

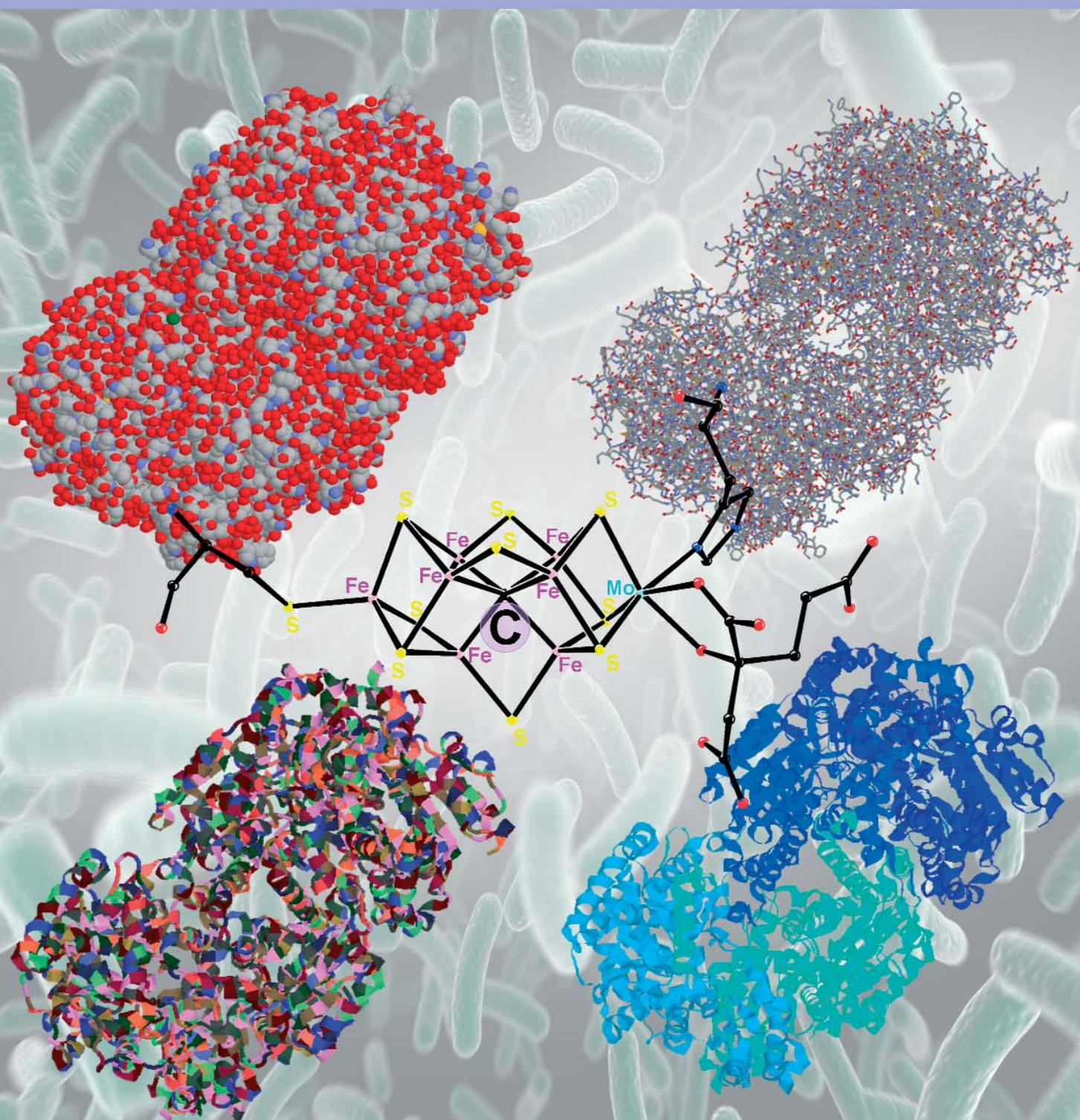
A TARTALOMBÓL:

- Az atomenergia jövője
Fukusima után
- Purinszármazékokból
képződő szupramolekuláris
rendszerek
- Évfordulók
- Asztrokémia



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXVII. ÉVFOLYAM • 2012. MÁRCIUS • ÁRA: 850 FT



Tisztelt Ügyfelünk!

A Unicam Magyarország Kft. munkatársai szeretettel várják látogatását a

LABORTECHNIKA 2012

kiállításon.

Helyszín: SYMA Rendezvényközpont, C pavilon

Időpont: 2012. március 27-29., naponta 9-17 óráig

A Unicam Magyarország Kft. által képviselt cégek és termékek:



- AA, ICP-OES és ICP-MS spektrométerek
- C, H, N, S, O, TN, TS, TX elemanalizátorok
- ED-XRF spektrométer
- UV/látható spektrométerek
- Automata fotometriás analizátorok
- IR, Raman és NIR spektrométerek, mikroszkópok
- Laboratóriumi és ipari gázkromatográfok
- Kvadrupol és ioncsapda GC/MS spektrométerek
- HPLC, UHPLC és nano-UHPLC berendezések
- Kvadrupol és ioncsapda LC/MS spektrométerek
- Kromatográfias oszlopok, mintaelőkészítő eszközök és fogyóanyagok



Your Vision, Our Future

- Rutin, ipari és élettudományi mikroszkópok
- Digitális képalkotó megoldások
- Mikromanipulátorok



- Általános laboratóriumi eszközök, kisműszerek
- A mintavétel és mintaelőkészítés eszközei, berendezései
- Üveg, fém, műanyag laboráruk és fogyóanyagok



- Atomfluoreszcenciás Hg, As, Se, Sb, Te, Bi meghatározók
- Hg, As, Se speciációs rendszerek



- Preparatív és biokompatibilis HPLC rendszerek
- Ozmométerek



- Összes foszfor/foszfát, összes nitrogén meghatározók
- FIA analizátorok



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXVII. évf., 3. szám, 2012. március



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

Szerkesztőség:

Felölös szerkesztő: KISS TAMÁS
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE
Szerkesztők:
ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
JANÁKY CSABA, LENTE GÁBOR,
NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR,
ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Szerkesztőbizottság:

SZÉPVÖLGYI JÁNOS,
a szerkesztőbizottság elnöke,
[SZÉKERES GÁBOR] örökös főszerkesztő,
ANTUS SÁNDOR, BECK MIHÁLY,
BIACS PÉTER, BUZÁS ILONA,
GÁL MIKLÓS, HANCSÓK JENŐ,
[HERMECZ ISTVÁN], JANÁKY CSABA,
JUHÁSZ JENŐNÉ, KALÁSZ HUBA,
KEGLEVICH GYÖRGY, KOVÁCS ATTILA,
KÖRTVÉLYESI ZSOLT,
KÖRTVÉLYESSY GYULA,
LIPTAY GYÖRGY, MIZSEY PÉTER,
MÜLLER TIBOR, NEMES ANDRÁS,
RÁCZ LÁSZLÓ, SZABÓ ILONA,
SZEBÉNYI IMRE, TÖMPE PÉTER,
ZÉKÁNY ANDRÁS

Kapják az egyesület tagjai és a megrendelők

A szerkesztésért felel: KISS TAMÁS

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.

Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883,

fax: 36-1-201-8056

E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete

Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA

Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.

Nyomás és kötés: Mester Nyomda

Felelős vezető: ANDERLE LAMBERT

Tel./fax: 36-1-455-5050

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)

A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja



Nemzeti
Kulturális
Alap



Március: ismét Laborteknika Kiállítás a SYMA Csarnokban. Szívesen adunk hírt a kiállításról weboldalunkon és a Magyar Kémikusok Lapjában. Épp a mostani, márciusi számmal postáztuk a meghívókat. Az immár 14. alkalommal megrendezésre kerülő kiállítás jó találkozási lehetőséget kínál a kémikusok számára, dolgozzanak bár az iparban, az egyetemeken, a kutatóhelyeken, vagy épp kémiatanárként. Reméljük, idén is sokan gyűjtik be a friss információkat a kiállítók által felsorakoztatott szakmai újdonságokról, még akkor is, ha a közeljövőben talán csak kevés látogató számára remélhető az újdonságok megvásárlása.

A Magyar Kémikusok Egyesülete hagyományosan élő kapcsolatot tart fenn a kiállító cégek képviselőivel. A 2011. év, a Kémia Nemzetközi Éve még intenzívebbé tette az együttműködést. Köszönjük a tudományos rendezvényeinken való részvételt, a fiatalokat megszólító események, versenyek támogatását.

Engedjék meg, hogy fölhívjam figyelmüket 2012. évi tudományos programjainkra, nemzetközi és hazai konferenciáinkra – 2012. évi rendezvénynaplárunk a márciusi számban is olvasható. Várunk mindenkit a kutatóhelyekről és az iparból, és nem utolsósorban számítottunk a kiállítókra, mint az új készülékek, szakmai újdonságok bemutatóira.

A tehetséggondozás, a versenyek szervezése és támogatása ebben az évben is kiemelt tevékenységünk. Köszönjük, hogy partner cégeink közül sokan tartják fontosnak, hogy legyen minél több fiatal, aki a kémiát választja élethivatásul. Reméljük, ez a folyamat nem áll meg, és partner cégeink segítségével továbbra is lehetővé teszi tehetséggondozó programjaink megvalósítását.

Szeretném figyelmükbe ajánlani lapunkat. Megújult, formájában és tartalmában is „megszínesedő” oldalaink nemcsak a Laborteknika Kiállítás idején, de az egész évben rendelkezésükre állnak. Várjuk tudományos szintű ismertetőket az új berendezésekről, módszerekről, valamint színes hirdetéseiket. Lapunk 2500 kémikushoz jut el!

Egyesületünk több mint egy éve költözött új székhelyére: Hattyú utca 16., II. emelet 8. Már „belaktuk”. Figyelmükbe ajánljuk 50 fős előadótermünket, ami előzetes egyeztetés után szívesen ad „otthont” rendezvényeiknek. Erről rövid ismertetőt és néhány képet találnak ebben a számban.

A Kémia Nemzetközi Éve lendületét jó lenne megtartani Egyesületünk életében. Legyen minden év, így 2012 is a kémia éve!

Androsits Beata

Androsits Beata
ügyvezető igazgató
felelős kiadó

TARTALOM

KITEKINTÉS

Aszodi Attila, Boros Ildikó: Az atomenergia jövője Fukushima után **70**

Kerényi Ervin: Kémia a Földön kívül. II. Asztrokémia **77**

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Braun Tibor: A kristályos szénnanotudomány legújabb kori diadalútja **84**

Paragi Gábor, Szolomájer János, Batta Gyula, Kele Zoltán,

Kupihár Zoltán, Pádár Petra, Céla Fonseca Guerra,

F Matthias Bickelhaupt, Kovács Lajos: Purinszármazékokból képződő

szupramolekuláris rendszerek **88**

KÖNYVISMERTETÉS

Lente Gábor: Méregkeverék (John Emsley: Gyilkos molekulák) **89**

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Pap József Sándor: Évfordulók **90**

Deli József: Zechmeister László (1889–1972) **92**

MEGEMLÉKEZÉS

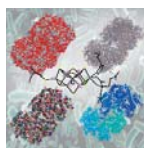
Homonnay Zoltán: Vértess Attilára emlékezve... **93**

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata **94**

EGYESÜLETI ÉLET

A HÓNAP HÍREI **99**



Címleap:

A hónap molekulája:
az *Azotobacter*
vinelandii
nitrogenáz enzim
és a benne levő
FeMo-kofaktor
(Lente Gábor
grafikája)

Aszódi Attila–Boros Ildikó

■ BME Nukleáris Technikai Intézet
aszodi@reak.bme.hu

boris@reak.bme.hu

Az atomenergia jövője Fukusima után

Az atomenergia sosem tartozott a könnyen megérthető és könnyen „eladható” technológiák közé. A II. világháborút lezáró, Japánra ledobott két amerikai atombomba hívta fel igazán a világ figyelmét az atomenergia létezésére, és ez a belépő nem tette egyszerűvé az atomenergia békés célú alkalmazásának elfogadását, még akkor sem, ha a hadiipari és a békés célú nukleáris alkalmazások sok évtizede és határozottan szétváltak. Az 1986 áprilisában bekövetkezett csernobili baleset történései tovább erősítették a laikus közönségben az atomenergiával szembeni félelmeket. Kétségtelen, hogy Csernobil óriási anyagi és – lokális – környezeti károkat okozott a Szovjetunióban, és az elhibázott kommunikáció, a lakosság nem megfelelő védelme is hozzájárult a szovjet politikai rendszer bukásához.

