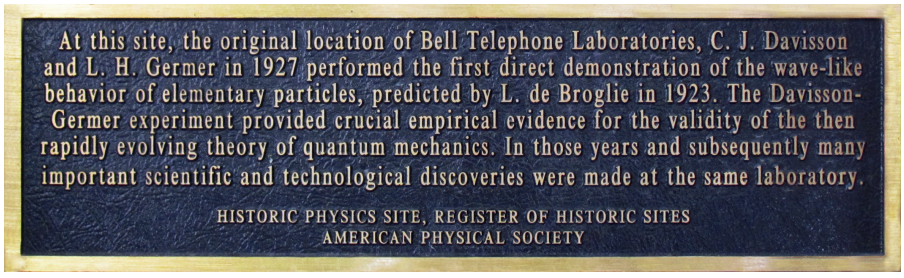
Albert A. Michelson mellszobra (Elisabeth G. Chandler, 1973) a bronxi dicsőségcsarnokban és Michelson fényképe (https://www. flickr.com/photos/smithsonian/sets/72157605338975676, 2015. február 14.)

Clinton J. Davisson (1881–1958) a Bell Laboratóriumok fizikusa volt Manhattanben. Davisson és munkatársa, Lester H. Germer fedezte fel 1927-ben kristályokon végzett kísérletekben az elektrondiffrakciót. Ezért a felfedezésért Davisson a brit George P. Thomsonnal (1892–1975) kapott megosztott Nobel-díjat 1937-ben. Thomson Davissontól függetlenül tett hasonló felfedezést.

Balra: Clinton J. Davisson és Lester H. Germer 1927-ben, röviddel mérföldkő jelentőségű kísérletük után (az AT&T Archives and History Center szívességéből)**. Jobbra: a Bethune Street 55. bejárata, amelynél egy kisméretű emléktábla húzódik meg szinte észrevétlenül (képünkön nyíllal jelezzük a helyét). Alul: az emléktábla**







[1] Bemard Jaffe: *Men of Science in America: The Story of American Science Told through the Lives and Achievements of Twenty Outstanding Men from Earliest Colonial Times to the Present Day* (New York: Simon and Schuster. Revised Edition, 1958), 312.
[2] uott, 361.
[3] Mai ismereteink szerint (2015) ez 299 792,458 km/s.

Davisson felfedezésének történelmi jelentősége abban áll, hogy kísérleti bizonyítékot szolgáltatott az anyag kettős, hullám-részecske természetére vonatkozóan. Néhány évvel korábban Louis de Broglie (1892–1987) fedezte fel elméletileg ezt a kettős természetet. Davisson és Germer elektronokat – részecskéket – irányított egy nikkelkristályra, és az elektronok diffrakcióját figyelte meg, amire csak hullámok képesek. Ez volt az anyag kettős természetének kísérletes bizonyítéka.

Davisson és Germer a Bell Laboratóriumok Bethune Street 55. számú épületében dolgozott, amely a Bethune utcában, a West és a Washington utcák között félúton található.[4] Ez az épület része volt annak a háztömbnek, amely 1898 és 1966 között a Bell Laboratóriumok manhattani telephelye volt, és amelyet a West, Washington, Bank és Bethune utcák fognak közre. Sok nagyszerű technológiai találmány született ezen a helyen, mielőtt a Bell New Jersey-be költöztette volna laboratóriumát. Az egyik legjelentősebb találmány a tranzisztor volt, de az New Jersey-ben született 1947-ben, csak Manhattanben hozták nyilvánosságra 1948. június 30-án.

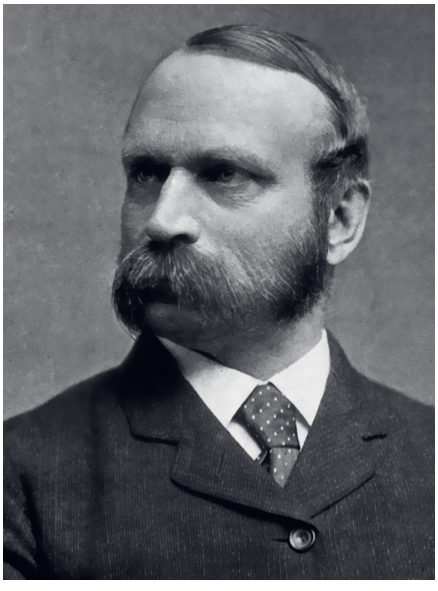


A Havemeyer Hall és Frederick C. Havemeyer emléktáblája az előcsarnokban



Charles F. Chandler mellszobra a Havemeyer Hall előcsarnokában és Chandler portréja
(http://ihm.nlm.nih.gov, „Images from the History of Medicine” című gyűjtemény, 2015. május 18.)





A Columbia Egyetem

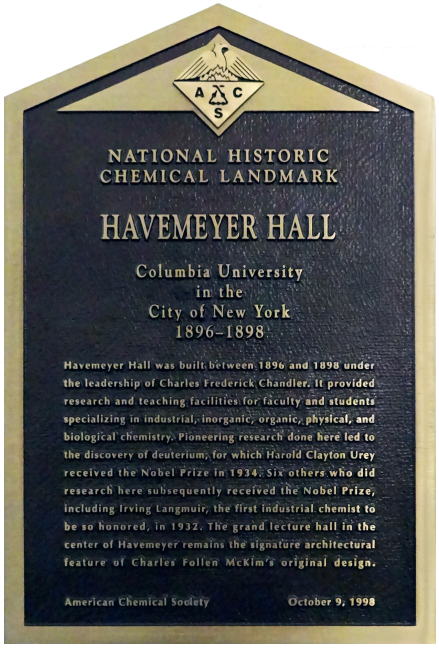
Kémia

A Columbia kampuszának legrégebbi épülete, a Havemeyer Hall (Charles F. McKim tervel alapján) a kampusz közepétől északnyugatra a Lewisohn, majd a Mathematics Hall után következik. Felépítéséhez Theodore Havemeyer (1839–1897) adott anyagi támogatást, akinek családja a cukoriparban gazdagodott meg.

Charles F. Chandler (1836–1925) 1864-ben lett a Columbia Egyetem munkatársa, akkor, amikor megnyílt a Bányászati Iskola, és ebben Chandler is közreműködött. Egy időben Chandler volt a Bányászati Iskola dékánja, később a gyógyszerészeti kar dékáni tisztjét töltötte be, végül az orvosi kar dékánjaként szolgált. Érdeklődési körébe tartozott többek között a közegészségügy és a pedagógia. Chandler 54 évet töltött a Columbián, és ma múzeum őrzi emlékét a Havemeyer Hallban. Chandler volt az, aki meggyőzte Leo Baekeland (1863–1944) belga kémikust, hogy az Egyesült Államokban telepedjen le. A Baekeland által felfedezett bakelit jelezte a műanyagok korának kezdetét.

■

[4] Ma az épület egy Westbeth Artists' Housing nevű művészkolónia otthona.



Fent: a Havemeyer Hall előcsarnokában emléktábla ismeri el a Columbia kémikusainak kimagasló eredményeit. Lent: Harold C. Urey és munkatársai fedezték fel a deutériumot. Erről szóló cikkük 1932-ben jelent meg. A Columbia kémia tanszékén emléktábla tiszteleg a mérföldkő jelentőségű cikk előtt (Vera V. Mainz szívességéből)



Az Amerikai Kémiai Társaság a Havemeyer Hallt nemzeti kémiai emlékhelyként tartja számon. Az erről szóló emléktábla kiemeli Chandler és Urey munkásságát. Urey és munkatársainak a deutérium felfedezéséről szóló cikke 1932-ben jelent meg,[5] és Urey 1934-ben kapott Nobel-díjat. A Columbia Egyetemről hat további kémikus felfedezéseit jutalmazták Nobel-díjjal, köztük a már említett Langmuirét. Langmuir volt az első, aki ipari jellegű munkásságért kapta meg ezt a kitüntetést.

A Havemeyer Halltól nem messze van Frederick A. Goetze emlékpadja, aki 53 évig dolgozott a Columbián, és az alkalmazott tudományok dékánjaként is szolgált.

A kémiai Nobel-díjas Harold C. Urey (1893–1981) lelkészcsaládba született, és az Indiana és Montana államokban töltött eseménytelen évek után kiváló mentoroknál tanult. Doktori munkáját G. N. Lewis vezetésével készítette el a Kaliforniai Műszaki Egyetemen. Posztdoktorként Niels Bohrnál kutatott Koppenhágában. A Columbia Egyetemen 1929-ben kezdett, és a hidrogénizotóp deutériumot 1931-ben fedezte fel.

A Frederick A. Goetze-emlékpad és a híres szerveskémia-professzor, Gilbert Stork 1999-ben



Urey a Nobel-díj után is folytatta kutatásait. Irányította a Columbia Egyetemen az atombombával kapcsolatos védelmi kutatásokat. A háború után a Chicagói Egyetemhez csatlakozott, ahol a Manhattan-terv több híres résztvevője vállalt munkát. Urey 1958-ban Kaliforniába költözött, ahol Stanley Miller kémikuskollégájával együtt érdekes kísérletekkel szimulálták azokat a körülményeket, amelyek között annak idején az élet kialakulhatott a Földön. Urey-t a Hold-kutatások is érdekelték, és a Holdról lehozott kőzetmintákat elemzett.

Urey önzetlen ember volt, akit érdekelt munkatársainak jóléte. A nemzetközileg ismert biokémikus, Mildred Cohn (1913–2009) a Hunter Egyetemen végzett, és 20 egyetemre is pályázott, hogy doktori iskolában tanulhasson tovább, de sikertelenül. Meg kellett szakítania tanulmányait, hogy elég pénzt gyűjtsön össze ahhoz, hogy doktorátust szerezhessen. Urey-hez még Urey Nobel-díja előtt jelentkezett. Urey tudott Cohn nehézségeiről, és amikor megkapta a Nobel-díjat, ragaszkodott ahhoz, hogy pénzt adhasson Cohnnak. Nobel-díjának legnagyobb előnyét abban látta, hogy a díj összegének egyik feléből anyagilag segíthette munkatársait.[6] A díj másik felét a fizikus Isidor I. Rabinak adta, hogy se-

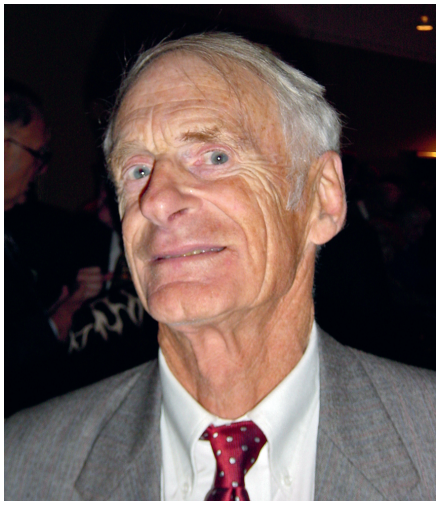
Harold C. Urey a Tudományos és Fejlesztési Hivatal (Office of Scientific Research and Development, OSRD) más munkatársaival együtt Bohemian Grove-ban 1942. szeptember 14-én. Balról jobbra: Thomas Crenshaw őrnagy, J. Robert Oppenheimer, Urey, Ernest O. Lawrence, James B. Conant, Lyman J. Briggs, E. V. Murphree, A. H. Compton, Robert Thornton és K. D. Nichols ezredes (a Lawrence Berkeley Nemzeti Laboratórium szívességéből © The Regents of the University of California, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2010)



[5] H. C. Urey-F. G. Brickwedde-G. M. Murphy: A Hydrogen Isotope of Mass 2. *Physical Review*, 39 (1932), 164–165. A szerzők a Columbia Egyetem (Urey és Murphy) és a Nemzeti Szabványügyi Hivatal (Brickwedde) munkatársai voltak.

[6] Istvan Hargittai: Mildred Cohn. In uő: *Candid Science III: More Conversations with Famous Chemists* (Edited by Magdolna Hargittai, London; Imperial College Press, 2003), 250–267.





Mildred Cohn 2002-ben Philadelphiában és William Knowles 2001-ben Stockholmban

gítse kutatásait, amivel a kezdő Rabi szinte szárnyakat kapott úttörő vizsgálataiban.[7]

William S. Knowles (1917–2012) kémiai tanulmányokat folytatott a Columbián 1939 és 1942 között, majd a Columbia után az iparban folytatta pályafutását. 2001-ben megkapta a kémiai Nobel-díjat két másik, tőle függetlenül dolgozó tudóssal megosztva. Mindhárman a királisan katalizált kémiai reakciók kutatásában tettek felfedezéseket.

A hagyományoknak megfelelően a díjátadó ünnepségen egy svéd akadémikus méltatta néhány szóban Knowles felfedezéseinek jelentőségét. Ezek a méltatások általában természetüknek megfelelően személytelen jellegűek. Ebben az esetben azonban valami kivételes történt. A svéd professzor, Per Ahlberg elmondta, hogy

[7] John S. Rigden: Rabi: *Scientist and Citizen* (New York: Basic books, 1987), 90.



A Fairchild Center a kampuszon folyó biológiai kutatások központja

Knowles munkája tette lehetővé, hogy ipari méretekben állítsák elő az L-DOPA gyógyszert, amelyet a Parkinson-kórban szenvedő betegek kezelésére használnak, hogy szenvedésüket enyhítsék. Milliók szenvednek ebben a kórban, mondta Ahlberg, köztük saját apja is, tette hozzá a svéd tudós. Ritka megható pillanata volt ez az egyébként is fenséges ünnepségnek.

Kémiával nemcsak a kémia tanszékeken foglalkoznak a Columbián, hanem a biológiai tanszékeken is, és ez persze fordítva is igaz. A 2008-as kémiai Nobel-díjas Martin Chalfie (1947–), a Fairchild Központban működő biológiai kutatások egyik vezetője szoros együttműködésben dolgozott a Columbia felső-manhattani orvosi központjában működő orvosbiológiai kutatókkal. Chalfie a kitüntetést a zöld fluoreszkáló fehérje felfedezésével és hasznosításával kapcsolatos munkáiért kapta.

A Havemeyer Hall előtt álló oroszlánszobor az 1971-ben végzettek ajándéka volt 2004-ben az egyetem számára az egyetem alapításának 250. évfordulója alkalmából.

„A kutatók oroszlánja" (Greg Wyatt, 2004) a Havemeyer Hall előtt



Híresek és kémikusok

Bud Spencer

Carlo Pedersoli, vagyis művésznevén Bud Spencer (1929–2016) kétségtelenül minden idők *legnagyobb* olasz filmszínésze volt. Kémikusnak is a *legnagyobb* lehetett volna, ha egyetemi tanulmányait befejezi. Önéletrajzának második kötetében (Nyolcvan év alatt a Föld körül), az egyik fejezetben a Facebookon feltett kérdésekre is válaszol. Az egyik kérdés így hangzott: mi akartál lenni gyermekkorodban? Bud Spencer válasza: „Hiszitek vagy sem, vegyész akartam lenni. Egy jó darabig ki is tartottam az álmom mellett, sőt, az egyetemen is vegyészetet tanultam."

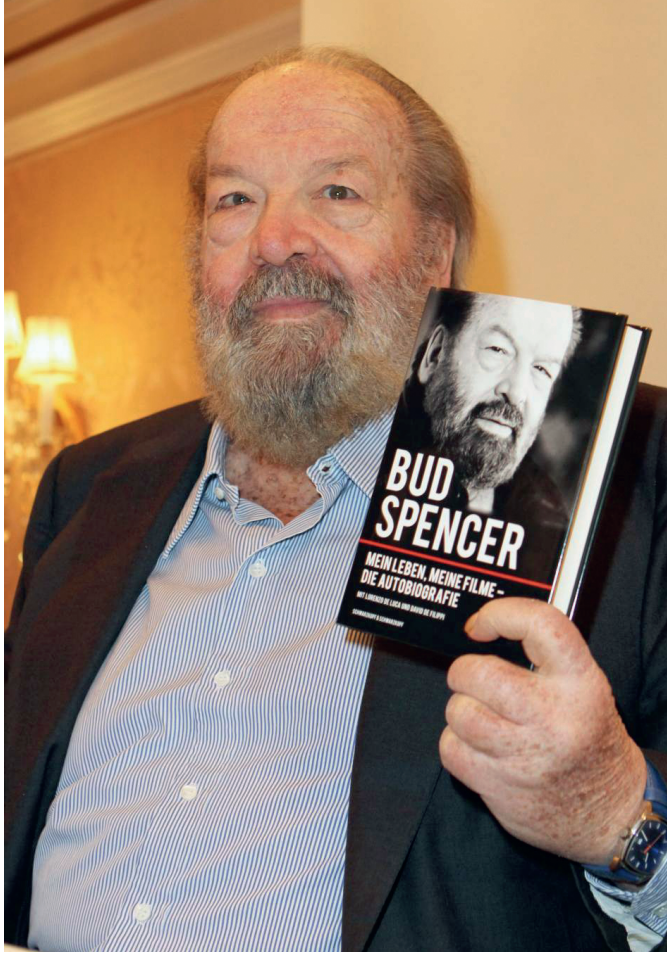
Carlo Pedersolinak mindig azt mondták a szülei (ezzel kezdődik önéletrajzi könyve is), hogy „1929. október 31-én délután négy órakor született Nápolyban". Már születésekor is hat kilót nyomott. Német nevelőnője volt, ezért saját bevallása szerint egy ideig nemigen beszélt olaszul, különösen a nápolyi tájszólást nem értette. Apja, Alessandro, gyártulajdonos volt. Sorsa akkor fordult nehezebbre, amikor 1943-ban épp az üzeme előtt ért bombatalálat egy lőszert szállító hajót a nápolyi kikötőben, s ez a gyárépületben is visszafordíthatatlan károkat okozott. A baleset hatására a család a biztonságosabbnak tűnő Rómába költözött.

Carlo mindig is remek tanuló volt, a középiskolát az előírtnál rövidebb idő alatt végezte el, ezért korának legfiatalabb olasz egyetemistája lett: még tizenhat éves sem volt, amikor beiratkozott kémia szakra a római Sapienza Egyetemre. Itt is kitűnően haladt, de családja az anyagi nehézségek miatt elhagyta Olaszországot: 1947-ben Dél-Amerikába költöztek, még bőven azelőtt, hogy Carlo diplomát szerezhetett volna. Apja a brazíliai Recifében benzinkannákat gyártó üzemet alapított, de Carlo ekkor már nem akarta jelenlétével növelni az anyagi gondokat: először a Buenos Aires-i kikötőben lett rakodómunkás, majd visszatérve Brazíliába az olasz konzulátus kifutófiúja lett. Később nagy hasznát vette kémiai képzettségének, amikor a Dupont cégnél talált állást. Krokodilbőr és textilfélék kezelésére használt lakkokat gyártottak, s ennek a szakmának minden akkori fogását kitanulta. Kollégái „El Quimicó"-nak, azaz „vegyész"-nek szólították. Munkája révén nagyon sokfelé járt Brazíliában, ezt a dél-amerikai országot egész életében álomszerűnek tartotta. 1951-ben, apja egészségének megromlása miatt tértek vissza Rómába.



Carlo Pedersoli az olasz úszóválogatottban

Carlo kivándorlásuk előtt sokat sportolt. Középiskolában a rögbicsapat oszlopos tagja volt, de emellett az egyik legjobb olasz úszónak tartották: tizenhét évesen olasz bajnok lett mellúszásban. Ilyen irányú tehetsége hazatérése után nyilvánult meg leginkább. Részt vett az 1952-es és 1956-os olimpián és három Európa-bajnokságon, s az első olasz volt, aki egy percen belül úszott száz métert. Önéletrajzában megkapó őszinteséggel írja le, hogy sportsikerei leginkább adottságainak voltak köszönhetők, és nem kemény edzésmunkájának. Utólag már úgy gondolta, hogy ha nem cigarettázik szinte folyamatosan, akkor valószínűleg még jobb teljesítményt is elérhetett volna. Tagja volt az olasz vízilabda-válogatottnak; egy tornán Budapesten is járt az 1950-es években. Erről szóló emlékeit könyvében egy rövid, Bud-a-Pest (olasz szójáték, jelentése: Bud Pesten) című fejezetben írta le.



Bud Spencer önéletrajzi könyvével

Későbbi pályafutása alatt még egyszer megpróbált visszatérni a kémiához. Számos üzleti vállalkozásának egyike olyan rendkívül tartós lakkok és festékek forgalmazása lett volna, amelyeket egy hamburgi mérnök talált fel. Úgy gondolta, ebben nagy segítségére lehet egy barátja, aki Olaszországban a zebrák újrafestéséért volt felelős. Az ő (egyébként kifogástalanul őszinte) reakcióját így idézi fel: „Istenem, Carlo-Carlo! Hát hol élsz te? Félévente újrafestetem a zebrákat, és ebből egész jól megélek. A legcsekélyebb mértékben sem kételkedem a terméked minőségében, de épp ezért a legcsekélyebb mértékben sem érdekel: egy örökké tartó festék tönkretenne."

Meglepő, de a sok-sok film ellenére Bud Spencer nem tartotta magát igazi színésznek. A filmszerepek eleinte azért kellettek neki, hogy aktuális üzleti vállalkozásának csődjét valamilyen keresettel ellensúlyozza. Művészneve testalkatára („bud" angolul bimbót jelent), illetve Spencer Tracy iránt érzett tiszteletére való utalásként született. Soha nem tanult színjátszást, és soha nem is gondolta magát egyenrangúnak a képzett színészekkel, így gyakori filmbeli társával, Terence Hill-lel sem (valódi nevén Mario Girotti). Kettejük filmjei az egészen világon nagyon sikeresek voltak, de az olasz közvélemény sokáig azt sem tudta, hogy valójában mind a ketten olaszok, és azt is csak kevesen ismerték fel, hogy Bud Spencer azonos az egykori úszóbajnok Carlo Pedersolival.

Lente Gábor

Kutasi Csaba

A gépkocsikban utazók védelme és a nátrium-azid

Az ütközéskor gyorsan felfújódó, életmentő párnaként beavatkozó textilterméket a gépkocsikban először szemből, a vezető és első utasa védelmére helyezték el. Majd oldalról, illetve a térdnél is védő légzsákok és fentről függönyként leereszkedő vékonyabb, gázzal töltött párnák is helyet kaptak a gépkocsik utasterében. A védelmet nyújtó légzsákok általában a nátrium-azidból közvetlenül felszabaduló nitrogéngázzal fújódnak fel, vagy a pirotechnikai eszközben – kisebb mennyiségben jelen levő – azonos robbanótöltet nyitja meg a sűrített semleges gázzal töltött patront. A baleset bekövetkeztekor fontos a biztonsági övek automatikus előfeszítése, ebben is jelentős szerepe van a nátrium-azid-tartalmú töltetnek.

Walter Linderer német és John W. Hetrick amerikai mérnök – egymástól függetlenül – 1951-ben nyújtotta be az első légzsák-szabadalmat. Linderer sűrített levegős rendszert fejlesztett, amit a lökhárítóra ható ütés vagy a gépkocsivezető működtetett. Hosszabb kísérletezés után kiderült, hogy a sűrített levegő nem tudta elég gyorsan felfújni a védelmi eszközt. Hetrick ipari mérnök volt, majd haditengerész. A torpedóknál használt sűrített levegős megoldás adta az ötletet, találmányát értékesnek találták, de miután – az akkori megítélés szerint – kevés gazdasági értéket képviselt, használata nem terjedt el (ilyen körülmények között járt le szabadalma). Japánban Yasuzaburou Kobori rendszere 1964-ben már felkeltette a nagyobb érdeklődést, ez alapozta meg a ma is használatos légzsákrendszerek alapját, beleértve a pirotechnikai eszközt alkalmazó nitrogéngáz-fejlesztést a légzsák felfújására.



Hagyományos légzsák a vezető és az első utas számára



Térdlégzsák



Függöny- és oldallégzsákok

Példák légzsákokra

A védelmi eszközök fontosságára jellemző, hogy 50 km/h-s ütközésnél a testtömeg 25-szöröse hat a tehetetlenség miatt. Fontos tudni, hogy a balesetek 30%-a oldalütközésnél következik be, a súlyos sérülések 40%-a is ebből származik. A légzsákokkal ellátott gépkocsikban ugyanakkor különösen veszélyes a biztonsági öv bekapcsolása nélkül utazni, mert az esetenként 300 km/h körüli gyorsasággal kicsapódó párna is súlyos sérüléseket idézhet elő.

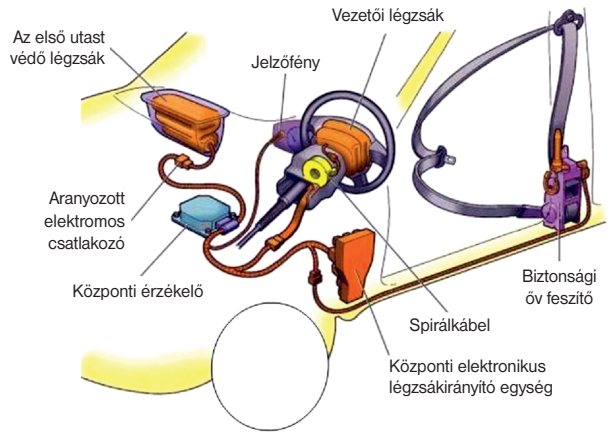
Ma már a gyalogosvédelmet ellátó külső alkalmazások is fellelhetők, például egyes terepjárók lökhárítóján, motorháztetőjén, illetve a szélvédője előtt felfúvódó légzsák óvja a komolyabb sérülésektől az elütött személyt. Így balesetkor a külső légzsák a gyalogosok túlélési esélyeit jelentősen növeli.

A beszerelt légzsákok működése

A központi légzsákvezérlő-egységhez több szenzor kapcsolódik, így többek között a gyorsulás- és ütközés-, ajtónyomás-, kerékfordulatszám-érzékelők, giroszkóp (a gépkocsi borulásakor), féknyomásszenzorok és az ülések elfoglaltságát érzékelők. A központi gyorsulásérzékelő kimenőjelének időbeni változása a működtető bemenőjele. Ha a nyugalmi jeltől eltérő érték képződik, de ez csak rövid ideig áll fenn, úgy a rendszer normál állapotba visszaáll, parancskiadás nélkül (pl. ezért nem aktiválódik a légzsákrendszer a padkának ütközéskor). Egyéb jelváltozáskor – a többi szenzor jelértékelést figyelembe véve – jön létre a légzsáknyitási utasítás. A vezetői légzsák a kormánykerékben, az első utasé a műszerfalban, az oldal- és függönylégzsákok a beavatkozás helyénél vannak.