Ma egyértelmű konszenzus van arról a szakmában, hogy Csernobil az elhárításon dolgozók és a lakosság egy kisebb csoportja szempontjából nagy sugárdózist okozó esemény volt, ugyanakkor az európai lakosság – ezen belül az orosz, fehérorosz és ukrán lakosság zöme – szempontjából kis dózissal járt, sugár-egészségügyi következmények nélkül. Mégis az ezzel kapcsolatos félelmek, a sajtóban fellelhető túlzások mélyen beépültek a társadalmi-politikai tudatba, és részét képezik a fejlett emberi társadalom hétköznapi szorongásainak.

A Csernobil utáni két évtizedben az amerikai és az európai kontinensen is több új atomerőművet helyeztek üzembe, ugyanakkor kétségkívül lassult a fejlődés üteme a 70-es és 80-as évekhez viszonyítva. Ebben az időszakban Ázsiában, ezen belül is Japánban, Dél-Koreában, Indiában és Kínában töretlen fejlődést mutatott az atomenergia. A kétezres évek közepén, két évtizeddel a csernobili baleset után lassú fordulat következett be, és a fejlett világban, többek közt az európai és az amerikai politikában újra higgadtan lehetett beszélni az atomenergiáról. Ebben egészen biztosan szerepet játszott az is, hogy a klímaváltozás elleni küzdelem szükségességét ekkorra értette meg a nagypolitika, és az atomenergia a kezünkben lévő kevés olyan technológiák egyike, amellyel nagy mennyiségben, stabilan tudunk alacsony áron, szén-dioxid kibocsátása nélkül villamos energiát termelni.

A 2000-es évek közepétől a fejlett országok sorra jelentették be, hogy újra tervezik atomerőművi kapacitások építését. Finnországban, Franciaországban ténylegesen új blokképítések indultak meg, az USA komoly állami ösztönzőkkel segíti az építeni szándékozó cégeket, Litvánia, Lengyelország, az Egyesült Királyság, Bulgária, Csehország, Szlovákia, Magyarország, Oroszország érdemi gazdasági és politikai lépéseket tett ilyen projektek előkészítésére. Még a törvényben deklaráltan antinukleáris Németország és Olaszország is az atomenergia jövőbeli alkalmazásának

revízióját fontolgatta. Ebben a helyzetben történt 2011 márciusában a japán fukusimai atomerőmű balesete, ami a második legsúlyosabb az iparág történetében. Jelen cikk a szerzők [1] alatti írása alapján készült.

A fukusimai baleset

2011. március 11-én Japán keleti partjaitól kb. 130 km távolságban, az óceán alatt egy rendkívüli erejű, sekély fészklű földrengés történt. A Richter-skálán 9-es magnitúdójú földrengés a felszabadult energia nagysága szempontjából a világon mért földrengések közül a 4. legnagyobb volt [2]. A földrengés hatására az ország északi részén található atomerőművek – automatikus biztonságvédelmi működések hatására – rendben, biztonságosan leálltak, és megkezdődött az egységek lehűtése. Japán északi részén ugyanakkor a villamosenergia-rendszer összeomlott, mert a távvezetékben a földrengés számos súlyos károsodást okozott, továbbá a leálló hő- és atomerőművek kieső kapacitását más forrásokból nem lehetett pótolni.

Az országos villamosenergia-rendszer összeomlása kezdeti eseményként szerepel az atomerőművek méretezési alapjában, azaz ezt a helyzetet az atomerőművek biztonságosan kezelni tudják. A földrengés által okozott vízszintes talajszinti gyorsulás ugyan kismértékben meghaladta a japán északkeleti partvidéken lévő atomerőművek (Onagawa, Fukushima-1, Fukushima-2, Tokai) tervezési alapjában szereplő méretezési biztonsági földrengés vízszintes gyorsulásértékét, de nem tudunk arról, hogy ez érdemi technológiai károsodáshoz vezetett volna. Ez érthető is, mert a földrengés mechanikai hatásaira való méretezés megfelelő mérnöki tartalékkal történik.

Az óceán alatt kis mélységben bekövetkező nagy földrengés nem várt, rendkívüli méretű cunamit váltott ki. A nyílt óceánon 5–6 méter magas hullámok a partvidéken 15–30 méter magasra erősödtek, és az épített infrastruktúrában óriási pusztítást okoztak. A cunami kb. 500 km² területen rombolta le a településeket, sodorta el a házakat, utakat, hidakat, vasutakat. A cunami áldozatainak száma megközelíti a 20 000 főt. Közülük sokan azon a mintegy száz cunami-óvóhelyen veszítették életüket, amelyeket ilyen esetre építettek, de a méretezésük során a mostaninál jóval kisebb cunamival számoltak.

A Fukushima-1 atomerőmű ugyanebből az okból kifolyólag került fel a veszteséglistára: az 1970-es években üzembe lépett, hat atomerőművi blokkot tartalmazó telephelyen a mérnöki építményeket maximum 5,7 m magas cunami-hullámokra készítették fel, amelyet jelentősen meghaladott a telephelyet 15 m magas hul-



lámokkal elérő tényleges külső behatás. A cunami elpusztította az erőmű hűtővíz-ellátásáért felelős vízkivételi művet, valamint az árhullám behatolt a turbinacsarnokokba, egyéb épületekbe, és működésképtelenné tette a villamos berendezéseket, ezen belül is az üzemzavari dízelgenerátorokat.

Az atomreaktorok fontos alaptulajdonsága, hogy azokat a láncreakció leállítását követően is feltétlenül hűteni kell, mert a nukleáris üzemanyagban felhalmozódott hasadási termékek radioaktív bomlása (nem az urán hasadása!) annyi hőt termel, hogy aktív hűtés nélkül az üzemanyag-kazetták néhány óra elteltével megolvadnának. Ezért létfontosságú az energetikai reaktoroknál a leállítás után a hűtővíz-ellátás és megfelelő üzemzavari áramellátás biztosítása. Ha az atomerőmű külső villamos hálózati feszültség nélkül marad, és a telephelyen lévő összes blokk leáll, az áramellátás csak vészhelyzeti aggregátokról (tipikusan dízelgenerátorokról) biztosítható. A cunami azonban a Fukushima-1 atomerőműnél mind a hűtővíz-ellátást (az ún. végső hőnyelő elérését), mind pedig a dízelgenerátorokat tönkretette, így egy rendkívül súlyos, tervezési alapon túli állapot alakult ki, amelynek során megolvadt az 1., 2. és 3. reaktorban lévő üzemanyag, valamint sérülés érte az 1., 2., 3. és 4. blokki pihentetőmedencét. Az 1., 2. és 3. blokki súlyos baleseti folyamatok több száz kilogramm hidrogén keletkezéséhez vezettek. Az 1., 2., 3. reaktorok hermetikus védőépületének megóvása érdekében az operátorok a hidrogéngőz keverék környezetbe történő lefúvatása mellett döntöttek, amely során – eddig nem ismert okokból – a hidrogén az 1. és 3. blokki reaktorépületekben felrobbant. A 3. blokki hidrogén egy része a közös szellőzőrendszeri vezetékeken keresztül átáramlott a 4. blokk épületébe is, ahol később szintén felrobbant. Összesen 4 reaktorépület súlyosan károsodott. (A 2. blokki hidrogén sorával kapcsolatban egyelőre nem látunk tisztán. 2011 márciusában azt közölték a japánok, hogy a 2. blokk hermetikus terében, az ún. nedvesaknában hidrogénrobbanás volt, ezt azonban később cáfolták.) A robbanások fokozták a környezetbe kikerülő radioaktív anyagok mennyiségét, és nagyon komplikálttá tették a helyzet hosszú távú kezelését. A hidrogénrobbanások felhívják rá a figyelmet, hogy a Fukusimában és más forralóvízes reaktorokon is használt hidrogénkezelési stratégia – mely szerint nitrogénnel töltik fel a hermetikus védőépületet, így abban hidrogénkeletkezés során nem tud robbanóképes elegy létrejönni – elhibázott, hiszen láttuk, hogy a hidrogén lefúvatása során további hibák fordulhatnak elő, amelyek végül akár robbanáshoz is vezethetnek. Megfelelőbbnek tűnik a Pakson és sok más energetikai reaktorban alkalmazott eljárás, ahol passzív autokatalitikus rekombinátorokat helyeznek el a hermetikus tér kiválasztott pontjain, melyek a hidrogént oxigén jelenlétében visszaalakítják vízgőzzé, még mielőtt robbanásveszélyes hidrogénkoncentráció jöhetne létre.

A robbanások következtében a reaktorokból jelentős mennyiségű radioaktív anyag került a környezetbe. Úgy is fogalmazhatunk, hogy ha nem lettek volna hidrogénrobbanások Fukusimában, a környezeti következmények sokkal kisebbek lettek volna. A légnemű kibocsátások között a nemesgázok, illékony hasadási termékek (főként jódt, cézium) a fő komponensek. A sérült szerkezeteken keresztül közvetlenül a tengerbe is került jelentős mennyiségű folyadék. A telephelyen igen magas dózisteljesítmények alakultak ki, ami komolyan akadályozza az elhárítási munkálatokat. Az elhárításon dolgozók megengedett dóziskorlátját ideiglenesen 100-ról 250 mSv-re emelték, ezt a korlátot 2011 végéig – kismértékben – hat munkás lépte túl, mindannyian az elhárítási munkálatok elején kapták a jelentősebb többletdózt.

A környező lakosság kitelepítése 3 km-es körzetben már a cunamit követően, március 11-én megkezdődött, mivel a dízelgenerátorok kiesésével az üzemeltető számára nyilvánvalóvá vált a helyzet súlyossága. Másnap 20 km-re emelték a kitelepítési körzetet, ehhez később a mért dózisviszonyok alapján további kitelepítéseket csatoltak az erőműtől északnyugati irányban. A kitelepítésen túl további korlátozásokat is be kellett vezetni: egyes helyeken a csapvíz, illetve a friss zöldség fogyasztását tiltották meg egy időre. A közvetlen légköri és tengeri kibocsátások mostanra a reaktorok zárt körös hűtésének megvalósításával jelentősen lecsökkentek, a korlátozások teljes feloldásához azonban a szennyezett lakott területeket meg kell tisztítani.

A kibocsátott radioaktivitás össz mennyisége alapján a japán nukleáris hatóság április 12-én a hét fokozatú Nemzetközi Nukleáris Eseményskála (INES) legmagasabb, hetes szintjére sorolta be a fukusimai balesetet. Ezt a besorolást korábban csak a csernobili baleset kapta meg (az INES-skálát éppen az 1986-os baleset után dolgozta ki és vezette be a nemzetközi közösség). Az azonos INES-7-es kategória ellenére sok eltérés van a csernobili és a fukusimai baleset között. Az 1986-os csernobili baleset közvetlen oka a reaktor rossz reaktorfizikai tervezése volt, amit csak rontottak az erőmű bizonyos műszaki megoldásai, egy kiterjedt hermetikus védőépület (konténment) teljes hiánya, illetve a baleset-elhárítási terv hiánya. Fukushima esetében egy extrém méretű külső természeti esemény okozta a balesetet, amelynek lezajlását nem megfelelő tervezésű műszaki eszközök (pl. a lefúvatás során hibásan működő szellőzőrendszer) súlyosbították.

Az ukrainai baleset következményeként kb. 50 haláleset írható közvetlenül az elhárítás során elszenvedett rendkívül magas (tipikusan 4000 mSv-nél nagyobb) többletdózis számájára, emellett kb. 6000–8000 többlet rákos megbetegedés várható statisztikai alapon becslve az orosz, fehérorosz, ukrán területen érintett lakosság körében.

Fukushima – ahol a jelenlegi becslések szerint a három megsérült reaktorzónából és a négy érintett pihentetőmedencéből összesen kb. a csernobili kibocsátás tizede-ötöde került a környezetbe (az adatok csak becslések, egyelőre még nincs pontos, minden fél által elfogadott érték), alapvetően a konténmenteknek köszönhetően – egészségügyi hatásai várhatóan jóval korlátozottabbak lesznek: jelen ismereteink alapján a lakosság egészségügyi károsodása nem várható a baleset következtében. Ennek oka a japán hatóságok gyors döntése a kitelepítésről, a kitelepítés hatékony végrehajtása, az élelmiszerek és a csapvíz fogyasztásának szakszerű korlátozása, illetve az a tény, hogy a korábban kidolgozott baleset-elhárítási terv alapján dolgozhattak a hatóságok. Csernobilhoz viszonyítva a fukusimai baleset környezeti következményeit az is csökkenti, hogy Japánban nem került ki a környezetbe számottevő mennyiségű üzemanyag-fragmentum, míg Csernobilban a besugárzott üzemanyag mintegy 3,5%-a jutott a környezetbe – benne nagy mennyiségű alfa-sugárzó nehézizotóppal – a 10 napig tartó intenzív grafittűz és az általa létrehozott extrém magas hőmérséklet, valamint a mérnöki gátak teljes hiánya miatt.