Vészhelyzetben a pirotechnikai eszköz elektromos gyújtásra aktiválódik, az égő hajtóanyag által felszabaduló gáz hatására 20–30 ms alatt felfúvódnak a légzsákok. Kiemelten lényeges, hogy a légzsák működése időben történjen, továbbá a felfúvódó légzsák ne járjon sérülési kockázattal. Általában az ütközést követő 40 ms múlva a légzsákok felfogják a fejet és a felsőtestet, így a gerinc védelmét is biztosítják Az átmenetileg rögzített testrészek szabaddá válását 120 ms múlva garantálni kell, a gáz légzsákból történő – legalább részleges – távozásával.

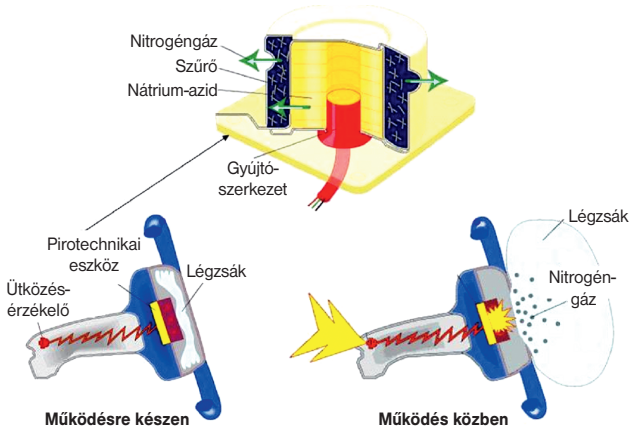
A jelek a különböző érzékelőktől kerülnek a légzsák vezérlőegységébe, amely meghatározza az ütközés szögét, az erőhatás súlyosságát a további változókkal együtt.



Az egyszerű légzsákrendszer elektromos/elektronikus felépítése

A nátrium-azid mint a pirotechnikai eszköz töltete

A régebbi légzsákrendszerekben a pirotechnikai eszköz (elsütőszerkezet) nátrium-azidot (NaN_3, ami egyébként szilárd rakétahajtóanyag), kálium-nitrátot (KNO_3) és szilícium-dioxidot (SiO_2) tartalmaz. A vezetőoldali légzsák működtetőjében kb. 50–80 g, a nagyobb utasoldali légzsáknál kb. 250 g nátrium-azidot használnak. Ezek az összetevők az ütközést követően lépnek reakcióba, a felfújáshoz szükséges nitrogéngázt előállítva.



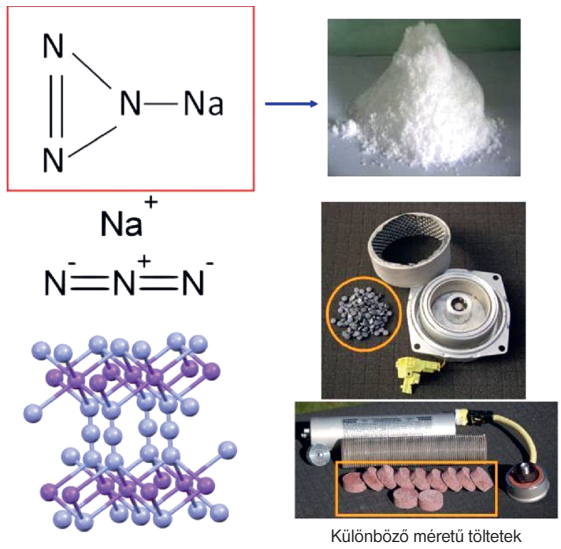
A légzsákrendszer működése

A gyors egymásutánban lejátszódó három kémiai reakció lényege:

– Az első folyamat: $2\ NaN_3 \longrightarrow 2\ Na + 3\ N_2$, amikor az elektromos impulzus (villamosan létrehozott hő és ív) hatására, kb. 300 °C-os hőmérsékleten megindul a bomlás, fémnátrium és nitrogéngáz képződik. (A legrégebbi rendszerek mechanikus gyújtással működtek. A lassulási küszöb elérésekor kioldódott gyújtószeg-retesz, majd egy rugó belőtte az előgyújtó töltetbe a szeget, így kezdődött meg a gázképződési folyamat.)

– A második reakció: $10\ Na + 2\ KNO_3 \longrightarrow K_2O + 5\ Na_2O + N_2$, ekkor a rendkívül reakcióképes fémnátrium hatására a kálium-nitrát reagál, miközben több nitrogéngáz szabadul fel. Ennél a folyamatnál lényeges, hogy a környezeti nedvességre érzékeny – higroszkópos – vegyület ne gátolja a kémiai folyamatot, ezért például a nátrium-nitrát ($NaNO_3$) jelenléte kedvezőbb.

– A harmadik kémiai folyamat: $K_2O + Na_2O + 2\ SiO_2 \longrightarrow K_2SiO_3 + Na_2SiO_3$, ennek során a kálium-oxid (K_2O) és nátrium-oxid (Na_2O) aktivitása megszűnik; a jelen levő szilícium-dioxid hatására kialakuló nátrium-szilikát (Na_2SiO_3) stabil vegyület.



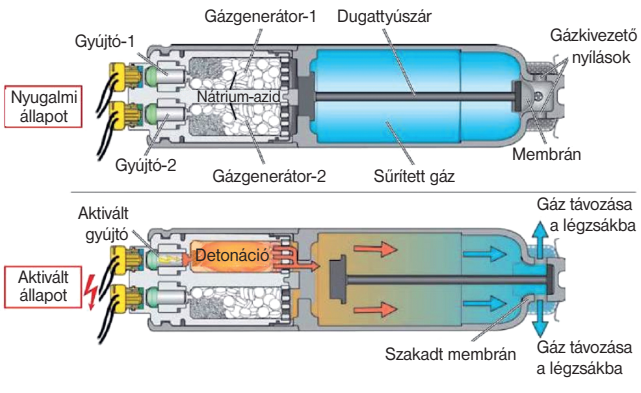
A nátrium-azid a légzsákrendszer pirotechnikai eszközében

A gyújtó által aktiválódott töltet detonáció során fejleszti a szükséges nitrogéngázt. Mielőtt a légzsákokba kerül, szűrőn halad keresztül, részben a szilárd égéstermékek megfogása, másrészt a gáz hőmérsékletének csökkentése érdekében (a keletkező gáz hőmérséklete a 650 °C-t is elérheti). Az optimális gázáramlást fúvókák biztosítják.

A légzsákok pirotechnikai rendszerében levő nátrium-azid rendkívül mérgező anyag. Azonban az említett kémiai reakciók során – a légzsákműködtető berobbanását követően – a veszélyes vegyület ártalmatlan összetevőkre bomlik. A sértetlen légzsákot tartalmazó roncsautók veszélyes hulladékot jelentenek, fontos lenne többek között a nátrium-azid-tartalmú egységek szabályos megsemmisítése.

A folyamatos fejlesztések arra irányulnak, hogy még kevésbé toxikus melléktermékekkel kelljen számolni. Az 1990-es évek második felétől a második generációs rendszereknél a pirotechnikai töltet mennyiségét mérsékelték, főleg a légzsákfelfújódás kedvezőtlen intenzitásának (halláskárosodás, esetleges égési sérülés) csökkentése céljából. Célkitűzés lett az azidmentes reagensek alkalmazása, amelyek nemcsak kevésbé toxikusak, hanem alacsonyabb égési hőmérsékleten is végbemegy a gázfejlesztő reakció. Egyes gyújtótöltetek érzékenyek a külső hőmérséklet-változásokra (nyomásmaximum-ingadozás), nagy hidegben késedelmesen működnek. A másik fontos fejlesztési irány a hibridtöltetek (ökogenerátorok) alkalmazása, amelyek nyomásmaximum-válto-

Kétgyújtós hibridtöltet a légzsák működtetéséhez





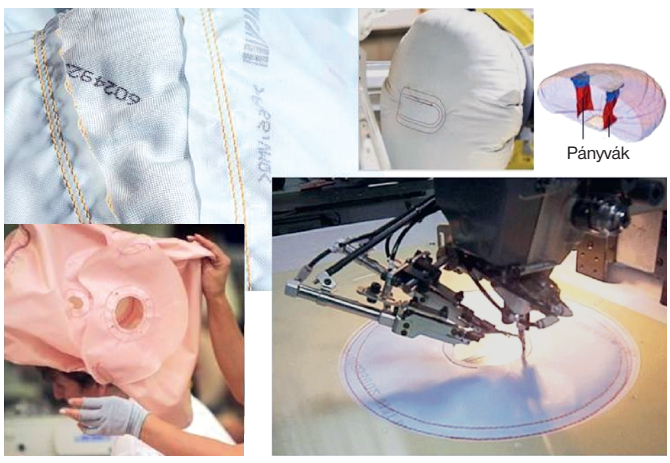
zása minimális. Ezeknél a korszerűbb megoldásoknál külön tartályokban semleges gázt (argon, hélium stb.) tárolnak (a kétfokozatú rendszereknél két, egymástól elszigetelt tartály helyezkedik el az adott helyen). A vezetőoldalon gyűrű, az utasoldalon hengeres alakú a gáztároló. A tárolók nyílása perforált membránnal van lezárva. A pirotechnikai eszköz aktiválásakor keletkező nitrogéngáz növekvő nyomása átszakítja a membránt, a kiszabaduló semleges gáz felfújja a légzsákot. Tekintve, hogy ez a gáz nem forró, vékonyabb szövetből készíthetők a légzsákok, amelyek azonos aktivált térfogat ellenére kisebb helyen elférnek.

A légzsákrendszer irányítóegysége ún. öndiagnosztikai technikával is rendelkezik, ellenőrzi az érzékelők és beavatkozók működését, illetve a tápfeszültséget, hiba esetén kivilágítja a műszerfalon levő ikont. Az átalakítókkal előállított 24 V-os egyenfeszültséget kondenzátorok tárolják a gyors gyújtáshoz. A központi irányítóegységet az utasvédelmi zónába telepítik, ahol ütközéskor legkisebb a mechanikai behatás, kerülhető a szélsőséges hőmérséklet és a külső elektromágneses zavaró hatások minimálisak.

A légzsák textilipari termék

Az életvédő, balesetkor felfújódó párnák (elöl kb. 60 dm^3 űrtartalmú zsákszerű textiltermék) szövött anyagból készülnek, részben közvetlenül formára szőve, másrészt szabással és varrással (hegesztéssel) kialakítva. Fő alapanyaguk a poliamid-6,6 típusú szintetikus végtelen-szálfolyam (multifilament), ebből vászonkötéssel készül a textília. A kb. 140 ágból felépülő, kedvező hajlítómerevségű és öregedésálló poliamid-6,6 mellett a poliamid-4,6 is elterjedőben van magasabb (285 °C-os) olvadáspontja miatt. (A poliamid elnevezés utáni számok a felépítő monomerek szénatomszámára utalnak, az első szám a diaminra, a második a dikarbonsavra vonatkozik). A kiváló hajlítómerevség és a kis légáteresztési képesség mellett fontos a nagy szakítóerő, a korlátozott és mindkét fonalirányban egyenletes nyúlás, a nagy tépőszilárdsági ellenállás és a garantált mérettartás. A szövést új rendszerű szövőgépeken végzik. A kialakuló szövet hosszban és szélességben rendkívül egyenletes kell, hogy legyen, a precízen szabályozott kiszövéssel a légáteresztő képesség alapkövetelményét (10 l/100 cm^2/perc) mindenütt garantálni kell. Ma már jacquard géppel felszerelt légsugaras szövőgépeken formára szövött termék készíthető, az egymás fölött szőtt rétegek zsákszerű összeszövésével. Korábban műkaucsukkal (polikloroprén) vonták be a szövetet, később elterjedt a kenéssel történő szilikonréteg-felvitel.

A légzsák kialakításának néhány varrási művelete



Amennyiben nem formára szövéssel állítják elő a légzsákot, úgy a varrás előtti terítést nagy pontosságú célgéppel, a szabást precíziós követelményeknek megfelelő, számítógép-vezérlésű lézeres vágóberendezéssel végzik. A 3 dimenziós varratot (kifogástalanul egyenletes, ráncmentes stb.) olyan robotvarrógéppel hozzák létre, amelyen az álló helyzetű textilfelületek folytonosságát mozgó varrófej alakítja ki. Az említett képességeket nemcsak a kelmének, hanem a konfekcionált kész zsáknak is ki kell elégíteni. A légzsákokban belül pányvákat rögzítenek, ezekkel garantálható az alakhelyesség. A légzsák hátulján levő nyílásokon a felfújást biztosító gáz, a gépkocsiban utazó testének megfogása után távozni tud. Ma már a változtatható gázleeresztésű légzsákok is a fejlesztések homlokterébe kerültek azért, hogy a mozgási energia elnyelésekor ne azonnal, hanem a személy tömege, pozíciója, az ütközés sebességétől függően távozzon a teljes gázmennyiség. A kétfokozatú légzsák-kialakításoknál a felfújódás mértéke kisebb vagy nagyobb (csak az egyik vagy mindkét gázgenerátor aktiválódik), továbbá a gázleengedés is szabályozott.

Az elkészült légzsákokat a gépkocsiban a kétféle hajtogatás valamelyikével tárolják. A harmonikaszerűen (leporelló) tárolt légzsák a gázgenerátor fölött helyezkedik el, a koncentrikusan elrendezett pedig több körben a gázgenerátor körül.

A biztonság öv kialakulása és előállítása

A biztonsági öv kifejlesztésének igénye az Egyesült Államokból származik. Az 1930-as években amerikai traumatológus orvosok írásban követelték a kormányzattól, hogy a gépkocsikban legyen olyan biztonsági megoldás, amely baleset esetén megakadályozza a súlyos és halálos sérüléseket, a járműből való kiesést. Először a kétpontos biztonsági öv (deréköv) kezdett elterjedni. Ez ugyan meggátolta, hogy baleset esetén az autó vezetője vagy utasa kiessen, de az ún. ostorcsapás hatás ellen (amikor az emberi felsőtest például frontális ütközéskor hirtelen előre, majd hátralendül) nem védett. Az öv ellenére bekövetkeztek súlyos fej- és mellkasi, gyakran halálos sérülések. 1949-ben az amerikai Nash autógyár Ford-modelljeinél lehetőség volt a kétpontos biztonsági övvel felszerelt változat megvételére, azonban nagyon kevesen vásároltak ilyet, mert az emberek többsége a biztonsági övet kényelmetlennek, szabadságában korlátozónak tartotta.

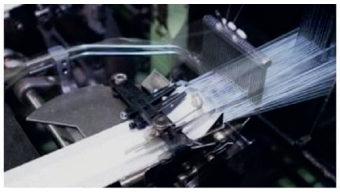
A közúti balesetek tapasztalatainak elemzésével az 1950-es években lendületet kaptak a biztonsági fejlesztések, ebben az Egyesült Államokon kívül Európa, különösen Svédország vállalt jelentős szerepet. Számos kísérletet követően a Volvo gyár 1958-ban szabadalmaztatta azt a hárompontos biztonsági övet, amely ma is használatos. Ennek kifejlesztése a svéd származású, az előzőleg a Saab gyárnál dolgozó (repülőgépek katapultüléseit fejlesztő) Nils Bohlinhoz fűződik. 1959 nyarán a svéd Kristianstad városának autókereskedésében a Volvo PV 544-es modellt hárompontos biztonsági övvel értékesítették.



Nils Ivar Bohlin (1920–2002), a hárompontos biztonsági öv kifejlesztője

A biztonsági öveket nagy szilárdságú multifilamentből (pl. poliészter) tűs rendsze-

rű, kettős vetülékbevitelt biztosító szalagszövő gépeken gyártják. Az elkészült 46–48 mm széles és 1,2 mm vastagságú hevedereket feszítés mellett hőrögzítik (200 °C feletti forró levegős hőközlés, majd hűtés), biztosítva a méretállandóságot. Az igényesebb övek szennytaszítók, vékonyabb és hajlékonyabb változataik növelik a viselési komfortot.



A biztonsági öv szalagszövéssel készül



A 3 pontos biztonsági öv | Mozgatható zárnyelv | Középrészen rögzített csat | Továbbítás az ajtókeret-rögzítéstől

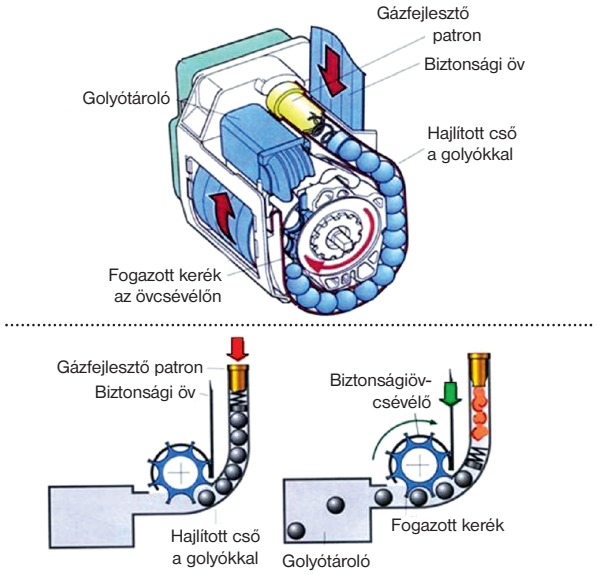
A biztonsági öv gyártása és felszerelése

A biztonsági öv előfeszítése

A gépkocsi központi érzékelőjének kombinált jelértékelése alapján kerül sor például a biztonsági öv előfeszítőjének működtetésére is.

Amennyiben a hárompontos biztonsági övek nem megfelelő feszességgel rögzítik a személyt, akkor ütközéskor lehetővé teszik a test előremozdulását, majd az ezt követő megfeszülés után jelentős igénybevétel hat az emberi szervezetre. Ez a hátrányos körülmény a biztonságiöv-feszítővel kiküszöbölhető, mert mielőtt még a hevederbe csapódna a felsőtest, működésbe lép és megfeszíti a hevedereket. Az övfeszítő az ütközés után, de még a légzsák felfújódása előtt fejti ki hatását (az övfeszítő nem lép működésbe, ha a gépkocsi 15 km/h-nál alacsonyabb sebességgel ütközik valaminek). A becsatolt biztonsági öv védőképességének hatékonyságát az övfeszítő szerkezetek úgy fokozzák, hogy az ütközéskor a test előrecsapódását korlátozzák. Kezdetben még mechanikus érzékelővel ellátott és ilyen működésű övfeszítőket használtak. Újabb fejlesztésként mechanikus ütközésérzékelővel kombinált pirotechnikai övfeszítőt alkalmaznak, amely a küszöbértéknél nagyobb ütközési lassulásnál aktiválja a gázt fejlesztő pirotechnikai patront. Ennek hatására az expanziós csőben elmozduló dugattyú az acél sodronykötél segítségével megforgatja a biztonsági öv csévélődobját, így az öv megfeszül. Lényegesen korszerűbb a központi légzsák-elektronika által működtetett pirotechnikai övfeszítő. Ennél az elektromos jel aktiválja a gyújtópatront, a nagy nyomású gáz az expanziós csőben hat a dugattyúra, amely a hozzá rögzített drótkötéllel meghúzza a biztonsági öv csatlakozóját, és megfeszíti a biztonsági övet.

Az 1990-es évek második felétől döntően az öv vázhoz rögzített csatlakozóelemére ható pirotechnikai feszítőt telepítenek. Az utastérben az első ülések közelébe beszerelt lassulásérzékelő az ütközéskor az utasokra ható lassulást érzékeli. A központi légzsák elektronikájának elektromos jele aktiválja a gyújtópatront, begyújtva a gázfejlesztő anyagot. A nagy nyomású gáz az expanziós csőben megnyomja a dugattyút, amely a biztonsági öv csatjára hatva feszíti az övet. Az említett expanziós cső nagy helyigényét az egyenes cső íves meghajlításával lehet kiküszöbölni, a feszítőerő átadására nem acélsodronyt, hanem golyósoros közvetítést használnak. A jelenlegi változatoknál a működtetést a központi légzsák-elektronika végzi, így a légzsákok és az övfeszítők működése jól összehangolt.



A golyós övfeszítő felépítése és működése

A bolygótárcsás övfeszítőnél a Wankel-motor dugattyújához hasonló bolygótárcsa végzi a tekercseléses övfeszítést, amely három pirotechnikai patron egymás utáni működésével forgatja el a csévélőt.

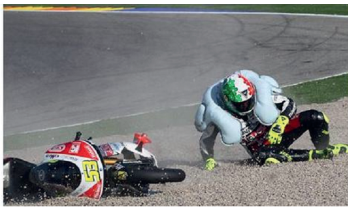
Egyéb légzsák-alkalmazások

A motorosok számára is kifejlesztettek légzsákot. Az első, légzsákkal ellátott motorkerékpár a Honda Gold Wing volt 2006-ban. Az utast körbefogó védőcella hiányában a viselt védőeszköz nyújt biztonságot. A hatékony védőfelszereléseket gyártó Dainese cég 2010-ben mutatott be légzsákokkal ellátott motoros ruházatot. Számos külföldi országban a motoros rendőrök légzsákos kabátot hordanak. Az egyik végén a motorkerékpárhoz rögzített működtetőzsinór a leeséskor fellépő húzóerőt közvetítve aktiválja a gázpatront (ezután önkioldóval a belső zsinórvég szabaddá válik), amely a felsőtesti párnázatot felfújja. A védősisakot nehe-

Példák (motor)kerékpározással kapcsolatos légzsákokra



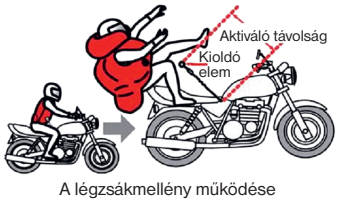
Motorkerékpárra szerelt légzsák



Motorkerékpár-versenyzőre telepített légzsák



A kerékpáros felfúvódó sisakja

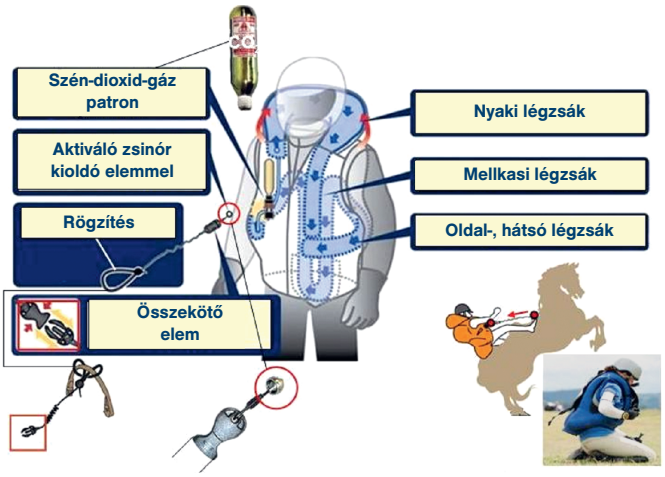


A légzsákmellény működése



zen viselő kerékpárosok számára elérhető a légzsák-technológiás Hövding-bukósisak, amely 20 km/h-s ráfutásos ütközéskor is tökéletesen működik.

A lovasokat védő légzsákos mellény a motorosok légzsákos ruházatából fejlődött ki, magyar találmányként (a feltaláló: Straub Tamás). A lovasok biztonságát jelentősen fokozó, a sérülésektől a felsőtestet védő öltözék egy mellénybe épített légzsákrendszer, amely aktiváló zsinórból és sűrített gázzal töltött patronból áll. A lovas, a lóra szállást követően, a nyereghez rögzített flexibilis zsinórhoz csatolja magát. Ennek a zsinórnak a másik vége a védőruházatban levő, szén-dioxid-gázzal töltött patron nyitószerkezetéhez kapcsolódik egy – adott erőhatásra működésbe lépő – mechanikus kioldóelem közvetítésével. Leeséskor a lótól eltávolodó személy teste – kb. 250–300 N erő fellépésekor – megrántja a húzózsinórt, így nyitja a gázpatront, a légzsákrendszer pedig 0,1 – 0,3 s alatt automatikusan felfújódik, védőpárnát képezve. Ennek segítségével a kemény földet érésnél fellépő ütődések csillapítva hatnak a felsőtestre, s az életfontosságú szerveket, a gerincet és a nyakat, a bordákat, a kulcscsontot megvédik a komoly sérülésektől.



A lovasok felsőtestének védelmére elterjedt légzsák

A siklóernyősöknek a leszálláskor a háton viselt és részben ülő helyzetű nagyméretű – ventilátor segítségével, levegővel felfújható – légzsák nyújt védelmet.

Lavinaomláskor a síelők megmenekülési lehetőségét fokozza a speciális légzsák. A lavina bekövetkeztekor a hó csapdájába került síelő test térfogatát 150 literrel növeli, ezzel a sűrűségváltozással segíti, hogy a test a felszín felé kerüljön.



Gyalogosvédelmet ellátó külső gépkocsi-légzsákok



Lavinaomláskor mentő légzsák



Ülő és háti légzsák siklóernyősnek

Példák egyéb légzsák-alkalmazásokra



Idős, beteg embereket védő, légzsákrendszeres védőmellény

Japánban már kifejlesztettek légzsákokat a különösen veszélyeztetett idős emberek számára, az eleséses – különösen az epilepsziás rohamnál fennálló – sérülések csökkentésére (főként a fej és a csípő védelmére). A könnyű szerkezetű védőmellény a deréknál van rögzítve, az elektromos érzékelő a hirtelen mozdulatokra aktiválódik. A riasztáskor 15 liter sűrített levegő befecskendezésével automatikusan felfújódik a párnarendszer.

IRODALOM
[1] Dr. Szabó József Zoltán: Gépjárművek aktív és passzív biztonsági rendszerei, előadás.
[2] Gégény István: A biztonsági öv fél évszázada – történelem, Integrátor Fórum.
[3] Szabó Rudolf: Textíliák az autóban, Magyar Textiltechnika (2012) 5–6.
[4] Kutasi Csaba: Életvédelem, biztonság textiltermékekkel, CÉLirányú (2001) december.