A fukusimai baleset okaival, lefolyásával és következményeivel kapcsolatban további információk érhetők el a [3] alatti weboldalon.

A baleset értékelése a nukleáris biztonság szemszögéből

A fukusimai tapasztalatok fényében jogosan merül fel a kérdés, hogy létezik-e biztonságos atomenergia. A kérdés másként is



megfogalmazható: mi az a biztonsági szint, amit elvárunk egy technológiától, ezen belül az atomenergiától?

Az atomerőműveket villamos energia előállítása céljából építik. A használati funkciók kívül az atomerőműnek azonban biztonsági funkciókat is el kell látnia, hiszen a reaktorban a működése során nagy mennyiségű, a környezetre veszélyes radioaktív anyag halmozódik fel, amelynek kedvezőtlen biológiai hatásaitól meg kell óvni a környezetet, az élőlényeket. Az atomerőmű tervezése, építése és üzemeltetése során tehát alapvető cél, hogy a környezet és a lakosság elfogadhatatlan többlet-sugárterhelését elkerüljük. E cél elérése érdekében három alapvető biztonsági funkciót kell ellátni:

- 1) a nukleáris láncreakciót mindenkor hatékonyan kell tudni szabályozni, szükség esetén a reaktort le kell tudni állítani és leállított állapotban kell tudni tartani (röviden: reaktor szabályozása és lezárása);
- 2) a reaktorban megtermelődő hőenergiát mind normál üzemen, mind pedig üzemzavarok során és leállított állapotban el kell tudni szállítani (üzemanyag hűtése);
- 3) meg kell tudni akadályozni, hogy az erőműből a radioaktív anyagok kijussanak a környezetbe (radioaktivitás benntartása).

A biztonsági funkciók akkor teljesíthetők, ha az atomerőművet a normál üzemen túl a reális elképzelhető eseményekre, üzemzavarokra is méretezzük, vagyis felkészítjük az elképzelhető rendkívüli események és üzemzavarok lekezelésére. Az atomerőmű tervezési alapjában ezért a létesítmény és rendszereinek, rendszerelemek mindazon jellemzői, valamint a rendszerek, rendszerelemek által ellátni szükséges funkciók szerepelnek, amelyek megléte szükséges a várható üzemi események és feltételezett kezdeti eseményekből származó tervezési üzemzavarok ellenőrzött kezeléséhez a meghatározott sugárvédelmi követelmények betartása mellett.

A magyar szabályozás – összhangban a nemzetközi irányelvekkel – előírja, hogy minden olyan kezdeti eseményt, amely százévente vagy ennél gyakrabban bekövetkezhet az erőmű üzemideje során, *várható üzemi eseményként* kell kezelni, és a szabályozórendszereket, valamint a személyzetet úgy kell felkészíteni, hogy az összes ilyen eseményből származó problémát el lehessen hárítani anélkül, hogy az erőmű radioaktív kibocsátásai meghaladnák a normál üzemi korlátokat. Az erőműnek egy ilyen esemény után működőképesnek kell maradnia. Várható üzemi események kiinduló eseménye lehet például a turbina kiesése, egyes szelepek, szivattyúk kiesése, meghibásodása, hibás emberi beavatkozás miatti téves működése vagy üzemképtelensége.

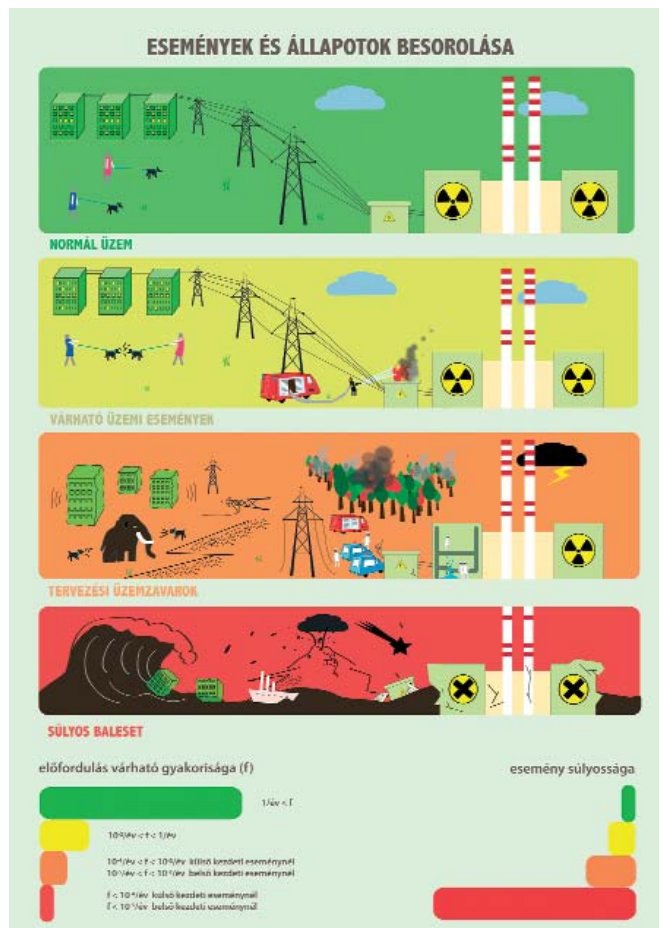
A *tervezési üzemzavarok* olyan kezdeti eseményekből kiinduló eseménysorok, amelyek a várható üzemi eseményeknél jóval ritkábban fordulhatnak elő, de esetükben a biztonsági rendszerek működésére, az operátorok hatékony közreműködésére lehet szükség annak érdekében, hogy a lakosság és a dolgozók többségének a hatósági határértékek alatt maradjon. Bizonyos tervezési üzemzavarok esetén a reaktort körülvevő hermetikus védőépületre (konténmentre) mint mérnöki gátra is szükség lehet a radioaktivitás visszatartásához. Az előírások szerint tervezési üzemzavarként kell figyelembe venni minden olyan – az erőműből induló – *belső eredetű kezdeti eseményt*, amely százévente vagy annál gyakrabban előfordulhat (pl. egy fontos hűtőrendszeri cső eltörése, a reaktorzónát hűtővízzel ellátó fő keringetőszivattyúk egyidejű kiesése, egy mérő- vagy beavatkozó-rendszer meghibásodása, tűz az erőműben stb.), míg *külső eredetű kezdeti eseményeknél* (tornádó, szélvihar, földrengés, áradás stb.)

a tervezési alap részeként kell figyelembe venni a tízezer évente vagy annál gyakrabban bekövetkezhető eseményeket. Egy tervezési üzemzavar bekövetkezése után az atomerőmű nem feltétlenül marad működőképes, de egy ilyen eseménysor nem vezethet a lakosság és a dolgozók dóziskorlátnál nagyobb sugárterheléséhez.

A tízezer évnél ritkábban bekövetkező külső eredetű eseményeket, valamint a százézer évnél ritkábban bekövetkező belső eredetű eseményeket nem vesszük figyelembe a tervezési alapban, mert ezek olyan kis valószínűségűek, olyan ritkán fordulhatnak elő, hogy az atomerőművet nem lehet racionálisan felkészíteni a kezelésükre. Mivel ezek nincsenek a tervezési alapban, de előfordulási valószínűségük nem nulla, tervezési alapon túli baleseteknek nevezzük őket. A tervezési alapon túli balesetek közül azokat, amelyek a reaktorzóna sérüléséhez vezetnek, és így az erőmű szempontjából végzetesek lehetnek, súlyos balesetnek nevezzük. A reaktorzóna sérülése, megolvadása még nem jelent feltétlenül jelentős környezeti radioaktív kibocsátást, ahogy az amerikai TMI-2 atomerőművi blokk 1979-es balesete is bizonyította. Az atomerőmű fent leírt lehetséges állapotait, a tervezés során figyelembe vett kezdeti eseményeket az **1. ábrán** foglaltuk össze.

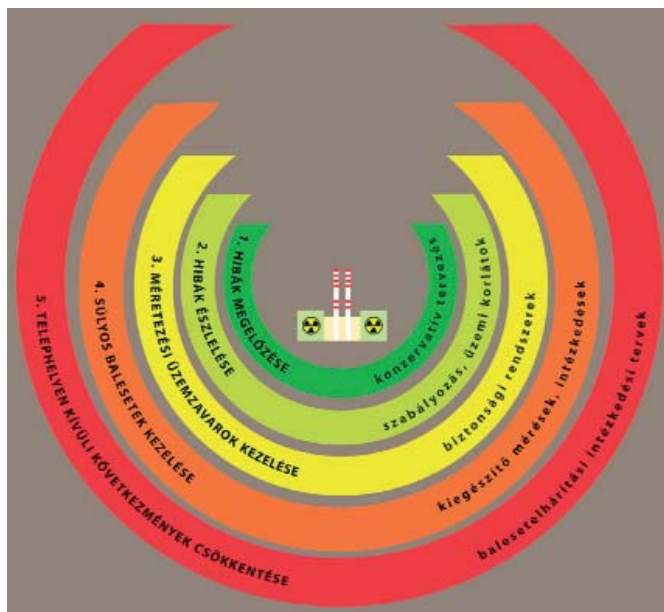
Az atomerőmű működésével járó maradék kockázat csökkentése érdekében a mélységi védelem elve alapján (**2. ábra**) a kis valószínűségű tervezési alapon túli balesetek lefolyását is elemzik, és kiegészítő intézkedéseket tesznek annak érdekében, hogy az ilyen extrém kis valószínűségű, de nagy radioaktív kibocsátást eredményezhető események környezeti következményeit csökkenteni lehessen, és a végcél, a lakosság egészségének megővését meg lehessen valósítani. Egy nagy környezeti kibocsátás-

1. ábra. Atomerőművi események és állapotok





sal járó esemény során az utolsó eszköz a lakosság védelmében az ún. baleset-elhárítási intézkedési terv (BEIT) alkalmazása, amikor a katasztrófavédelem és a rendőrség bevonásával, előre leírt forgatókönyv szerint, előkészített eszközök segítségével (pl. gyors-tájékoztató, elzárkóztatás, kitelepítés stb.) akadályozzák meg, hogy a lakosságot határértéknél nagyobb többletdózis érje.



2. ábra. A mélységi védelem elve

A japán fukusimai atomerőmű tervezése során számoltak cunamival, a méretezési alapon szereplő cunami árhulláma maximum 5,7 m magas volt. Ezt az értéket a március 11-i cunami közel háromszorosan haladta meg, így az erőmű létfontosságú rendszerei károsodtak, az atomerőmű blokkjai tervezési alapon túli súlyos baleseti állapotba kerültek. Mivel a biztonsági rendszerek terhelése jelentősen meghaladta a tervezési értékeket, ezek a rendszerek nem tudták ellátni feladatukat, így az erőmű biztonsági funkciói is sérültek. Azonban a mélységi védelem elvének helyes alkalmazásával, a baleset-elhárítási intézkedési terv eszközeinek segítségével a lakosság és a dolgozók védelmét jól valószínűzték meg a japán szakemberek még úgy is, hogy a földrengés és az extrém nagy cunami következtében az erőmű körüli területeken nagyon mostoha körülmények uralkodtak. A legfontosabb célt, a lakosság egészségének megóvását sikeresen teljesítették.

Ezen a ponton ki kell emelnünk, hogy Fukusimában a méretezési cunami nagyságát annak idején nem valószínűségi alapon határozták meg, hanem a történelmi földrengések és cunamik értékelése alapján. A 2011 októberében publikált legújabb információk alapján [4] 2008-ban készült ugyan egy olyan új cunami-elemzés, amely 10 méter magas árhullámot meghaladó cunamit is lehetségesnek tartott a telephelyre, ennek az új eredménynek a részletesebb elemzését, és az ebből származó biztonságnövelő intézkedéseket az erőművet üzemeltető TEPCO cég 2011 márciusáig azonban nem hajtotta végre, az elemzés eredményeiről pár nappal a 2011. március 11-i földrengés előtt tájékoztatta a japán kormányt [4]. A TEPCO bizonyosan hibázott, amikor késlekedett a kormány tájékoztatásában és az atomerőmű cunami elleni védelmének fokozásában. Érdekes körülmény ugyanakkor az is, hogy ez a 2008-as új elemzés sem valószínűsített 15 méter magas cunamit.