Új dékán a BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karának élén

A kar új dékánja *Dr. Nagy József*, akinek vezetői terveiben, többek között, a következők szerepelnek.

A BME VBK alap-, mester-, és doktori képzései iránt mindig nagy az érdeklődés, ezért továbbra is nagy hangsúlyt helyeznek a felvett első évesek matematikai, fizikai és kémiai alapképzettségének fejlesztésére.

2018 szeptemberében indul az ELTE TTK-val közös Biotechnológia MSc-képzés. Fontos feladat a tanterv és a tárgyprogramok kialakítása.

A szakmai együttműködési megállapodásokban részt vevő partnerek körét további vállalatok bevonásával bővítenék.

A Stipendium Hungaricum programban rejlő lehetőségeket kihasználva fejlesztik a kar angol nyelvű képzési tevékenységét.

A 2+2 éves doktori képzésben biztosítják a jó képességű, szorgalmasan dolgozó doktoranduszok részére, hogy az első 2 év után sikeresen letett komplex vizsga birtokában folytathassák doktori munkájukat.

A K+F+I tevékenyég keretein belül fontos, hogy ne csak a hagyományos ipari partnerek, hanem a K+F problémákkal találkozó vállalkozások széles köre felé is megismerje a kar kutatási eredményeit, kapacitását. A kutatási célok ismertetéséhez új felületet hoznak létre a kari honlapon.

A három nagy budapesti gyógyszergyárral kötött együttműködés mellett további nagy iparvállalatokkal tervezik az együttműködést. A kis- és közepes vállalati körben is szélesíteni szeretnék a kapcsolati hálót.

A FIEK program megvalósításához már kialakítottak és a Richter Nyrt. támogatásával részben felszerelték a kar központi egységeként működő Pharmatech Modell Laboratóriumot. Ezt bővíteni fogják a biotechnológia oktatásban szerepet kapó Biotech Modell Laboratóriummal.

A tehetséggondozás keretében a kar tehetséges hallgatóival, továbbá a tehetséges középiskolásokkal is foglalkoznak.

A habilitált docensi létszám szinten tartásához bevezették a habilitált docensi programot, amelynek keretében a fiatal docensek habilitációjukat követően 60 ezer forintos alapfizetés-emelésben részesülnek. A program bevezetése óta 6 docens habilitált. Olyan értékelési programot akarnak kidolgozni, amelynek alapján a még nem habilitált docensek részére is megfelelő ösztönzést, elismerést nyújthatnak. A tervekben az is szerepel, hogy kari irányelvet dolgoznak ki a tanársegédek adjunktussá, illetve az adjunktusok docenssé történő előléptetésének követelményrendszerére, mely húzóerő lenne a fiatalok számára.

A hulladékgyűjtés gyakorlata a kémia- és más természettudományos laborokban

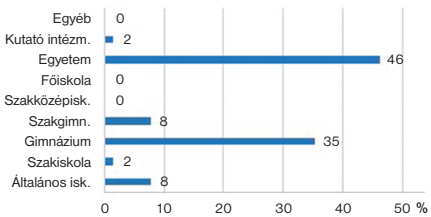
A természettudományos tárgyak – kémia, biológia – sajátossága, hogy egyre csökkenő óraszámok mellett egyre több ismeretanyagot adunk át tanítványainknak, hisz a körülöttünk lévő környezethez kapcsolódó anyagok, technológiák, készítmények rohamosan fejlődnek.

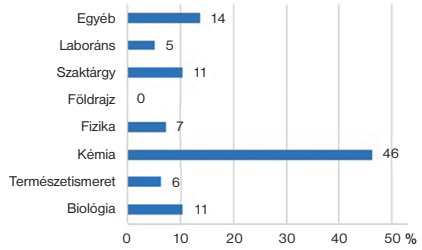
A magyar iskolák intézményi alapdokumentumait a 2011. évi CXC. törvény a nemzeti köznevelésről (Nkt.) és a rendeletek, a 110/2012. kormányrendelet a Nemzeti Alaptanterv bevezetéséről melléklete (NAT) határozza meg. A köznevelés tartalmi szabályozói a nevesített kötelező tartalmakon és fejlesztési célokon túl számtalan lehetőséget adnak a környezeti nevelésre.

A 2000-ben megjelent Hulladékgazdálkodási törvényt váltotta 2012-ben a CLXXXV. törvény a hulladékról (Ht). Az iskolákban, óvodákban fokozatosan beépültek az ismeretek, témaheteket, versenyeket rendeznek, plakátok, felhívások jelennek meg, a folyosókon feltűntek a szelektív hulladékgyűjtő edények, s az elhivatott intézmények falára felkerült az „Öko-iskola” tábla. Erdei iskolák alakultak, ahol a természet szeretete mellett helyet kapott a környezetvédelem, a megújuló energiaforrás, a szürkevíz hasznosítása.

Hogy tartott lépést a kémia/természettudományos labor a törvényi változásokkal? Erre kerestük a választ internetes felmérésünkben, melyben a kapott válaszok mentén gyűjtöttük össze a jogszabályi ismereteket. A válaszadók nem és munkahely szerinti eloszlása kiegyenlített: 59% nő és 41% férfi válaszolt, akik 46%-a egyetemen, 35%-a gimnáziumban dolgozik **(1. ábra)**. A válaszadók közt volt általános, szakiskola és szakgimnázium tanára, valamint kutatóintézetben dolgozó, és kiemelkedő a kémia szakosok száma – 46% **(2. ábra)**.

1. ábra. A válaszadók munkahelyi megoszlása

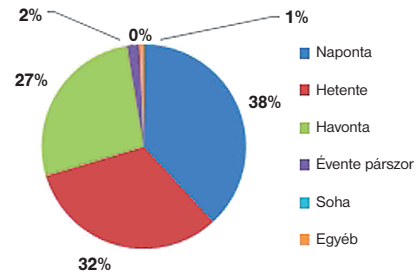




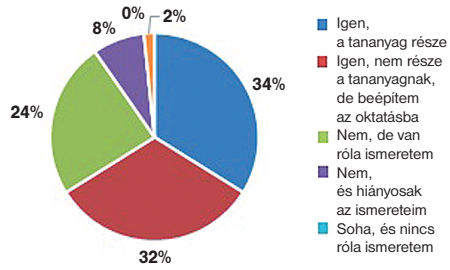
2. ábra. A válaszadók szak szerinti megoszlása

Az általános iskola után a középiskolák tanárai, egyetemek munkatársai egyaránt fontosnak ítélték meg a témát. Közel 38%-uk napi rendszerességgel használja a labort az oktatása során, és 66%-uk oktatja a hulladékkal kapcsolatos ismereteket annak ellenére, hogy nem része a tananyagnak **(3–4. ábra)**.

A labormunka azon nagyszámú tevékenységek körébe tartozik, mely hulladékot termel. A válaszok alapján azonban 31% ismeri csak a hulladék gyűjtésével kapcsolatos jogszabályokat, 58% részismeretekkel rendelkezik.



3. ábra. Milyen gyakran használja a laboratóriumot?

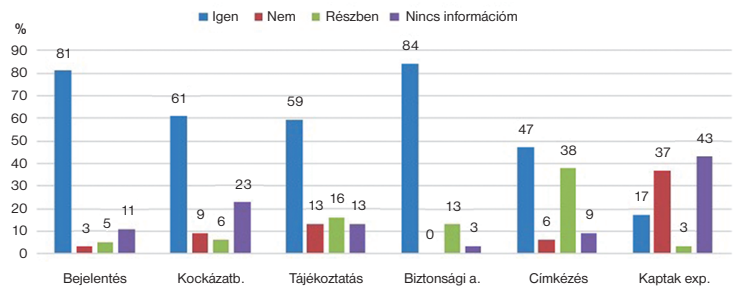


4. ábra. Oktatja a hulladékkal kapcsolatos ismereteket?

Egy iskolai kémiaszertárban száz feletti a veszélyes anyagok és keverékek száma, mely mennyiségét tekintve ugyan kevés, viszont a hozzá kapcsolódó teendők köre annál szélesebb. Hatalmas kincs az a szellemi tőke, amivel a kémiatanárok, kutatók rendelkeznek s alkalmazzák a munkavédelem jogszabály-rendszerét.

Szinte mindenhol rendelkezésre állnak a biztonsági adatlapok, 81%-ban megtörtént

5. ábra. Munkavédelmi előírások alkalmazása

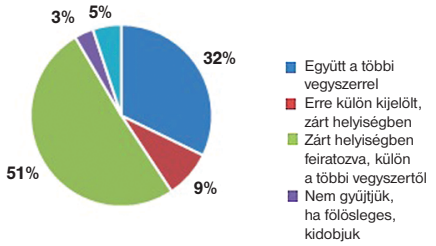




a veszélyes anyagokkal, veszélyes keverékekkel végzett tevékenység bejelentése, a kockázatbecslés dokumentációja és a hozzá kapcsolódó tájékoztatás már csak 61%-ban történt meg, expozíciós forgatókönyvet a válaszolók 17%-a kapott **(5. ábra)**.

A dolgozók 49%-a rendszeresen, 44,3%-a adott vegyszer esetén használ munkavédelmi eszközt, melynek 62,3%-a a kommunális hulladékba, a többi – mint hulladék – ártalmatlanításra kerül.

A kormány a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény 12. §, 31. §, 54. §, valamint a 88. § írja elő a hulladék *gyűjtését*. A veszélyes és nem veszélyes hulladékok gyűjtése a keletkezés/termelődés helyén általában munkahelyi gyűjtéssel valósul meg. Nagyobb mennyiségű hulladék esetén üzemi gyűjtőhelyet kell kialakítani. Ez alapján erre külön kijelölt, zárt gyűjtőhelyen a válaszolók 9%-a, munkahelyi gyűjtőhelyen 51%-a gyűjti a jogszabály alapján a vegyszerek maradékait, hulladékait **(6. ábra)**.



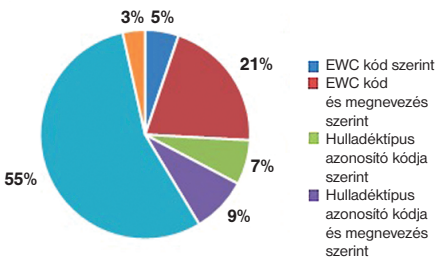
6. ábra. A hulladék gyűjtése

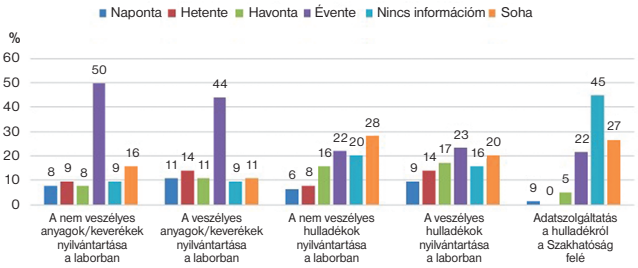
A veszélyes hulladék gyűjtésének általános előírásait a 225/2015. (VIII. 7.) kormányrendelet határozza meg.

A hulladék *típusának* meghatározását a 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékéről alapján kell elvégezni. A rendelet megjelenésekor EWC kódot használt a jogszabályalkotó, ma már helyette hulladéktípusról beszélünk, melyet most is hatjegyű szám jelez. A hulladék típusát a nyilvántartásban és a hulladék szállításkor kitöltött bizonylatokon fel kell tüntetni.

A jogszabály változását az intézmények 16%-a követte, 21%-a a régi jelölést alkalmazza még, 55% EWC kód és megnevezés szerint címkézi a gyűjtőedényeket **(7. ábra)**.

7. ábra. A gyűjtőedények címkézése





8. ábra. Nyilvántartás, adatszolgáltatás

A hulladék *gyűjtésének* nyilvántartási kötelezettségét a 309/2014. (XII. 11.) kormányrendelet határozza meg, mely alól kivétel csupán a Ht. 12. § (2a) bekezdése szerinti nevelési-oktatási intézmény papírhulladék-gyűjtése.

A jogszabály alapján a hulladéktermelőnek a nem veszélyes hulladék képződésére vonatkozó napi adatokat heti rendszerességgel, a veszélyes hulladékra vonatkozó adatokról naprakészen kell a nyilvántartást vezetni, amit a válaszolók 23%-a végez **(8. ábra)**.

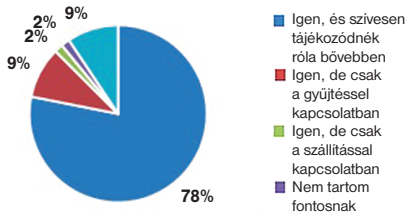
A 246/2014. (IX. 29.) kormányrendelet alapján, munkahelyi gyűjtőhelyen hulladék a hulladék képződésétől számított legfeljebb 6 hónapig gyűjthető, üzemi gyűjtőhelyen egy évig. E keletkezett hulladékot arra engedéllyel rendelkező szolgáltatónak kell átadni. Saját szállításra is lehetőség van az átvételi helyre az ADR előírásai alkalmazásával.

Az adatszolgáltatás jelenleg mennyiségi küszöb eléréséhez kötött. A 309/2014. (XII. 11.) kormányrendelet szerint *veszélyes* hulladék esetén ez 200 kg, *nem veszélyes* hulladék esetén 2000 kg, mely alapján a válaszolók 22%-a évente teljesíti, rendszerint több szervezeti egység esetén központi irányítással.

Ez azonban nem volt mindig így, egy időben bizonyos dolgozói létszám – 10 fő – felett is jelentési kötelezettsége volt az intézménynek, ezért egyes iskolák megkérték az adatszolgáltatáshoz a Környezetvédelmi Ügyfél Jel (a továbbiakban: KÜJ) és Környezetvédelmi Területi Jel (a továbbiakban: KTJ) azonosítókat, s megküldték az adatszolgáltatást a szakhatóságnak. A közoktatás átszervezésével a KÜJ azonosító megváltozott, központi szervezés, útmutatás azóta sem történt ez ügyben.

A válaszolók 78%-a fontosnak tartja a kémiai laborokban keletkezett hulladék gyűjtésével, szállításával kapcsolatos ismeretek bővítését, s további 9% külön a gyűjtéssel kapcsolatban tájékozódna. **(9. ábra)**.

Mindezt erősíti a hozzászólások sora. Legtöbben hiányolják a központi szervezést, gyűjtőedények, címkék biztosítását, a szállítás finanszírozását, központi „nevesített”



9. ábra. Tájékoztatás, ismeretek bővítése

keret biztosítását, valamint tájékoztatást a hulladékgyűjtés szabályairól.

Ha valóban lenne laboráns minden iskolában, akkor meg lehetne oldani rendesen a gyűjtést, nyilvántartást.

Jó lenne egy egyszerű tájékoztató kiadvány, esetleg linkekkel azok számára, akiket a részletek is érdekelnek, mely az iskolákra vonatkozik.

Oktatásban/kutatásban kis mennyiségű, de kémiailag igen változatos veszélyes hulladék keletkezik. Az oktatásban rendkívül fontos lenne a környezettudatosság bemutatása jó példával. Célszerű lenne olyan egyszerűsített (csak oktatási intézményekre vonatkoztatott) szabályozás bevezetése, ahol ugyan mindent kellene gyűjteni, de csak néhány típus lenne (pl. savak/lúgok, szervetlen és szerves anyagok, és ezek egy részét időnként helyben kezelnék (savak/-lúgok)). Didaktikai szempontból továbbá sokkal szemléletesebb lenne a gyűjtés mellett az újrahasznosítás fontosságának hangsúlyozása, illetve annak bemutatása, hogy mi is történik azzal, amit elszállítottak.

Kisvárdai Melinda
környezetmérnök, mérnöktanár,
Kisvárdainé Fábián Erika
biológia-technika szakos középiskolai tanár,
környezetvédelmi szakértő,
Kisvárdai Antal
kémia-fizika-technika szakos
középiskolai tanár



TÚL A KÉMIÁN

Zöldülő Antarktisz

Földünk pólusainak közelében egyre nyilvánvalóbbakká válnak a globális felmelegedés markáns ökológiai következményei. Ennek újabb látványos bizonyítékát publikálták a közelmúltban egy olyan tanulmányban, ahol a szárazföldi növények növekvő átlaghőmérsékletre adott válaszát vizsgálták. Az ilyen típusú kutatómunkára az Antarktiszi-félsziget ideális többek között azért is, mert a csücske már a déli sarkkörtől északra fekszik. Az innen származó mohatelepmintákat 150 évre visszamenőleg is lehetett tanulmányozni. A többféle izotópos, illetve anyagcsere-egyensúlyt felmérő vizsgálat egyértelműen azt mutatta, hogy a telepek biológiai aktivitása az elmúlt szűk ötven évben az átlaghőmérsékletet szorosan követve növekedett. Így aztán az Antarktisz partvidéke egyre meglepőbb zöld színnel fogadja a látogatókat.

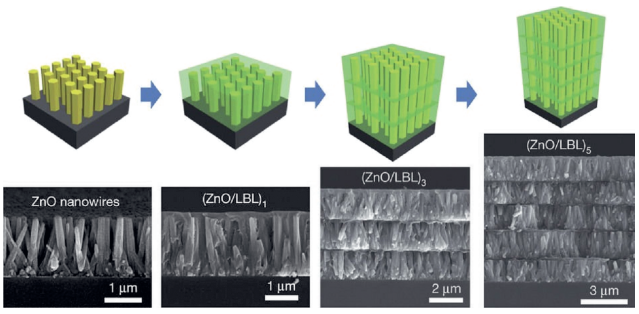


Curr. Biol. 27, 1 (2017)

Mű fogzománc

Amerikai kutatók olyan új anyagot állítottak elő, amelynek a tulajdonságai igen hasonlítanak a fogzománcéra, s ezzel új távlatokat nyitottak a fogpótlások számára. A fogzománc szerkezete fajoktól függetlenül nagyon hasonló az állatvilágban: mikroméretű kerámiaoszlopok ágyazódnak be egy fehérjemátrixba. Az újonnan előállított műanyagban poliallil-aminba vittek be cink-oxid oszlopokat egy többszörös rétegezési eljárást használva. A módszer annyira jónak bizonyult, hogy a kompozit mechanikai sajátságai időnként még kedvezőbbek is, mint a valódi fogzománcé. Az egyetlen gond az eljárással, hogy nagyobb mennyiségű anyag előállítására egyelőre nem alkalmas.

Nature 543, 95. (2017)



APRÓSÁG

A Csendes-óceán középső részén fekvő, Egyesült Királysághoz tartozó, lakatlan Henderson-sziget (D 24°22'01", NY 128°18'57") partjain mára mintegy 15 tonna műanyag hulladék gyűlt össze.



CENTENÁRIUM

C. V. Raman: On the Alterations of Tone produced by a Violin–"Mute" *Nature*, Vol. 100, Iss. 2501, p. 84. (1917. október 4.)

Sir Chandrasekhara Venkata Raman (1888–1970) indiai fizikus volt. A fényszórás jelenségével kapcsolatban végzett korszakos kutatást, amelyért 1930-ban fizikai Nobel-díjjal tüntették ki. Róla nevezték el a Raman-szórást. A Raman-spektrométereket, amelyek ezen az elven működnek, elsősorban kémiai kutatásokban használják.



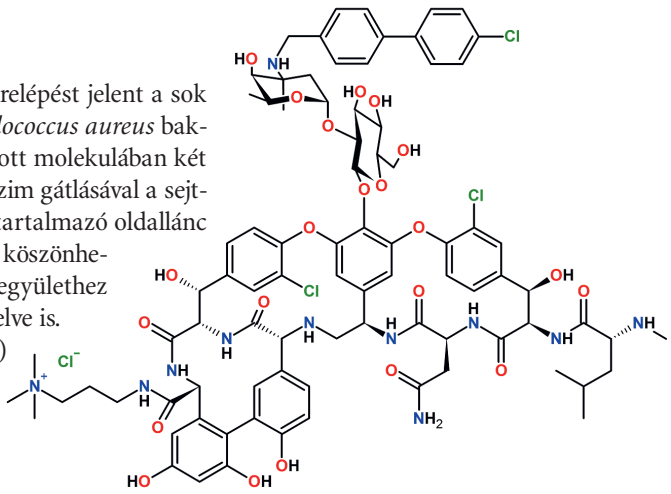
A D-glutaminsav rejtélye

Közismert, hogy az élő szervezetek felépítésében az L-aminosavak vesznek részt. Azt is tudják már néhány évtizede, hogy bizonyos esetekben a tükörképi pároknak, vagyis a D-aminosavaknak is nagy szerepe lehet, bár máig nem világos, mi is ez. Egy egéragyakra koncentráló tanulmány még titokzatosabbá tette a történetet. Ezekben 12 különböző D-aminosavat határoztak meg, s a tapasztalatok szerint ezek koncentrációja 10 és 2000 közötti faktorral nagyobb az agyszövetben, mint a vérben. A neurotranszmitterként már valamelyest ismert szerepű D-szerin viszonylag nagy mennyiségben volt jelen, de a D-aszparaginsav és a D-glutamin szintje még ezét is meghaladta. D-glutaminsavat viszont egyáltalán nem találtak, ami igencsak váratlan megállapítás annak fényében, hogy az agyban éppen az L-glutaminsav található meg a legnagyobb mennyiségben. Mindez arra utal, hogy az agyban egy eddig ismeretlen enzimnek a D-glutaminsavat L-glutaminsavvá kell alakítania.

ACS Chem. Neurosci. 8, 1251. (2017)



A HÓNAP MOLEKULÁJA



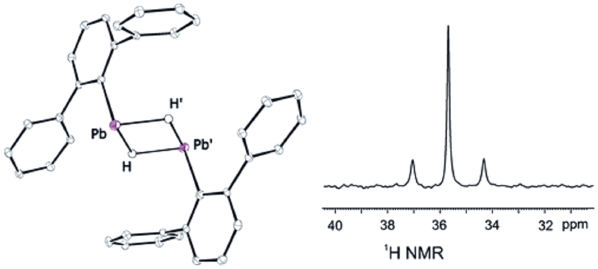
Az ábrán látható vankomicinszármazék ($C_{85}H_{101}Cl_4N_{11}O_{22}$) nagy előrelépést jelent a sok korábbi antibiotikummal szemben rezisztens *Enterococci* és *Staphylococcus aureus* baktériumtörzsek elleni harcban. A harminclépéses szintézissel előállított molekulában két speciális részlet is van: a klórozott bifenilrész egy transzglikoziláz enzim gátlásával a sejtfal felépítését nehezíti meg, míg a kvaterner ammóniumcsoportot tartalmazó oldallánc a membránokon való átjutást teszi könnyebbé. A módosításoknak köszönhetően a molekula hatékonysága kb. 25 000-szeresére javult az alapvegyülethez képest – még a vankomicinre egyébként rezisztens törzseken tesztelve is.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114, 5052. (2017)

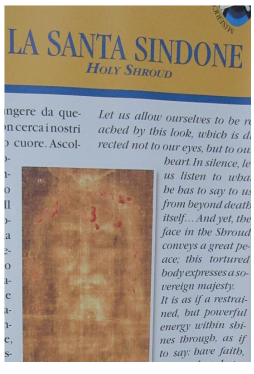
Az első ólom(II)-hidrid

Habár az ólom +2-es oxidációs állapota sokkal gyakoribb, mint a +4-es, az első ólom(II)-hidrid-származék előállítása csak a közelmúltban sikerült (ezzel szemben a PbH_4 már régóta ismert). Egy német kutatócsoportnak egy plumbilén (egy alkil- és egy arilcsoportot tartalmazó fémorganikus ólomvegyület) hidroborálása során sikerült izolálnia a kétmagvú $Pb_2H_2(C_{18}H_{13})_2$-t, amelyről korábban már sejtették, hogy a folyamat köztiterméke lehet. A vegyület elég stabilnak bizonyult ahhoz, hogy röntgendiffrakcióval meghatározzák kristályszerkezetét. További érdekessége, hogy NMR-spektrumában a hidridjelek kémiai eltolódása (kb. 36 ppm) új csúcsot állított fel a diamágneses vegyületek között.

J. Am. Chem. Soc. 139, 6542. (2017)



Lepel-tudomány



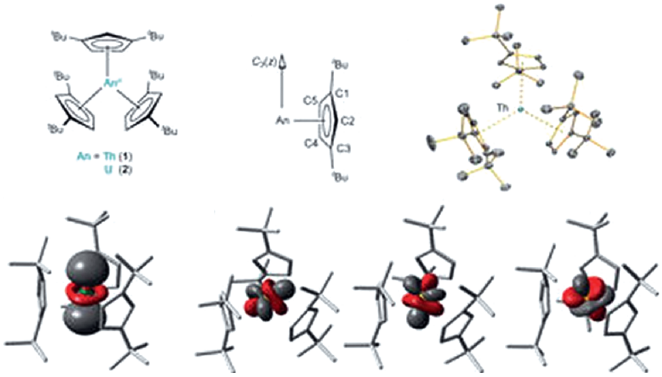
Olasz tudósok újabb vizsgálatokat végezhettek el a torinói lepel történetének megértéséhez: transzmissziós elektronmikroszkópiát és nagy szögű röntgenszóráson alapuló mikroszkópiát alkalmazva kreatininhez erősen kötött vas-oxid nanorészecskéket találtak a szövetben. Ezen részecskék típusa, mérete és eloszlása is arra utalt, hogy az élő szervezetekben vasszállító szerepet betöltő ferritinből keletkezhettek. Az orvostudomány már ismeri azt a jelenséget, hogy a kreatinin erős fizikai sokk alatt lévő emberi szervezetekben a transzferrinhez kötődik. Így talán nem túlzás azt a következtetést sem levonni, hogy egy kínzásnak kitett ember verejtékének a nyomait sikerült megtalálni.

PLoS ONE 12, e0180487. (2017)

Váratlan aktinidakovalencia

Új, elektronspin-rezonancián (ESR) alapuló módszert dolgoztak ki egy kötés kovalens jellegének mérésére. Az már korábban is ismert volt, hogy a szuperhiperfinom-felhasadás elvi lehetőséget ad ilyen számításokra, de a tényleges mérésekhez szükséges impulzusszekvenciát csak a közelmúltban sikerült kifejleszteni. Az eljárás teszteléséhez az urán és a tórium fémorganikus ciklopentadienil-származékait is felhasználták. Elméleti számolások szerint ezekben a kötésviszonyoknak nagyon hasonlóaknak kellene lenniük, de a kísérleti eredmények azt mutatták, hogy az urán–szén kötések kovalens jellege jóval meghaladja a tórium–szén kötésekét.