A Fukushima-1 atomerőmű aktuális helyzete, feltételezhető hibák

2011 decemberére sikerült mind a négy sérült reaktor esetében elérni az ún. hideg leállított állapotot, ami azt jelenti, hogy az üzemanyag hőmérsékletét a zárt körös hűtőrendszerekkel stabilan 100 °C alatt tudják tartani. A pihentetőmedencéknek független hűtőköröket építettek ki. Megkezdődött a jelentős mennyiségű radioaktív víz megtisztítása, a szennyezett hulladékvizek átmeneti tárolására nagy térfogatú tárolót alakítottak ki. Rengeteg épületdarabot, törmelékot takarítottak össze az erőmű udvarán és az épületeken belül is, elsősorban távműködtetésű munkagépek segítségével. Helyreállították a létfontosságú rendszerek áramellátását. A blokki épületeket robotok, illetve a műszaki személyzet segítségével bejárták. Ugyanakkor a hermetikus védőépület első védvonalát, az ún. primer konténment bejáratait még nem nyitották meg, erre még hosszú ideig várni kell. Az 1. blokk sérült épülete fölé ideiglenes védőépületet készítettek. Az intézkedések hosszú távú célja a reaktorok és a pihentetőmedencék tartós hűtése, a reaktorok további degradációjának megelőzése.

A különböző elemzések alapján konszolidált információk tekinthető, hogy az 1. reaktor aktív zónája csaknem teljes egészében megolvadt és a zónaolvadék jelentős része áthatolt a reaktortartály alján. A mintegy 10 m (!) vastag beton alaplemezbe kb. 70 cm mélységben hatolt be az olvadék, így a beton alaplemez épsége nincs veszélyben; nem várható, hogy a zónaolvadék lefelé kijut az épületből. A 2. és 3. reaktor zónája is részlegesen megolvadt, de kisebb mértékben, mint az 1. reaktor esetében. Minden bizonnyal sokévtényi munka van a japán szakemberek előtt, mire hozzá tudnak kezdeni a sérült és megolvadt üzemanyag reaktorból történő eltávolításához.

Ahogy a cikk elején írtuk, a fukusimai események kiváltó oka a méretezési alapon feltételezettől jóval nagyobb cunami volt. A méretezési cunami konzervatívabb megválasztásával, illetve a 2008-as új cunami-elemzések alapján az erőmű megerősítésével a következményeket jelentősen lehetett volna csökkenteni. Ha a dízelgenerátorokat térben egymástól elválasztva, egyes dízelgépeket magas ponton elhelyezve és légűtővel (nem tengervízűtővel) ellátva a biztonsági áramellátás a cunami utáni nehéz helyzetben is biztosítható lett volna (ez a Fukushima-2 telephelyen lévő, illetve az Onagawa atomerőműben lévő blokkok esetében meg is valósult, ahol a reaktorzónák sérülését sikeresen elkerülték).

A hidrogénkezelés hibás koncepciójára alapult. Megfelelő számú autokatalitikus rekombinátorral a hidrogénrobbanások elkerülhetőek lettek volna. A robbanások elkerülésével a környezeti kibocsátások sok nagyságrenddel kisebbek lettek volna, valamint az atomerőmű balesete kisebb médiafigyelmet kapott volna, és így kisebb politikai turbulenciákat váltott volna ki.

A rekord erősségű földrengés, utó rengései és a 20 000 ember életét követelő, nagy infrastrukturális károkat okozó cunami önmagában is nagy kihívás elé állította a japán államgépezetet. Erre rakódott rá a nukleáris veszélyhelyzet kezelésének feladata, amelyet az események kezdetén az erőművet üzemeltető TEPCO, a kormány és a hatóságok nem tudtak jól menedzselni. A japán rendszer sajátosságai miatt a kormánynak (kormányfőnek, kormányzóvivőnek) gyakran olyan kérdésekben kellett megnyilatkoznia, amit jobb lett volna az üzemeltetőre bízni. Furcsa közjátékok rendre adódtak, amikor például a kormány arra utasította az üzemeltetőt, hogy hűtse a reaktorokat, miközben ez nyilvánvaló műszaki evidencia. A japán hatósági rendszer felülvizsgálá-



ta máris megkezdődött, Japánon belülről is számos komoly kritika éri a rendszerüket. Nem helyes megoldás, hogy hosszú ideig a japán nukleáris biztonsági hatóság a villamosenergia-ellátásért felelős minisztérium alá tartozott, így a hatóság függetlensége nem valósult meg. Ráadásul gyakorlat volt az elmúlt évtizedekben, hogy az ipar és a hatóságok között felelős vezetők vándoroltak oda és vissza, ami elvben lehetőséget teremtett összeférhetetlen helyzetek kialakulásához.

Az utóbbi időben egyébként Magyarországon is lehet hallani olyan politikai érveket, hogy a nukleáris biztonságért felelős hatósági feladatokat ellátó Országos Atomenergia Hivatalt be kellene építeni az energiaellátásért felelős hivatalba vagy éppen a katasztrófavédelmi szervezetbe. Ez éppen a hatáskörök és a felelőségek szükségszerű szétválasztása miatt óriási hiba lenne, és a nukleáris biztonság csökkenéséhez vezetne. A fukusimai baleset egyik fő tanulsága és következménye világszerte pont a nemzeti nukleáris hatóságok függetlenségének és jogköreinek megerősítése. Hazánkban az Országos Atomenergia Hivatal függetlensége jelenleg biztosított.

A japán kormány által felállított vizsgálóbizottság előzetes jelentése [8] szerint a japán hatóságok közötti kommunikáció többször megszakadt a kritikus időszakban. A kabinet nukleáris válsághelyzeti irányítószerve a kormány épületének 5. emeletén működött, míg a földrengések és katasztrófavhelyzetek kezeléséért felelős tanács ugyanezen épület pincéjében funkcionált. A közeli elhelyezkedés ellenére számos információ csak késlekedés után jutott fel a kormány szintjére. Több sajtóközlemény elakadt és csak késve került kiadásra.

A bizottság az erőművet üzemeltető TEPCO cég működését is több ponton erősen kritizálja. Az operátorok a [8] jelentés szerint hibás döntést is hoztak az 1. és 3. reaktor hűtésével kapcsolatban, ami késleltette az alternatív hűtővízellátást, így nem hosszabbította meg a zónasérülésig hátralévő időt. A TEPCO cégnek volt egy balesetkezelési válságközpontja kb. 5 km-re az atomerőműtől, ez azonban nem működött több okból sem, nem tudta el látni feladatát: a természeti csapás lerombolta a külső kommunikációs kapcsolatokat; nehézségekbe ütközött az odautazás, valamint az élelemmel és ivóvízzel való ellátás; a balesetkezelési központ szellőzőrendszere nem volt felszerelve radioaktív anyagok kiszűrésére alkalmas szűrőkkel. Ezt 2009-ben ugyan kifogásolta a nukleáris biztonsági hatóság, de konkrét intézkedésre, határidővel nem kötelezte az üzemeltetőt. A jelentés szerint a TEPCO-n belüli információáramlás hiányosságai miatt több hibás döntés is született.

A japán országos sugázmérő rendszer egyes állomásait elmosta a cunami, így a sérült atomerőmű közvetlen közeléről nem voltak a rendszerben mérési adatok, de a rendszer távolabbi állomásai és a rendszer maga üzemben maradt. Miután az üzemeltető TEPCO helyi balesetkezelési központja működésképtelenné vált, a sugárzási adatokat a nukleáris biztonsági hatóságnak vagy a kormány balesetelhárítási központjának kellett volna továbbadnia a helyi hatóságok részére. Ezt egyetlen kormány-szerv sem tette meg, így a lakosság védelmével, kitelepítésével kapcsolatos döntéseket a helyi eljáróknak lokális információk alapján kellett meghozniuk, központi segítség nélkül.

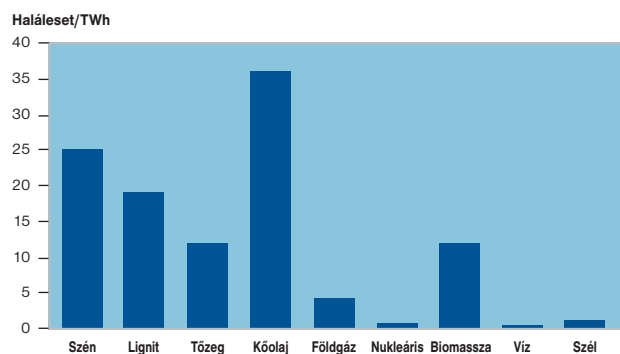
A fent felsoroltakon kívül minden bizonnyal még számos további hiba is történt a cunami által elindított események kezelése során, ugyanakkor a lakosság kimenekítése jó időben megtörtént, számottevő lakossági dózisterhelésről nem tudunk. A mostoha körülmények ellenére az érintett reaktorok és pihentetőmedencék aktivitáskészletének mindössze 0,01%-a került ki a

környezetbe, ami azt mutatja, hogy a mérnöki gátak bent tartották a radioaktivitás zömét.

Objektív kockázat, szubjektív félelem

Öveges József professzor „Sugárözönben élünk” könyvcímét transzformálva mondhatnánk, hogy kockázatözönben élünk. Az élő szervezetekre folyamatosan különböző kockázatok leselkednek, melyek veszélyeztetik egészségüket vagy éppen életüket. A kockázat a matematikai definíció szerint egy adott esemény bekövetkezésének valószínűsége (gyakorisága) és az esemény súlyosságának, lehetséges kedvezőtlen következményének szorzata.

Több különböző felmérés készült már arra vonatkozóan, hogy az egyes energiahordozók bázisán megtermelt villamos energia előállítása mekkora kockázattal, mennyi halálos áldozattal jár, figyelembe véve az adott technológia teljes folyamatát (a bányászattól az erőműveken át a hulladékkezelésig). A 3. ábrán látható, hogy az olaj és a szénfelhasználás okozza messze a legtöbb halálesetet, TWh-nként 35, illetve 25 halálesettel (1 TWh = 1 milliárd kWh). A nukleáris energiatermeléssel átlagosan kevesebb



3. ábra. Az egyes villamosenergia-termelési módok átlagos egészségkárosító hatása az ExternE projekt adatai alapján [5]

mint 1 haláleset jár TWh-ként. Az adatokban természetesen Csernobil következményei is szerepelnek. Tehát a tapasztalatok alapján az atomenergia kockázatait objektíven értékelve megállapítható, hogy az emberek egészségére gyakorolt hatás szempontjából az jelentősen elmarad a fosszilis vagy éppen a biomasszaalapú villamosenergia-termelés kockázataitól.

Az adatok birtokában nehezen érthető, hogy miért övezi mégis akkor félelem a nukleáris energiatermelést. Ha kicsi a kockázata, miért nem tudja mégsem a társadalom (vagy annak egy számottevő része) elfogadni ezt a technológiát? Szintén furcsa lehet, hogy a fukusimai balesetet okozó extrém cunami húsz ezer áldozata fölött miért siklott át a világsajtó néhány nap alatt, és miért lett hónapokra vezető hír, hogy mi történik a fukusimai atomerőműben, miközben a lakosság (és az elhárításon dolgozók) körében ennek nem volt halálos áldozata és ez nem is várható az előző fejezetben leírtak értelmében, valamint a lakosság egészségkárosodásával sem kell számolni? Meg kell állapítanunk, hogy az objektív, számokban mérhető, statisztikai adatokon alapuló kockázat teljesen szétválik a társadalom, valamint az egyének szubjektív félelemérzetétől, egymástól független effektusokat mutat.

A nukleáris ipar nincs egyedül ezzel a problémával: a repülés hasonló, eltúlzott szubjektív félelem övezi. Amerikai közlekedési baleseti adatokat elemezve megállapítottuk [6], hogy a közutakon átlagosan 94 millió utas-kilométerenként van közúti baleset mi-



Szempont	Elutasítás	Elfogadás
Katasztrofális következmények lehetősége	Térben és időben koncentrált	Térben és időben elszórt
Személyes irányítás szintje	Az egyéntől független személy vagy szervezet által irányított	Az egyén által irányított
Félelem szintje	Nagy félelem övezi	A társadalom közönyös
Önkéntesség a részvételben	Nem önkéntes	Önkéntes
Gyerekekre gyakorolt hatások	Valószínűleg jobban érint gyerekeket	Kevésbé valószínű, hogy gyerekeket érint
Médiafigyelem	Magas	Ritkán említve
Eredet	Mesterséges	Természetes
Intézményi bizalom	Bizalmatlanság övezi	A bizalom fennáll
Balesetek története	Jól ismert balesetek a múltban	Nincsenek (ismert) balesetek
Áldozatok személyazonossága	Közele hozzátartozók	Statisztikai áldozatok
Előnyök térbeli, időbeli vagy társadalmi eloszlása	Az előnyök és a kockázatok eloszlása nem azonos	A kockázatok és az előnyök kb. azonos eloszlásúak

1. táblázat. A társadalmi elutasítás néhány szempontja [7]

att 1 halálos áldozat, míg a légiközlekedés baleseteinek kockázata 1 haláleset 3,2 milliárd utas-kilométerenként. Tehát a valós adatok alapján 33-szor kisebb a repülés kockázata, mint a közúti közlekedésé.

Az objektív kockázattól elváló szubjektív félelemérzet legfőbb motívumait az 1. táblázatban foglaltuk össze Lundgren és McMakin [7] munkája alapján. A táblázatból kitűnik, hogy a társadalom sokkal inkább elutasít valamit, ami mesterséges eredetű (lásd Fukushima), és jobban elfogadja (még a katasztrofális következményeket is), ha a jelenség természeti (lásd cunami). Ha egy katasztrófa következményei térben és időben koncentráltan jelentkeznek (pl. repülőgép-baleset), nő az elutasítás, míg a térben és időben elszórt események áldozatait (pl. közúti balesetek) a társadalom jobban elfogadja. Az is egyértelmű, hogy ha valamit magas médiafigyelem övez, attól a társadalom jobban fél, mint azoktól az eseményektől, amelyekről a média ritkábban számol be, vagy kevésbé dramatizálva mutatja be az eseményeket. Ez a nagy, koncentrált katasztrófákat is előidézhető emberi tevékenységek társadalmi elfogadását csökkenti, még akkor is, ha ezek a katasztrófák ritkák és korlátozott hatásúak.

Tovább növeli a társadalom elutasítását, ha a vizsgált tényező (esetünkben egy esetleges nukleáris baleset) azonnali hatásokkal járhat, ha a hatások gyermekeket is érinthetnek, ha a társadalom eleve bizalmatlan az üzemeltető céggel vagy az állami intézményekkel, hatóságokkal szemben, ha az okozott károsodás visszafordíthatatlan, vagy jelentős változást okozhat az életvitelben. Fontos szempont, hogy a túlságosan pozitív hangvételű üzenetek is csökkentik a társadalom elfogadását, szemben az objektív hangvételű kommunikációval.

Lundgren és McMakin [7] nem említik, de mi úgy gondoljuk, hogy a mai fejlett világ társadalmi berendezkedése miatt a politikának kitüntetett szerepe van egyes események és technológiák társadalmi elfogadásában: a politikusok gyakori újraválasztása, a szereplési és népszerűség-szerzési kényszerük miatt a politikai szereplők gyakorta használják a média és az emberek figyelmének felkeltésére a szubjektív félelmet mint eszközt. Ha végiggondoljuk az 1. táblázat szerinti szempontokat, számos – médiafigyelmet kiváltó politikai vagy zöld mozgalmár – akció motívációja jól nyomon követhető. Ezek az akciók önmagukban nem befolyásolják a valós társadalmi kockázatot, csak a szubjektív félelmet erősítik.

Van-e jövője az atomenergiának?

Jelen pillanatban nehezen megbecsülhető a fukusimai baleset hatása az atomenergetika jövőjére. Németország vezető politikusai (belpolitikai, választási szavazatszerzési okokból, az érdemi szakmai egyeztetéseket mellőzve) a baleset után szinte azonnal jelezték: 2022-ig végleg feladják a nukleáris erőművek alkalmazását, és nemrégiben hasonlóan döntött a svájci parlament is, itt 2034-ig tervezik az ország öt nukleáris termelőegységének bezárását, amelyek jelenleg a villamos energia 40%-át adják. Nem túlságosan meglepő, hogy Japán is az atomerőművek feladását tervezi, ennek lehetőségét egy újonnan felállított parlamenti bizottság vizsgálja.

Számos más ország (pl. Oroszország, Kína, Dél-Korea, India, USA, Csehország, Finnország) azonban kiállt a nukleáris erőművek további alkalmazása mellett azzal érvelve, hogy az általuk okozott többletkockázat még mindig kisebb, mint az a kár, amelyet az atomenergia elhagyása okozhat. Reálisan tekintve jelenleg nem elképzelhető az atomerőművek kiváltása pusztán megújuló energiaforrásokkal, ezért az atomenergiáról lemondó országok újra nagyobb arányú fosszilis felhasználást, és ezzel növekvő szén-dioxid- és más károsanyag-kibocsátást vállalnak.

Miután belátható időn belül nem lehetséges az atomenergia ki-zárása a villamosenergia-termelésből, egy feladatunk lehet: még tovább növeljük az atomerőművek biztonságát, tanulva a fukusimai tapasztalatokból. A fukusimai események eddigi elemzései azt mutatták, a baleset fő oka a tervezési alap nem megfelelő megválasztása és a súlyosbaleset-kezelési eljárások hiányos kidolgozása lehetett, de hiányosságok voltak az erőmű vezetésében és a kommunikációban is.

A tanulságok pontos levonása és hasznosítása évekig is eltarthat, az első lépéseket azonban már megtették az atomerőműveket üzemeltető országok. Az EU elrendelte valamennyi nukleáris blokk célzott biztonsági felülvizsgálatát a fukusimai tapasztalatok alapján (ezek az ún. stressz-tesztek), de a többi ország is hasonló – legfeljebb kevésbé központosított – felülvizsgálatot hajt végre. Az erőművek biztonságának értékelése mellett a nukleáris biztonságot felügyelő hatóságok és a törvények, szabályzatok felülvizsgálata is várható.

Ezen lépések eredménye – hasonlóan az 1979-es TMI és az 1986-os csernobili balesetek utóéletéhez – várhatóan a nukleáris



biztonság további fokozása és a még biztonságosabb reaktortípusok elterjedése lesz.



Köszönetnyilvánítás. A cikk a TÁMOP-4.2.1/b-09/1/kmr-2010-0002 támogatásával jött létre.

IRODALOM

- [1] Dr. Aszódi Attila, Boros Ildikó: Van-e az atomenergiának jövője Csernobil és Fukushima után? „Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan; Motiváció, tehetséggondozás, tanárképzés” – Nemzetközi szeminárium magyarul tanító tanárok számára az ELTE Természettudományi Oktatás-módszertani Centrum és az InfoPark Alapítvány szervezésében, Budapest, 2011. augusztus 23–25.; az előadások szerkesztett anyaga.
- [2] Varga Péter, Süle Bálint: A rendkívüli Tohoku-földrendés, Természet Világa, 2011. július, 142. évf. 7. füzet.
- [3] Aszódi Attila személyes weblapján elérhető különböző írárok a fukusimai balesetről, 2011. március – október: http://www.reak.bme.hu/munkatarsak/dr_aszodi_attila/japan_foeldrenges.html

- [4] NHK World: TEPCO forecast 10-meter tsunami, 2011. október 3. http://www3.nhk.or.jp/daily/english/03_21.html. „Government documents show that the operator of the Fukushima Daiichi nuclear plant predicted in 2008 that a tsunami over 10 meters high could hit the plant, which was only designed to withstand tsunami of 5.7 meters. But it failed to report this to the government until just before the March 11th disaster.”
- [5] Nils Starfelt, Carl-Erik Wikdahl: Economic Analysis of Various Options of Electricity Generation Taking into Account Health and Environmental Effects, International Conference on Ecological Aspects of Electric Power Generation, Warsaw, 2001.
- [6] Aszódi Attila, Boros Ildikó: Van-e az atomenergiának jövője Csernobil és Fukushima után? Természettudomány Tanítása Korszerűen és Vonzóan, Konferencia-előadás, ELTE, Budapest, 2011. augusztus 24. http://www.reak.bme.hu/munkatarsak/dr_aszodi_attila/japan_foeldrenges.html
- [7] Regina Lundgren, Andrea McMakin: Risk communication, Batelle Press, 2004.
- [8] Executive Summary of the Interim Report, Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, December 26, 2011, <http://icanps.go.jp/eng/111226ExecutiveSummary.pdf>

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy

személyi jövedelemadójuk 1 százalékanak felajánlásából idén 1 088 943 forintot

utal át az APEH Egyesületünknek. Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértenek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkáikkal. A felajánlott összeget a „Kémia Nemzetközi Éve” programjai között is kiemelt hangsúlyt nyert kémiát népszerűsítő események, tehetséggondozó tevékenységek (Középiskolai Kémiai Lapok, Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, VII. Kémikus Diákszimpózium – Pécs, a 2011-ben harmadszor is megrendezett Varázslatos Kémia Tábor) egyes költségeire fordítottuk, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2010. évi SZJA bevallásakor – értékelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel és személyi jöve-

delemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező Nyilatkozat kitöltésével

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

Az MKE adószáma: 19815819-2-41

Terveink szerint 2012-ben az így befolyt összeget ismételtelen a hazai kémiaképzés feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, a XIV. Országos Diákvegyész Napok, a Kémiantanári Konferencia, valamint a 2012-ben negyedszer szervezendő Kémiatábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel. Továbbra is céljaink közé tartozik, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

MKE egyéni tagdíj (2012)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy a **2012. évi tagdíj** befizetéséről szíveskedjenek gondoskodni annak érdekében, hogy a Magyar Kémikusok Lapját zavartalanul postázhassuk Önöknek. A tagdíj összege az egyes tagdíj-kategóriák szerint az alábbi:

- alaptagdíj: 7000 Ft/fő/év
- nyugdíjas (50%): 3500 Ft/fő/év
- ifjúsági tag (25%): 1750 Ft/fő/év
- gyesen lévő (25%): 1750 Ft/fő/év

Tagdíjfizetési lehetőségek:

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- csekken (kérésre az MKE Titkárság küld)
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u 16. II/8.)

Banki átutalásos és csekkes tagdíjbefizetés esetén a **név, lakcím, összeg rendeltetése** adatokat kérjük jól olvashatóan fel-

tüntetni. Ahol a munkahely levonja a munkabérből a tagdíjat és listás átutalás formájában továbbítja az MKE-nek, ez a lista szolgálja a tagdíjbefizetés nyilvántartását.

Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2012. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2012. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönjük mindazoknak, akik 2011-ben kettős előfizetéssel hozzájárultak a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2012-ben is csatlakozzon a kettős előfizetési akcióhoz.

MKE Titkárság



Kerényi Ervin

kererv@mail.datanet.hu

Kémia a Földön kívül

Második rész

Asztrokémia

A világegyetem anyagrendszere négy globális összetevőből állónak tekinthető. Ezek: a *fúziós égitestek* (csillagok), a *fúziómentes égitestek* (bolygók, holdak üstökösök stb.; **Addenda 1**), az égitestek közötti tér (*interplanetáris* – bolygóközi, *intersztelláris* – csillagközi és *intergalaktikus* – galaxisközi tér) anyagai és a még ismeretlen „fekete” anyagok, illetve *feke lyukak*. Az asztrokémia a világegyetem fúziómentes objektumai összetételének és a keletkezés kémiájának megismerésére koncentrálnak.

A megismerés eszközei igen változatosak, ugyanakkor korlátozott hatékonyságúak. Az elért eredmények egyik bázisát a közvetlen, űrteleszkópos, *spektrográfias* vizsgálatok képezik, amelyek az objektum összetételének megismeréséhez hasznosítják a kibocsátott sugárzást a (szinte) teljes hullámhossz-tartományban. A másik bázist az olyan *minták* összetétel-vizsgálatai alkotják, amelyek a földi meteoritokból,

valamint az űrszondákkal vagy az emberes űrutazásokkal elért égitestekről származnak. A ténylegesen „kézbe vett” E. T. (extraterrestrial) anyagok elemzése a többségi, a kisebbségi, a nyomokban levő összetevőkre és az izotóp-összetételre is kiterjednek. Mindezekben az anyagvizsgálatok teljes „fegyvertára” szerepet kap: optikai és elektronmikroszkópia, elektron-, ion-, protonrezonancia-spektrometria, optikai, infravörös-, ultraibolya-spektrometria és tömegspektrometria.