Nat. Chem. 9, 578. (2017)





Önmeghajtó diagnosztikai csip

A nukleinsav-elemzés ma még komoly laboratóriumi hátteret igényel, s emiatt rutinszerű klinikai vizsgálatokra kevésbé alkalmas. Ezen változtathat egy mikrofluidikai találmány, amely egyetlen csepp vér elemzését tudja elvégezni külső áramforrás nélkül. Az eszköz automatikusan elválasztja a vérsejteket a vérplazmától, amely mikrocsatornákba kerül, ahol a nukleinsav-szekvenciákat specifikus fluoreszcens reagensek ismerik fel egy erősítési lépés után. A csip működéséhez szükséges energia nagy részét egy vákuumot biztosító kicsiny „elem” adja, amely szintén elfér a csipen.

Sci. Adv. 3, e1501645. (2017)

Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg.mkl@science.unideb.hu.
A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://www.inorg.unideb.hu/LenteBlog/index_magyar.html

OKTATÁS

10. Kémikus Diákszimpózium, Pécs

2017. március 31. és április 2. között rendezték meg a 10. (jubileumi) Kémikus Diákszimpóziumot Pécsett, a Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziumában, a Pécsi Tudományegyetem Analitikai és Környezeti Kémia Tanszéke, a Magyar Kémikusok Egyesülete, valamint a Gimnázium közös szervezésében.

Az érdekes eseményre kétévenként kerül sor – az utóbbi időben felváltva – egy-egy magyarországi, illetve határon túli helyszínen. A rendezvény célja, ahogyan azt *Kilár Ferenc*, a PTE professzora a megnyitón is elmondta és végig hangsúlyozta, hogy a diákok megízleljék a „felnőtt" tudományos tanácskozások légkörét. A résztvevők előadásokban mutatják be kis kutatási eredményeiket a többi diáknak, akik azután kérdéseket tehetnek fel, vitatkozhatnak az előadókkal. A diákszimpózium tehát nem tanulmányi verseny, hanem kicsiben hasonló a szakmai konferenciákhoz. A fiatalok sikerének jutalma az előadások utáni taps, a vitákban pedig előbukkanhatnak a munka esetleges gyengeségei, és így mindez a további munkára buzdítja a diákokat. A legérdekesebb előadásokat jutalomként a diákok ismét elmondhatják a záróünnepségen.

Az idén 5 szekcióban 27 előadás hangzott el olykor egyszerű kísérletek bemutatása mellett. A szekciókat maguk a diákok és segítségképpen egyetemi oktatók, tanárok vezették le. A résztvevők Magyarországról, Erdélyből, a Vajdaságból érkeztek Pécsre. Néhány érdekesebb témát megemlítve – a természetes rovarirtó szerekről, a dízelolaj házi elkészítéséről, a sör kémiájáról, a tisztítószerekről, a titkosírás kémiai trükkjeiről, a pénzérmék nemesfémtartalmáról, az üvegházhatásról és még sok más témáról hallottunk előadást legtöbbször igazán szakszerűen, néha kicsit naiv formában. Láthattuk, hogy a kémia ott van mindenhol az életünkben, csak jó szemmel meg kell azt találni. A 10. Diákszimpózium résztvevői – diákok és felkészítő tanáraik – ezeket meglátták, és ötletes vizsgálatok alá is tudták venni. A kis munkákban persze voltak hibák is, olykor hiányoltuk a nem eléggé pontos minta-előkészítést, a lehetséges hibák figyelembevételét. Ez érthető és talán éppen ez volt az egyik tanulság minden résztvevő számára. Hiszen a szimpóziumon való részvétel a tanulási folyamat része is.

Érdekes és az oktatás szempontjából korunkban talán egyre fontosabb, hogy a diákok ma már mind gyakrabban jutnak hozzá és használnak egyszerűbb, esetleg bonyolultabb műszereket is. Gondoljunk csak arra, hogy egy-egy okos telefon mi mindent tartalmaz – barométert, GPS-t, stopperórát, kamerát –, és ki tudja mit fog integrálni a jövőben. A kémiaoktatásnak hozzá kell szoknia az egyre olcsóbb műszerek használatához is. Nem szabad ezekre csak „fekete dobozként" tekinteni.

A gimnázium igazgatója, *Dobosi László* bevezető beszédében megemlítette, hogy a diákszimpózium műfajának megálmodója és motorja *Kilár Ferenc*, aki viszont hozzátette, hogy a gondolat igazi atyja *Kromek Sándor* Rátz Tanár Úr életműdíjas kémiatanár, akinél ő maga is tanulta és megszerette a kémiát. Az igazgató úr nem kis derűt okozva elmondta azt is, hogy mi eredetileg a *szimpózium* szó jelentése. Tulajdonképpen „közös ivászat"-ot jelent [a szün- (együtt) és poszisz (ital) elemekből], amelynek során a lakoma résztvevői magvas filozofikus eszmecserét folytatnak. A 10. Diákszimpóziumon talán a narancslé jelentette az italt, a sok jó előadás viszont a magvas eszmecserét és a közös élvezetet. Érdeklődve várjuk a két év múlva esedékes következő rendezvényt várhatóan valahol a határainkon kívül.

Riedel Miklós

Előadás a 10. Kémikus Diákszimpóizum egyik szekciójában



A Szegedi Ifjú Szerves Kémikusok Támogatásáért Alapítvány tudományos előadóülése

Szeged, 2017. május 26.

A Szegedi Ifjú Szerves Kémikusok Támogatásáért Alapítvány, az MKE Csongrád Megyei Csoportja és a SZAB Szerves és Gyógyszerkémiai Munkabizottság közös rendezésében 16. alkalommal került sor az Alapítvány tudományos előadóülésére. Az előadóülés plenáris előadását Kotschy András, a Servier Kutatóintézet igazgatója tartotta *A programozott sejthalál visszaállítása: egy új megközelítés a rák gyógyításában* címmel, majd BSc-, MSc- és PhD-hallgatók hét előadásban mutatták be eredményeiket.

A szakmai zsűri értékelése alapján a „Dr. Hermecz István díj"-at (a Servier Kutatóintézet konferencia-részvétel támogatása és az Alapítvány díja) Rózsár Dániel MSc-hallgató (Avicor Kft. és SZTE, Szerves Kémiai Tanszék) nyerte el „*N*-Acil-*N*,*O*-acetálok új típusú katalitikus átalakításai" c. előadásával (témavezetők: Balázs Árpád, Wölfling János); a Magyar Kémikusok Egyesülete Csongrád Megyei Csoportja díjának nyertese Mészáros Rebeka Ildikó PhD-hallgató (SZTE, GYTK, Gyógyszerkémiai Intézet) „Újfajta heterogén ezüstkatalizátor alkalmazása terminális alkinek közvetlen nitrillé alakítására" c. előadásáért (témavezetők: Ötvös Sándor, Fülöp Ferenc).

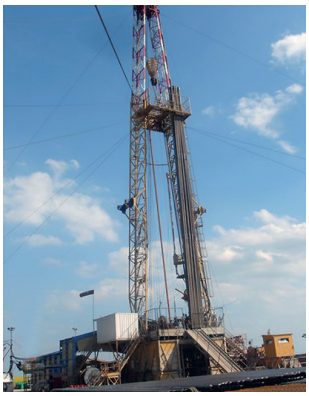
Az Alapítvány működését 2017-ben is támogatja a Nemzeti Együttműködési Alap.

Molnár Árpád

HÍREK AZ IPARBÓL

Vegyipari mozaik

Új hazai fúrással ünnepli a 80 éves szénhidrogén-bányászatot a MOL. Nyolcvan évvel ezelőtt mélyítették le a Zala megyei Budafapuszta mellett a Budafa-2-es kutat, melynek termelésbe állításával és folyamatos termeltetésével ez lett az első magyarországi ipari méretű olajtermelést biztosító kőolaj-lelőhely, és ezzel hazánk felkerült a kőolajtermelés világtérképére.



„A MOL jelenleg a hazai lakossági gázfelhasználás egyötödét, illetve az olajfelhasználás egytizedét termeli ki Magyarországon. Bár a hazai geológiai lehetőségek korlátozottak, szakembereink tudásának és a jelenleg elérhető új innovatív technológiáknak köszönhetően még évtizedekig biztosak lehetünk abban, hogy Magyarországnak lesz saját termelésű olaja és földgáza. Ezért határoztunk idén is úgy, hogy ismét jelentős összeget költünk a mezőfejlesztésre, illetve új kőolaj- és földgázkutatási projektekbe kezdünk" – mondta Szakál Tamás, a MOL Magyarország Kutatás-Termelés igazgatója.

A MOL a negyedik alkalommal meghirdetett szénhidrogénbányászati tenderen elnyert koncessziós szerződések szerint hat új blokkban kezdhet bele kutatási tevékenységbe – még idén Bucsa, majd jövő év elején Bázakerettye és Mezőtúr, később pedig Jászárokszállás, Okány-Nyugat és Zala-Nyugat területeken. A hat szénhidrogén koncessziós terület összesen közel 4200 km^2-t fed le, így a MOL jogosultságában álló kutatási területek mérete megközelíti a 7500 km^2-t. A korábban felfedezett mezők fejlesztése mellett a vállalatcsoport nagy hangsúlyt fektet ezekre az új munkálatokra is.

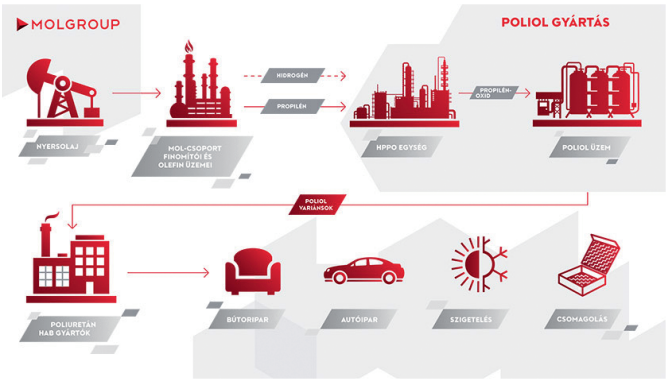
Hazánkban jelenleg naponta több mint 40 ezer hordó kőolaj-egyenérték (boe) szénhidrogént termel ki a MOL, így a vállalatcsoport kutatás-termelési tevékenységének továbbra is Magyarország és a kelet-közép-európai régió a kulcsterülete.

A MOL-csoport 13 országban folytat kutatási tevékenységet, és nyolc országban végez kitermelést. A kutatás-termelési üzletág a közép-kelet európai régión kívül jelen van Pakisztánban, Irak kurdisztáni régiójában, Ománban, Angolában, Egyiptomban, a FÁK-országokban és az Északi-tengeren is.

Óriás beruházásra készül a MOL Magyarországon. A MOL-csoport 2016 őszén bejelentett hosszú távú stratégiájának egyik első lépcsőjét képezik az Evonik IP GmbH és ThyssenKrupp Industrial Solutionsszel kötött megállapodások a poliuretánok alapanyagát adó poliolok gyártásához létfontosságú technológiákról. A szerződések a HPPO (hidrogén-peroxidból propilén-oxid) néven ismert hidrogén-peroxid és propilén-oxid gyártási technológiák licencének és tervezési dokumentációinak beszerzésére vonatkoznak. A szerződések aláírása fontos stratégiai lépés a MOL nagy ívű petrolkémiai beruházási programjának megvalósítását illetően, emellett pedig hosszú távú partnerség kezdetét jelentheti az Evonik IP GmbH, a ThyssenKrupp Industrial Solutions és a MOL között.

A MOL 2030-as hosszú távú stratégiájában körvonalazott tervek szerint 1,9 milliárd dollár értékben szándékozik beruházni a petrolkémiai üzletágban 2017 és 2021 között. A Magyarországon, mintegy 1 milliárd dolláros beruházásból felépülő komplexum a MOL-csoport legnagyobb organikus beruházási projektje lesz a következő öt évben. Az új termékcsalád bevezetésével nemcsak piaci pozícióját erősítheti a MOL-csoport Közép-Kelet-Európában, de tovább növeli a finomítás-feldolgozás értékláncának integrációját is.

A gyártás során alkalmazott korszerű technológia összhangban van a MOL-csoport fenntartható fejlődés iránti elkötelezettségével is, hiszen sokkal környezetbarátabb, mint a korábbi fejlesztésű technológiák. Ennek egyik fokmérője, hogy a módszernek köszönhetően nem keletkezik jelentős mennyiségű környezetet terhelő melléktermék.



Az ipari létesítmény évente 200 000 tonna propilén-oxidot termel. Ezt a propilén-oxidot alakítja poliol termékké a MOL-csoport. A komplexum több létesítményből áll majd: a propilén-oxid üzemen kívül több poliol-gyártósorból és számos, az üzemek működéséhez szükséges kiszolgáló létesítményből.