A tömegeloszlás tekintetében szélsőségesen diszkontinuus *világegyetem* teljességének – számított, illetve becsült – átlagos elemösszetételét, összehasonlítva a Nap fotoszférájának és a Föld egészének elemösszetételével az **1–3. táblázat** mutatja meg (források az irodalomjegyzékben).

Az adatsorok alapján látható, hogy a különféle objektumok elemösszetétele nagyon differenciált. Fel kell figyelni arra is, hogy a csillagok „öregedése” során, a csil-

lagokban zajló nukleoszintézisek eredményeként a világegyetem elemösszetétele, elemgyakorisága – világegyetem-történeti távlatban – a nagyobb rendszámú és a nagyobb tömegszámú elemek felé tolódik el. Végül azt is észre kell venni, hogy a világegyetem anyagai közül a csillagok (és a gázbolygók) létrejöttéhez a hidrogén és a hélium, a kőzetbolygók és egyéb objektumok kialakulásához a nehezebb elemek – a szén, a szilícium, a nitrogén, az oxigén, a kén, a magnézium, az alumínium, a vas és a nikkel – kiemelkedő vagy jelentős arányban – rendelkezésre állnak.

Anyagok a világűrben

Az intergalaktikus, intersztelláris és interplanetáris tér *nem teljesen üres*. Az anyagtartalmára vonatkozó becslések meglehetősen szórnak, és a tértípustól is nagyon függenek. A galaxisok közötti tér mintegy $1-10^3$ atom/cm³, a csillagok közötti tér mintegy 10^3-10^5 atom/cm³ és a bolygóközi tér az előbbieknél is nagyobb anyagsűrűséget mutat. A protosztelláris és protoplanetáris övekben, a „születő” égitestek régiójában a felhalmozódás ugyanakkor hatalmas méreteket ölt, s a gravitáció érvényesülésével időben rohamosan növekszik. Összehasonlításként szolgálhat a földi légkör anyagsűrűsége, amelynek értéke tengerszinten 10^{19} atom/cm³.

A világűr „kitöltő” anyag gázból és porból, illetve atomokból, ionokból és molekulákból áll. A gáz túlnyomó részarányú összetevője a hidrogén (90%), kisebb része a hélium (10%), de nyomnyi mennyiségben más elemösszetevő is jelen van. A por mennyiségét összehasonlításként az a megfigyelés érzékelteti, hogy Földünkre a légkörön kívüli interplanetáris térből naponta mintegy 10 t por hullik le.

A közel négy évtizedes űrspektrográfias kutatások eredményeként több, mint 150

1. táblázat. A világegyetem elemösszetétele

Elemek	H	He	O	C	N	Fe+Ni	Si	Pb	Au+Ag
Atomszám-arányok	10^{12}	$10^{10,8}$	$10^{8,8}$	$10^{8,6}$	$10^{8,0}$	$10^{7,9}$	$10^{7,4}$	$10^{4,7}$	$10^{0,3}$

2. táblázat. A Nap fotoszférájának elemösszetétele

Elemek	H	He	O	C	Fe	Ne	N	Si	Mg	S
Tömeg%	73,5	24,9	0,77	0,29	0,16	0,12	0,19	0,07	0,05	0,04

3. táblázat. A Föld egészének elem-összetétele

Elemek	Fe	O	Si	Mg	S	Ni	Ca	Al	Ti	Egyebek
Tömeg%	32,1	30,1	15,1	13,9	2,9	1,8	1,5	1,4	0,6	0,6



Képlet	Összetevő	A felfedezés éve
H ₂ O	Víz	1969
H ₂ S	Hidrogén-szulfid	1972
N ₂ H ⁺	Protonált nitrogénion	1974
SO ₂	Kén-dioxid	1975
HDO	Deuterált víz	1975
NH ₂	Amingyök	1993
N ₂ O	Nitrogén-oxid	1974

4. táblázat. Néhány azonosított háromatomos, szénmentes összetevő a világűrben

Képlet	Összetevő	A felfedezés éve
HCN	Hidrogén-cianid	1971
HCO	Formilgyök	1976
MgNC	Mg-izocianid	1986
CO ₂	Szén-dioxid	1989
C ₂ O	Karbén	1991
NaCN	Na-cianid	1994
SiNC	Si-izocianid	2004

5. táblázat. Néhány háromatomos, széntartalmú összetevő a világűrben

Képlet	Összetevő	A felfedezés éve
CH ₃ C ₃ N	Metil-ciano-acetilén	1984
CH ₃ COOH	Ecetsav	1997
CH ₂ OHCHO	Glikol-aldehid	2000
C ₆ H ₂	Triacetilén	2001
CH ₂ CHCHO	Propenal	2004
CH ₂ CCHCN	Ciano-allén	2006

6. táblázat. Eddig azonosított nyolcatomos molekulák a világűrben

molekulát, gyököt, atomot és iont azonosítottak a világűrben. Ezek között kiemelt figyelem kíséri azokat a szerves molekulákat, amelyek lehetnek biomolekuláknak forrásai (ilyen pl. a glikolaldehid – C₂H₄O₂). A

4. táblázat néhány azonosított, háromatomos, szénmentes összetevőt, az 5. táblázat néhány ugyancsak háromatomos, széntartalmú komponens mutat be, a 6. táblázat az ez ideig azonosított nyolc-

atomos molekulákat sorolja fel, felfedezésük évszámaival együtt. (Adatok forrása: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/I/ismols.htm>).

Az ez ideig azonosított molekulák kö-

Addenda

1. A *fúziómentes égitestek* közé sorolhatók a kőzetbolygók, a gázbolygók, a törpebolygók, a kisbolygók, a holdak, az üstökösök, a kentaurok és a meteoroidok.

Kőzetbolygók: központi égitest körül keringő, tengelye körül forgó, túlnyomórészt fém-szilikátos anyagból álló objektumok, amelyek nagy tömegük gravitációja miatt többé-kevésbé gömb alakúak és környezetük interplanetáris törmelékeit „beszippantották”, „kisöporték”. Ilyenek Naprendszerünk belső bolygói: a Merkúr, a Vénusz, a Föld és a Mars. De észleltek már kőzetbolygót a Naprendszeren kívül is (exobolygók).

Gázbolygók: A kőzetbolygókhoz hasonlóan keringő, forgó, de légnemű vagy fagyott gázokból (és csak kevés fém-szilikátos anyagból) álló objektumok, amelyekre a kőzetbolygókéhoz hasonló „bolygókritériumok” érvényesek. A Naprendszerben a külső bolygók, a Jupiter, a Szaturnusz, az Uránusz és a Neptunusz ilyenek.

Törpebolygók: Fém-szilikátos anyagú, kisebb tömegű, közel gömb alakú bolygók, amelyeknek tömege és gravitációja a környezetük „kitakarításához” nem elegendő. Naprendszerünkben ilyen a külső szférában keringő Plútó, Ceresz, Erisz stb.

Kisbolygók vagy aszteroidák: néhány tíz – néhány száz km nagyságú, többnyire alakatlan objektumok, amelyek a Nap körül övezetet alkotnak. Az Aszteroida- és Kuiper-övben már néhány százezer kisbolygó ismert.

Holdak: kisméretű égitestek, amelyek a bolygójuk körül keringenek. Az ismert holdak száma naprendszerünkben megközelíti a kétszázat.

Üstökösök: excentrikus pályájú, Nap körül keringő, néhány km-től néhány tíz km-ig terjedő méretű, alakatlan égitestek, amelyeknek Nap-közelben feltűnő jellegzetessége a kóma és a csóva. Nap-távolságjuk a helioszféra széléin át fut (Kuiper-öv, Oort-felhő).

Kentaurok: kis excentricitású, kisméretű, üstökösszerű égitestek, amelyek a Jupiter és a Neptunusz pályái között keringenek.

Meteoroidok: kisméretű, homokszem és szikladarab nagyságú, belső naprendszeri égitestek, amelyek a Föld légkörébe kerülve felizzanak (meteorok) és elégnak (bolidák) vagy a földre csapódnak (meteoritok).

Planetezimálok (bolygóembriók): kisméretű, külső naprendszeri objektumok, amelyeknek ütközéséből, összetapadásából vezetnek le a bolygók keletkezését.

2. A *Magyarországon* hullott vagy talált *meteoritok* a Londoni Meteoritkatalógus listája szerint:

Borkút	Máramaros megye	1852. okt. 13.	kondrit
Kaba	Hajdú-Bihar megye	1857. ápr. 15	szenes kondrit
Kakova	Hunad megye	1858. máj. 9.	kondrit
Kisgyőr	Borsod megye	1901.	bizonytalan
Kaposfüred	Somogy megye	1995. máj. 7.	vasmeteorit
Kisvarsány	Szabolcs megye	1914. máj. 24.	kondrit
Knyahinya	Ung megye	1866. jún. 9.	kondrit
Leparto	Sáros megye	1814.	vasmeteorit
Magura	Árva megye	1840.	vasmeteorit
Malomháza	Sopron megye	1905. máj. 27	kondrit
Mezőmadaras	Maros-Torda megye	1852. szept. 4.	kondrit
Mike	Somogy megye	1944. máj. 3.	kondrit
Mikolava	Szatmár megye	1837. jan. 15.	bizonytalan
Miskolc	Borsod megye	1559.	bizonytalan
Mócs	Kolozs megye	1882. febr. 3.	kondrit
Nagyborové	Liptó megye	1895. máj. 9.	kondrit
Nagydévén	Trencsén megye	1837. júl. 24.	kondrit
Nagyvázsony	Veszprém megye	1890.	vasmeteorit
Nyírábrány	Hajdú-Bihar megye	1914. júl. 17.	kondrit
Ófehértó	Szabolcs megye	1900. júl. 25.	kondrit
Ofen-Buda	Pest-Pilis-Solt megye	1642. dec. 2.	bizonytalan
Ohaba	Alsófehér megye	1857. okt. 11.	kondrit
Zsadány	Temes megye	1875. márc. 31.	kondrit



zött a legnagyobb a 13 atomos ciano-dekapentain vagy másképpen ciano-penta-acetilén: $H-(C \equiv C)_5-CN$. Ennek valamenyny kisebb szénatomszáma homológját (ciano-acetilén, ciano-diacetilén stb.) is azonosították az interplanetáris térben.

Ásványövek és ásványrétegek a Naprendszerben

A csillagok és a bolygók „születésére” vonatkozó elméletek – a részleteket illetően – nem teljesen egybehangzóak. A születő égitestek forrása háromféle összetevő lehet.

1) Az ősrobbanás során keletkezett és a világegyetemben szétszóródott „ősanyag” (hidrogén és hélium), amelynek nagy részét a világűr anyagtartalma jelenleg is őrzi.

2) Az első (vagy előbbi) generációs, „fejlődő-élő” csillagok és bolygók „élete” során elvesztett, azokról ütközések, robbanások, kitörések miatt levált és csillagszéllel „elfújt” anyagok.

3) A „haladó” csillagoknak (fehértörpék, nóvák, neutroncsillagok, szupernóvák) ütközés vagy robbanás során világűrbe „szétfröcsköl” darabjai.

A csillagrendszerek, így a Naprendszerünk kialakulásáról szóló elméletek egyetértenek abban, hogy az égitestek keletkezésének színhelye a világegyetemben a *protosztelláris–protoplanetáris korong*, amelynek leginkább besűrűsödő, hatalmasan felforrósodó közepe válik *csillaggá*, a leszakadó, forgó és forró, külső övei pedig – lassú hűlés közben csomósodva – planetézimálokká, bolygóembriókká, majd *bolygókká* válnak (Fúziómentes égitestek: *Ad-denda 1*).

Fel kell tételezni, hogy a Naprendszer keletkezésekor a protoplanetáris korong anyagai – a korábbi nukleoszintézisek eredményeivel összhangban – tartalmazták a periódusos rendszer teljes elemkészletét és mindazokat a vegyületeket – gőz-, olvadék-, illetve kritikus állapotban –, amelyek az ottani és akkori gravitációs, hőmérsékleti és nyomásviszonyokkal egyensúlyban voltak.

A bolygóembriók anyagainak kialakulásában szerepet játszó, legfontosabb folyamatok globálisan az (1)–(3) reakciósmákkal írhatók le.