A poliuretán műanyagokat világszerte széles körben alkalmazzák az építő-, autó-, csomagoló-, és bútoriparban. Az ágyakban található matracok, az autóban lévő ülések és műszerfalak, de az otthonunkban lévő ülőgarnitúrák is poliuretánból készülnek. Sokrétű és kedvező fizikai tulajdonságai miatt a legsokoldalúbb polimerként emlegeti a szakma.

„A megállapodás fontos lépés a MOL-csoport 2030-as stratégiájának megvalósításában, amely révén a vállalatcsoport Közép-Kelet-Európa vezető vegyipari vállalatává alakul át. Az innovatív és környezetbarát technológia nem csupán azt teszi lehetővé számunkra, hogy régiónk egyetlen integrált, és Európa egyik legnagyobb poliolgyártójává váljunk, hanem belépő is a vegyipar egyéb, rendkívül nyereséges területeire" – mondta Hernádi Zsolt, a MOL-csoport elnök-vezérigazgatója.

Johannes Ohmer, az Evonik Resource Efficiency GmbH igazgatósági tagja elmondta: „Ez a projekt remek példája annak, amikor tekintélyes partnerek különleges erői egyesülnek egy hosszú távú, sikeres szövetség érdekében. Az Evonik modern technológiájával és kiváló teljesítményű katalizátorával járul hozzá ehhez az együttműködéshez. Innovatív és megbízható partnerként pedig hatékony és fenntartható megoldásokat kínál."

„Büszkék vagyunk rá, hogy a ma megkötött hosszú távú szerződések révén a MOL lehetőséget kap magas minőségű propilén-oxid előállítására, ráadásul rendkívül költséghatékony módon. A hatékony nyersanyag-felhasználással, környezetbarát termeléssel és alacsony beruházási költségekkel járó termelés mélyreható folyamattervezési szakértelmünkön, valamint az Evonikkal közösen tervezett és megépített vegyipari és más ipari létesítmények során szerzett tapasztalatokon alapszik" – mondta Sami Pelkonen, a Thyssenkrupp Industrial Solutions Elektrolízis és Polimerek üzletágának vezérigazgatója.



Használt sütőolajból bioüzemanyag: a MOL több mint 900 tonna használt sütőolajat gyűjtött össze az elmúlt hat évben. A MOL 2011-ben indította útjára használt sütőolaj-gyűjtő programját, amelynek keretében az elmúlt években több mint 900 tonna használt sütőolaj gyűlt össze, és ezzel a lakosság több ezer liter élővizet kímélt meg az elszennyeződéstől.

Magyarországon évente több tízezer tonna étolajat használnak



fel. A felhasználás során keletkező használt sütőolaj sorsa azonban csak az üzemi konyháknál, éttermeknél megoldott, ahol szervezetten folyik a hulladék elszállítása és feldolgozása. A háztartásokban használt sütőolaj rendre a lefolyókba vagy a szemétbe kerül. Ez igen káros, hiszen a csővezetékek falára lerakódva a csatorna dugulását okozza, a háztartási szemétbe öntve pedig nehezen lebomló anyagként jelenik meg a hulladéklerakókban. Ha pedig a sütőolaj gondatlanságból vagy szándékosan az élővizekbe jut, az még veszélyesebb: tavakban, folyókban a víz felszínén úszva meggátolja az oxigénfelvételt, így elpusztítja a vízi élőlényeket. Egyetlen csepp használt étolaj akár ezer liter élővizet is elszennyezhet.

A háztartásokban használt sütőolaj környezetbarát tárolására teremtett ideális megoldást a MOL, amikor országszerte 188 töltőállomásán helyezett ki gyűjtőtartályokat, így a lakosság egyszerűen, gyorsan, környezetbarát módon „szabadulhat meg" a használt étolajtól. A legtöbb használt sütőolaj Budapesten (178 tonna) és Pest megyében (175 tonna) gyűlt össze, míg a vidéki városok között toronymagasan Gödöllő az első az elmúlt 6 év folyamán, a töltőállomáson összegyűjtött több mint 20 tonna használt sütőolajjal.

A kijelölt MOL töltőállomásokon leadott használt olajat a Biofilter Kft. gyűjti össze és tisztítást követően juttatja el a Rossi Biofuel komáromi üzemébe, ahol bioüzemanyagot gyártatnak belőle. Ennek köszönhetően környezetre káros hulladék helyett újrahasznosított, környezetbarát termék lesz belőle, amelyet a MOL százhalombattai finomítójában használnak fel biokomponensként a gázolaj gyártásához.

Ritz Ferenc összeállítása

MKE–HÍREK

Konferenciák, rendezvények

Konferenciák, 2017

október 25–27.	Őszi Radiokémiai Napok, Balatonszárszó
november 23.	Kozmetikai Szimpózium, Budapest

Őszi Radiokémiai Napok

2017. október 25–27.
SDG Családi Hotel és Konferenciaközpont,
Balatonszárszó, Csárda u. 39–41.
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
Honlap és online regisztráció:
http://www.radiokemia.mke.org.hu/
TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix,
beatrix.schenker@mke.org.hu

Kozmetikai szimpózium, 2017

A természetes eredetű hatóanyagok felhasználása a kozmetikai termékekben

2017. november 23.
Hotel Bara, Budapest, Hegyalja út 34.
Témakörök:
Natúr kozmetikai termékek és alapanyagaik
Vitaminok felhasználásának lehetősége a testápolásban
Téveszmék és valóság a bőrfiatalítás terén
Arckrémek hatásának mérésére szolgáló műszerek és vizsgálati módszerek
A hatóanyagok bőrön történő felszívódásának vizsgálata és eredménye
Lehetőséget biztosítunk vállalkozása tevékenységi körének, eredményeinek, kooperációs lehetőségeinek molinón vagy vetített formában történő bemutatására
TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix,
beatrix.schenker@mke.org.hu

22nd International Conference on Phosphorus Chemistry

2018. július 8–13.
Danubius Hotel Flamenco
Budapest, Tas vezér u. 3–7.
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
Honlap és oline regisztráció: http://www.icpc22.mke.org.hu/
TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix,
icpc22@mke.org.hu

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXII. No. 10. October

CONTENTS

Investigations at the Institute of Pharmaceutical Chemistry, University of Szeged **306**
FERENC FÜLÖP, ENIKŐ FORRÓ, LORÁND KISS, ZSOLT SZAKONYI, ISTVÁN SZATMÁRI, and SÁNDOR ÖTVÖS
Chemistry in diamond anvil cells **314**
TIBOR BRAUN
Book review: The hidden face of a metropolis **318**
FERENC HUDECZ
New York Scientific. A Culture of Inquiry, Knowledge, and Learning (details) **319**
ISTVÁN HARGITTAI and MAGDOLNA HARGITTAI
Noted and chemist. Bud Spencer **324**
GÁBOR LENTE
Protection of car passengers and the role of sodium azide **325**
CSABA KUTASI
Waste collection in science labs **330**
MELINDA KISVÁRDAI, ERIKA KISVÁRDAI-FÁBIÁN, and ANTAL KISVÁRDAI
Chembits **332**
GÁBOR LENTE
News of the Month **334**

Gran Prize díjat nyert a Pannon Egyetemen működő MTA–PE Transzlációs Glikomika Kutatócsoport

Guttman András és az általa vezetett MTA–PE Transzlációs Glikomika Kutatócsoport nyerte el a 2017. évi Gran Prize Interdiszciplináris Innovatív Díjat a rák elleni küzdelemben folytatott munkájáért. A díj átadására az ünnepélyes Gran Gálán, 2017. május 30-án került sor Budapesten.



2012-ben merült fel a gondolat a magyarországi Svéd Kereskedelmi Testületben (The Swedish Chamber) egy alap létrehozása, amelyből újító ötletek, projektek és munkák megszületését kívánták ösztönözni. Olyan innovatív szellemi tevékenységekre gondoltak az orvostudomány, a fenntartható fejlődés, a design vagy éppen a környezetvédelem területén, melyek az általános emberi életminőség javítását irányozzák elő. Ebből a célból a The Swedish Chamber 5 millió forintot különített el alaptőkéjéből, melynek éves kamatait a díj létrehozására és fenntartására fordítják. Ugyanakkor a kezdeményezés előremutató voltát bizonyítja az is, hogy nyitott a csatlakozási lehetőség minden felelős gondolkodású, támogatásnyújtásra kész döntéshozó, illetve magánszemély számára is, aki magáénak érzi a környezettudatos szemléletmódot. A megújulás jegyében a díj jelképéül a Svédországban igen gyakori lucfenyőt választották, innen ered a díj neve is: *gran* svédül lucfenyőt jelent.

A díjat évente egy alakalommal ítélik oda szigorú követelményrendszereknek megfelelő pályaművekért, melyek korunkon túlmutató, a társadalom szolgálatába állítható ötletet hordoznak, elősegítik a fenntarthatóságot, környezettudatos gondolkodásra sarkallnak, mindemellett megfelelő technológiai aspektussal és gazdasági potenciállal bírnak. A felsorolt kritériumoknak megfelelő pályamunkákból az öt legjobbat kijelölik, és szerzőiket személyes meghallgatásra hívják. A Gran Prize díjra egyaránt pályázhatnak egyének, csoportok, vállalatok, egyesületek, szervezetek, intézmények, egyetemi hallgatók és hallgatói csoportok.

A Bizottság idén az MTA–PE Transzlációs Glikomika kutatócsoport kutatási projektjét ítélte érdemesnek a díjra. A kutatócsoport, melyet Guttman András professzor (Pannon Egyetem, MIK, Glikomika kutatási projekt) vezet, *Új, integrált eszközök és módszerek kifejlesztése és alkalmazása speciális glikomikai kutatásokban* tárgyú pályázatával nyerte el a Gran Prize díjat. A kutatócsoport célja forradalmi platformok és technikák létrehozása, amelyek olyan határterületi tudományokat ötvöző glikomikai kutatásokban használhatók fel, ahol a minta csupán rendkívül korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre, mint például cirkuláló ráksejtek esetében. Ennek részét képezik a rákos folyamatok sejtkommunikációjában kulcsszerepet betöltő glikoproteinek komplex cukorszerkezetének nagy érzékenységű vizsgálatára szolgáló mikrofluidikai módszerek, valamint bioinformatikai eszközök fejlesztése.

A döntést a pályázat innovatív, interdiszciplináris volta, iparjogvédelmi helyzete, kiemelt társadalmi jelentősége és felelősségvállalása indokolta.

Az átadási ceremóniára Budapesten került sor május 30-án, ahol Guttman András a megtisztelő díjat Anna Boda svéd nagykövet-helyettestől vehette át, majd bemutatta a nyertes pályamunkát. A pénzjutalmon kívül a Gran Prize szobor is a díj részét képezi, amely Ann Lundin svéd képzőművész, valamint Szász Károly kerámia- és üvegművész által megálmodott és kidolgozott kompozíció, illetve egy fenyő, melyet a badacsonytomaji Folly



FOTÓ: MOLNÁR CSABA

Guttman András és Anna Boda svéd nagykövet-helyettes



A Pannon Egyetemre került fenyő

Arborétum biztosított. Utóbbi elültetésére június 23-án 10 órakor került sor a Pannon Egyetem B épülete mögötti parkban. Az eseményen részt vettek és köszöntőt mondtak Dr. Guttman András, az MTA–PE Transzlációs Glikomika Kutatócsoport vezetője, Dr. Gelencsér András, a Pannon Egyetem rektora, Istiván Rita, a Magyarországi Svéd Kereskedelmi Testület főtitkára, dr. Idei Miklós, a Magyar Tudományos Akadémia Támogatott Kutatócsoportok Irodájának igazgatója és Dr. Markovszky György, a Veszprém Megyei Kereskedelmi és Iparkamara elnöke. Guttman András szerint a fenyő szép emlékeztetője tevékenységüknek, és ahhoz is hozzájárulhat, hogy idővel egyre nagyobbra nőjön a díj ázsiója.

Borza Beáta

Thermo SCIENTIFIC

A Thermo Fisher Scientific Brand

Egy drámaian más ICP-MS

A **Thermo Scientific iCAP RQ ICP-MS** analitikai teljesítményben és az egyszerű kezelhetőségben drámaian különbözik a korábbi készülékektől. Az új RQ Cell flatapol technológia a jelenleg elérhető legjobb kimutatási határokat biztosítja a teljes analízis idő akár 50%-os csökkenése mellett. A néhány kattintással elérhető automatizált beállítások segítségével gyorsan fejleszthet megbízható mérési módszereket, anélkül hogy az ICP-MS technika szakértője lenne. Az egyszerű karbantartás és a rendkívül kompakt méretek költséghatékony üzemeltetést biztosítanak.

nyomelem analízisre

• thermofisher.com/icaprq





iCE 3000 AA család
Innovatív dizájn, automatikus váltás a láng és grafitkemence üzemmódok között



iCAP 7000 Plus ICP-OES család
Az elérhető legnagyobb teljesítményű ICP-OES megbízható rutin multielemes analízisre



iCAP RQ ICP-MS
Kiemelkedő teljesítményre, termelékenységre és egyszerű használatra tervezve



iCAP TQ ICP-MS
Valódi hármas kvadrupol ICP-MS a nagy kihívást jelentő mintákra

Kizárólagos képviselet:

UNICAM Magyarország Kft.

1144 Budapest, Kőszeg utca 27.

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

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

UNICAM