Hőmérséklet, K	Ásványok
1785	Korund
1647	Perovszkit
1625	Melilit, gehlenit
1513	Spinell
1471	Vas-nikkel
1450	Diopszid
1444	Forszterit
1362	Anortit
1349	Ensztatit

7. táblázat. A forró hőmérséklet-tartományokban kiváló ásványok Grossmann és Larimer nyomán

8. táblázat. A teljes hőmérséklet-tartományban kiváló, legfontosabb ásványok Lewis és Barshay szerint

Hőmérséklet, K	Ásványok
1600	Oxidok
1300	Vas-nikkel
1200	Ensztatit
1000	Földpát
1200–500	Olivinek
680	Troilit
550	Tremolit
425	Szerpentin
175	Vízjég
150	Ammónia-hidrát
120	Metán-hidrát
65	Metánjég, argonjég

9. táblázat. Magmaszilikátok (magmatitok) kiválási sora

Kőzetalkotók	Kiválási sor
Sötét kőzetalkotók, diszkontinuus hűtéssel	Olivin → Piroxén → Amfibol → Biotit → Kvarc
Világos kőzetalkotók, kontinuus hűtéssel	Plagioklászok: Bytownit → Labradorit → Andezin → Oligoklász → Albit → Kvarc Alkáliföldpátok: Szanidin → Ortoklász → Anortoklász → Albit → Kvarc

Fémes elemek (elsősorban Mg, Ca, Al, Fe, Co, Ni, Mn, K, Na) + O, N, S, C, Si →
Oxidok, nitridek, szulfidok, karbidok, szilicidek (1)

Si (a legnagyobb gyakoriságú nemfémes elem) + O, N, S, C →
SiO₂ (képződés > 600 K), Si₃N₄ (képződés > 1400 K),
SiS₂ (képződés > 600 K), SiC (képződés > 2000 K) (2)

Fém-oxidok + Szilícium-dioxid → Szilikátok (3)

Az általános lehűlés előrehaladtával, valamint a későbbi, külső ütközések és belső radioaktivitás okozta újabb megolvadások és lehűlések kapcsán – a bolygóképződési folyamatokban – az anyagkiválások és kikristályosodások, illetve átkristályosodások és újrakristályosodások kerültek előtérbe. Ezeket a folyamatokat laboratóriumban, frakcionált kristályosítással, zónás olvasztással, kőzetolvadékok (vagy magma/láva) szakaszos és/vagy fokozatos lehűtésével modellezték. A világűr ürteleszkópos spektrográfias kutatása, a meteoritok vizsgálata, a földi magmás kőzetek ásványos alkatának, szerkezetének, keletkezésének megfigyelése, végül a modellkísérletek alapján a naprendszeri *ásványövek* és az égitesteknél felismert *kőzetrétegződések* értelmezhetők.

A protoplanetáris korong Napközeli, forró tartományában (1300–1800 K) kiváló anyagok (ásványok és fémek) sorozatát Grossman és Larimer modellje nyomán a 7. táblázat foglalja össze. Az ilyen ásványok és ásványsorok nyomai a meteoritok kalcium-alumínium-oxid zárványaiban (CAI = CaAl-Inclusions) azonosíthatók.

A Nap körül forgó és forró, gázból-porból-olvadékcsoomókból álló protoplanetáris korongból, a lehűlés során, a Naptól való távolság növekedtével, Lewis és Barshay modellje szerint, a 8. táblázatban bemutatott anyagkiválások jöhettek létre. A kondritos és akondritos meteoritokban az ásványsorozat táblázatbeli, főbb tagjai meg is találhatók.

A földi magmás kristályosodás folyamatában, amely analóg az E. T. „bolygóembrió”-olvadékok lehűlésének folyama-

taival, Bowen kísérleti munkái nyomán, ismertté vált a különféle összetételű kőzet-olvadékok szilikátjainak kiválási sorrendje. A kőzetkeletkezés alapjainak megismeréséhez vezető kísérleti munka sötét kőzetalkotókat (Fe-, Mg-szilikátokat) és világos kőzetalkotókat (Ca-, Na-szilikátokat) tartalmazó, olvadt kőzetek lassú és/vagy



Kőzet	Főbb kőzetalkotó ásványok	Hőmérséklet, °C
Bazalt	Plagioklász-földpát (labradorit), piroxén,	1000–1250
Andezit	Plagioklász-földpát (andezin), piroxén, amfibol, biotit	950–1200
Dácit	Piroxén, plagioklász-földpát, biotit, kvarc	800–1000
Riolit	Alkáli-földpát, biotit, kvarc	700–900

10. táblázat. Kőzetolvadékok lágyulási-szilárdulási hőmérséklete

gyors lehűtésére támaszkodott. Az ásványösszetétel-elemzések a kiválasztott sorrendre vonatkozóan a **9. táblázat** szerinti eredményeket adták.

Az ásványos összetétellel összefüggésben a különböző kőzetolvadékok szilárdulási vagy a kőzetek folyósodási hőmérséklete is eltérő (**10. táblázat**).

A kémiai összetétel differenciálódása a bolygóképződés kapcsán mind a bolygók, mind a kis égitestek szerkezetében és összetételében felismerhető.

Bolygóink kémiai felépítése

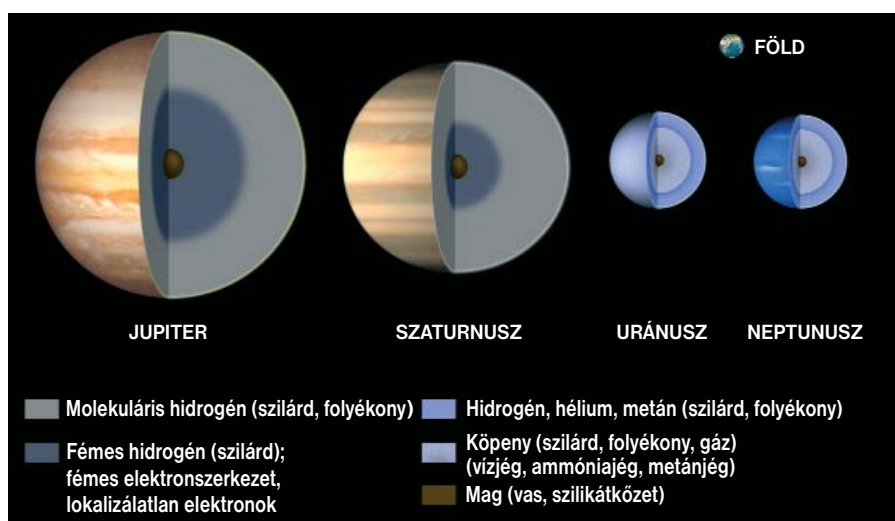
A naprendszerbeli bolygók szerkezetére és összetételére vonatkozó ismeretek részben csak közvetettek (pl. asztrofizikai adatok alapján megállapíthatók), részben csak a legkülső rétegekre utalnak (pl. űrteleszkópos spektrográfia segítségével mérhetők). A „nagybolygók” közül a négy belső viszonylag kis méretű *kőzetbolygó* (ilyen a Földünk is), a négy külső pedig óriási *gázbolygó*. A „törpebolygók” (ilyen a Plútó vagy a Ceresz) és a kisbolygok szilikátalapúak.

A kőzetbolygók szerkezetében (belsőről kifelé) a legbelső szilárd, majd képlékeny fémag, az e feletti folyós, majd képlékeny kőzetköpeny, kívül pedig a szilárd kőzetréteg különböztethető meg, amelynek felszínét kisebb-nagyobb légkör fedi. A gáz-

bolygóknak nincs határozott kérge, felszíne és légköre, az égitestek halmazállapoti rétegződése a felszíntől a méretében viszonylag kisebb fém-kőzet magig folyamatos. A kőzetbolygók kémiai felépítésének néhány jellemzőjét a **11. táblázat**, a gázbolygókra vonatkozó fontosabb információkat az **1. ábra** és a **12. táblázat** mutatja be.

A kőzetbolygók magja fém, pontosabban vas, különböző arányú vas-nikkel ötvözet és vas-szulfid, kőzetköpenyük és kőzetkérjük magmás szilikátkőzet. A gázbolygók magja fém és szilikát, köpenyük túlnyomó részben szilárd, illetve folyékony hidrogén és hélium, mellettük – többnyire

1. ábra. A gázbolygók belső, kémiai felépítése (WIKIPÉDIA)



11. táblázat. A kőzetbolygók összetételéről

Égitest Rétegek	Merkur	Vénusz	Föld	Mars
Mag	Vas-nikkel, szilikátok	Vas-nikkel, vas-szulfid, szilikátok	Vas-nikkel, nehézfémek (Pt, Ir)	Vas, vas-szulfid, szilikátok
Köpeny	Szilikátok	Szilikátok	Vas-magnézium-szilikátok	Szilikátok
Kéreg-felszín	Bazalt, földpátok, piroxének	Bazalt, földpátok, piroxének	Magmás, üledékes, metamorf szilikátok, karbonátok, víz	Bazalt, hematit, sólerakódások, szárazjég
Légkör, tömeg%	Vékony, nem állandó, felszíni kisugárzásból O ₂ – 42% Na – 29% H ₂ – 22% He – 6% K – 0,5%	Vastag, kénsavas, P-, S-, Cl-tartalmú aeroszolfelhő CO ₂ – 96,5% N ₂ – 3,5% SO ₂ – 0,015% H ₂ O – 0,002% CO – 0,0017%	N ₂ – 78,08% O ₂ – 20,96% Ar – 0,934% CO ₂ – 0,04% Ne – 0,002% Nyomokban He, H ₂ , CH ₄ , CO, N ₂ O, Kr	Vékony réteg CO ₂ – 95,32% N ₂ – 2,7% Ar – 1,6% O ₂ – 0,13% H ₂ O – 0,13% CO – 0,07% Nyomokban N ₂ O, CH ₄ , HCHO



Jupiter	Szaturnusz	Uránusz	Neptunusz
H ₂ – 89,4 He – 10,2 CH ₄ – 0,3 NH ₃ – 0,3 továbbá nyomnyi H ₂ O, H ₂ S, CO ₂	H ₂ – 83 He – 17 kevés NH ₃	H ₂ – 82,5 He – 15,2 CH ₄ – 2,3 D, HD – 148 ppm, továbbá kevés NH ₄ SH, H ₂ O-, NH ₃ - és CH ₄ -jég	H ₂ – 80,0 He – 18,0 CH ₄ – 1,5 HD – 0,019 továbbá kevés NH ₄ SH, H ₂ O-, NH ₃ - és CH ₄ -jég

* Elhárított légkör nincs a gázbolygókon, a gázsűrűség a köpeny felé folyamatosan nő.

12. táblázat. A gázbolygók „légmagjának” összetételéről (térfogat%)*

Meteoritfajta	Meteoritkőzet	Ásványösszetevő
Vasmeteorit	Hexadrit Ataxit	Kamacit (nagy vastartalmú nikkel-vas) Ténit (nagy nikkelartalmú nikkel-vas)
Vas-kő meteorit	Lodranit Pallazit Mezosziderit	Nikkelvas, olivin, ensztatit, piroxén Nikkelvas, olivin, piroxén Nikkelvas, ensztatit, piroxén, plagioklász
Kondritok	Ensztatit kondrit Bronzit kondrit Hipersztén kondrit Amfoterit Szenes kondrit	Ensztatit, nikkel-vas Bronzit, olivin, nikkel-vas Hipersztén, olivin, nikkel-vas Hipersztén, olivin, nikkel-vason Olivin, ensztatit, szerpentin, szén, alumínium-szilikátok
Akondritok	Howardit Shergottit Nakhlit Ureilit Winanoit	Plagioklász, hipersztén Plagioklász, pigeonit, augit, maszkelinit Olivin, diopszid Olivin, bronzit, nikkel-vas Olivin, troilit, nikkel-vas

13. táblázat. Néhány meteoritkőzet és ásványos összetételük

– vízjég, ammóniajég, szárazjég és metán-hidrátjég van.

A gázbolygóknak nincs határozott felszíne és elkülönült légköre, a hidrogén és hélium gázelegye – egyes bolygóknál – kevés metánnal, szén-dioxiddal, ammóniával, kén-hidrogénnel és deutériummal „szennyezett”. A kőzetbolygók közül a Merkúrt nem állandó és nagyon kis oxigén-hidrogén légkör fedi némi nátrium(!)-szennyezéssel. A Vénuszt sok és „nehéz” légkör veszi körül, ezt szén-dioxid és nitrogén, valamint kevés kénsav(!) és kén-dioxid aeroszol (felhő) alkotja. A Mars légkörborítása vékony, szén-dioxidból és nitrogénből álló gáz.

A törpebolygók (pl. Plútó, Ceresz), a holdak (pl. Io – Jupiter, Triton – Neptunusz) magja legtöbbször vasfém és szilikátkőzet, kérgük és felszínük kőzet, vízjég és szilárd szén-dioxid. Ezeknek a kis égitesteknek nincs vagy nagyon kis légköre, például a Plútó vagy a Triton viszony-

lag sok nitrogénnel vagy az Io viszonylag sok kén-dioxiddal.

A meteoritok, az üstökösök és a Hold

A „kíváncsi” ember az 1960-as évektől kezdve sok energiát fordít arra, hogy a közvetett módszereken túl közvetlenül is „kézbe vehesse” és vizsgálhassa a világűr objektumainak-anyagainak szerkezetét és összetételét. A bolygókutatási és holdkutatási programok keretében a közel hetven, ilyen programmal útnak indított űrszonda és űrhajó célkitűzése a megközelítés, a körülkerülés, a leszállás és/vagy az anyagmintavétel volt. Anyag-mintavételi céllal a holdkutatási programban űrszondát legutóbb 2009-ben bocsátottak ki, a Marsra ilyen célú kísérletet 2014-re terveznek.

A világűr anyagait megismerni vágyó ember kíváncsiságát a bolygók és a kisbolygók – többször ütközésekből származó – törmelékei, a földi gravitációba kerülő meteoritok segítenek „önkéntes” min-

taként kielégíteni. A Földre érkezett, ismert és feljegyzett meteoritok száma több mint tízezer, és csak a mai Magyarország területére hullott meteoritként a hivatalos londoni, meteoritikai katalógus 11 becsapódást tart nyilván. A legutóbbi meteorit-hullás nálunk Kaposfüreden 1995-ben volt (vasmeteorit). Az újabb korok legnagyobb meteororobbanásának (nem ért a földre) az 1908-ban történt „tungúz eseményt” tekintik, amelynek okozója kisbolygó vagy üstökös volt. Néha sikerül a talált vagy észlelt meteorit eredetét megfejteni, például egy Antarktiszon felfedezett, ALH84001 elnevezésű meteorit marsi eredetűnek bizonyult. Vizsgálata az anyabolygóról egyedülállóan értékes ismereteket hozott.

A meteoritokat három csoportba lehet sorolni. Legtöbbször szilikátkőzetből álló kőmeteorit (94%), jóval kevesebb a fémes alapanyagú vasmeteorit és a fém-kőzet egyaránt tartalmazó vas-kő meteorit. A kőmeteoritok között szerkezet szempontjából kondritokat (85%), akondritokat (3%) és szenes kondritokat különböztetnek meg. A kondritok a legrégebbi születésű meteoritok közé tartoznak, magas hőmérsékleten olvadt és üveges állapotban maradt kőzetmagot (kondrumot) és ezt körülvevő kőzetanyagot (mátrixot) tartalmaznak. A szenes kondritokra az illó (nem szilikátos) anyagokat is hordozó, porlódó szerkezet jellemző. Végül az akondritokban kondrum – a későbbi felhevülések, átkristályosodások miatt – nem vagy már nem található.

Csaknem minden kondritban vannak fémes összetevők: vas-nikkel és vas-szulfid. A kondritokat a jellemző ásványos összetevőjük alapján hat csoportba sorolják: ensztatitos (1), olivines-bronzitos (2), olivines-hiperszténos (3), amfoterites (4), olivines-pigeonitos (5) és szenes kondritok (6). A legutóbbi csoportba tartozik (az egyébként pigeonitos) híres *kabai* szenes meteorit.

A meteoritok kőzeteinek ásványösszetétele a földi magmás kőzetekével rokon, így hasonló a magmaeredetű intruzív és a lávaeredetű effuzív kőzetek ásványösszetételéhez. Az eddig megismert meteoritkőzetekről a 13. táblázat ad áttekintést. A meteoritokban azonosított néhány gyakori ásványösszetevőről a 14. táblázat tájékoztat.

A vasmeteoritok példaként említhető a gibeoni (Namíbia) oktaedrites meteorit, amelynek közetszerkezete a maratás-csiszolás utáni mintázataról kapta elnevezését. Fő ásványos összetevője a *kamacit* és a *ténit*, mindkettő vas-nikkel ötvözet eltérő



rő nikkeltartalommal. Kísérő összetevő a *troilit* (vas-szulfid) és a nem csekély nyom-
elemtartalom.

Ásványnév	Összetétel
Albit	NaSi_3O_8
Andradit	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$
Anortit	$\text{CaAl}_2(\text{SiO}_4)_2$
Biotit	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3$
Bronzit	$(\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{SiO}_3)_2$
Bytownit	$(\text{Ca},\text{Na})(\text{Al},\text{Si})_2(\text{SiO}_4)_2$
Diopszid	$\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$
Ensztatit	Mg_2SiO_4
Fayalit	Fe_2SiO_4
Forszterit	$\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)_2$
Hipersztén	$(\text{Fe},\text{Mg})_2(\text{SiO}_3)_2$
Labradorit	$(\text{Ca},\text{Na})(\text{Al},\text{Si})_2(\text{SiO}_3)_2$
Melilit	$\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$
Olivin	$(\text{Fe},\text{Mg})_2\text{SiO}_4$
Perovszkit	CaTiO_3
Pigeonit	$(\text{Fe},\text{Ca},\text{Mg})_2(\text{SiO}_3)_2$
Stanfieldit	$\text{Ca}_4(\text{Mg},\text{Fe},\text{Mn})_5(\text{PO}_4)_6$
Spinell	MgAl_2O_4
Tremolit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{SiO}_3)_8(\text{OH},\text{F})$
Wollastonit	CaSiO_3

14. táblázat. Néhány meteoritalkotó ásvány összetétele

A *kő-vas meteoritok* egyike a krasznajarszki (Oroszország, 1749) pallazitos meteorit, ennek összetevői között a nikkelvason kívül sok magnéziumot tartalmazó szilikátokat (*olivint*, *ensztatitot*) találtak. Némelyik *kő-vas meteoritban* a Földön ritka Mg-, Ca-, Fe-foszfát ásványt (*stanfieldit*) is azonosítottak.

A *kőzetmeteoritokat* az elemifém-ásványok kis mennyisége vagy teljes hiánya, ugyanakkor a nagy Mg-, Ca-, Fe-tartalmú *piroxének* (metaszilikátok), *olivinek* (ortoszilikátok) és *plagioklász* ásvány (Na-, Ca-ortoszilikát) jelenléte jellemzi. A legtöbb akondritnak és a kondritok mátrixának köze a bazaltrokon howardit, eukrit, diogenit és akapulkoit, többségükben az előbbi ásványösszetevőkkel. A kondritos meteoritok üveges közetmagja (*kondrum*) amorf plagioklász-földpát (*maszkelinit*, *bytownit*) Na-, Ca- és Al-tartalommal.

Marsi eredetű az a kondritos meteorit, amelyet az Antarktiszon találtak (ALH 84001)

¹ A kabai meteoritot jelenleg a Debreceni Református Kollégiumban őrzik. Az 1950-es, 1960-as években Sztróky Kálmán és munkatársai vizsgálták az akkori műszeres technika alkalmazásával. A jelenleg rendelkezésre álló, korszerű kémiai és fizikai műszeres technikával az elmúlt évtizedben, Kubovics Imre és Bérczi Szaniszló vezetésével újvizsgálták; a fő kutatási cél a szerves anyagok minősítése volt.

1984-ben. Megállapítható volt, hogy anyaga 4 milliárd éve „született”, 19 millió éve szakadt ki az anyabolygóból és 13 ezer éve csapódott a Földre. Marsi eredetűre gáz-zárványai összetételének a marsi légkör elem- és elemizotóp-összetételével való egyezése utalt. A marsi meteoritok kőzetösszetevői a shergottit, a nakhlit és a chassignit, ezek ásványösszetevői alkálidús földpátok és kalciumdús piroxének. Egyes marsi meteoritokban *kalcit*-nyomokat, *mag-netit*-mikrokristályokat, poliaromás szénhidrogéneket (PAH) és olyan elektronmikroszkópos szerkezeti elemeket is találtak, amelyek életjeleknek is felfogható nanobaktériumokra utalnak.

A *szenes kondritok* neves példájaként tartják számon a szenet, szerves anyagokat, sőt nyomokban vizet is tartalmazó *kabai meteoritot* (1857 körül, közel 3 kg). Ásványos összetételében a különféle magnézium-, alumínium-, kalcium-, vas- és alkaliszilikátokhoz sorolható összetevők játszanak szerepet, így a *piroxén*, *nefelin*, *szodalit*, *wollastonit*, *andradit* és *grosszulár*. A kb. 2%-nyi szén (csaknem) valamennyi módosulata jelen van: (nanoméretű) *gyémánt*, (szenes) *grafit* és *fullerének* (2. ábra).¹

A Londoni Meteoritkatalógus szerint a Magyarországon talált meteoritok listája 23 találatot jelez (Addenda 2).

A meteoritok szövetszerkezetének, a kondrumok és a mátrixok minőségének, mennyiségi arányainak, a kőzet- és ásványösszetételének megismerése, illetve ismerete nagy segítséget nyújt a meteoritok keletkezésének, történetének feltárásában. A kémiai elemzések végső soron a „meteoritszülő” kisbolygók, bolygók „élettörténetéhez” is információkat nyújtanak.

A meteoritokon kívül gyakori látogatói Földünknek az *üstökösök*. Ezek az égitestek többnyire kisbolygó méretűek, kisebb vagy nagyobb excentricitással és kisebb vagy nagyobb periódicitással keringenek a Nap körül. Az előbbieket a Jupiter és a Neptunusz körül, a Kuiper-övben tartózkodnak, az utóbbiak fő tartózkodási helye a helioszféra határain levő Oort-felhő. Az üstökösök jellemzője a fénylő *kóma* és *csóva*, amely a napsugárzás hatására alakul ki. Az üstökösökben gazdag szilikátokból, a nikkelt és a vas szulfidjaiból, illékony anyagokból (pl. vízjég, ammóniahidrátt, szén-dioxid) és szerves ve-

gyületekből (pl. metán, etán, metanol, etanol, aminosav) tevődik össze. Az üstökös csóvája a napközeli magból kiáramló anyagokból, por, vízjég és gáz keverékéből áll, és a napszél miatt a Nappal ellentétes irányban helyezkedik el.

Földünk kísérőjének, az egyhatod földtömegnyi *Holdnak* ásvány-kőzet összetétele hasonló a Földéhez. Ezzel összhangban van, illetve erre épül az a feltételezés, hogy négy és fél milliárd évvel ezelőtt a még olvadt állapotú, képlékeny „Ősföld” egy közel hasonló pályán keringő s még ugyancsak nem szilárd, kisebb ősbolygóval, a Theával érintőlegesen ütközött, egy része azzal együtt kiszakadt, és új égitestként Föld körüli pályára tért.

A Hold – a Földhöz hasonlóan – vas, vas-nikkel és vas-szulfid összetételű, 150–160 km átmérőjű, szilárd belső magból és 300–350 km vastag, olvadt külső magból állhat. Az 1200 km vastag köpeny alsó része képlékeny vagy olvadt, felső része viszont szilárd szilikátkőzet. A holdszondák a holdköpenyben a szilikátok kísérőjeként magnéziumot, vasat, kalciumot és alumíniumot mutattak ki.

Az égitest kérge a földi oldalon kb. 20, a túloldalon kb. 50 km vastag. A felszínen – az űrszondák és az emberes űrutazások mintavételei szerint – magmás eredetű kőzetek vannak. Ezeknek négy típusa alkotja a kérget, valamennyi bázisos jellegű (összes, szabad és kötött SiO_2 -tartalom 55% alatt), szabad kvarcot nem vagy alig tartalmazó szilikát:

1) A felszín világosabb színű (mare) kőzete az anortozit és a norit. Az előbbi fő ásványkomponense a *labradorit* és a *bytownit* (plagioklász földpátok), amelyeket kevés *olivin* és *piroxén* kísér.

Az utóbbit plagioklász-földpát és *piroxén* alkotja, mellettük kevés *olivin*, *hornblende* és *biotit* van.

2) A sötétebb felszínrészek (terra) anyaga a holdi bazalt, amely *Ca-plagioklász*-ból és *piroxén*-ből áll, kevés *olivin* és *apatit* társaságában.

3) A Holdat ért rengeteg ütközés és a légtér nélküli, szélsőségesen hideg és meleg váltakozása homokba ágyazott kőzet-rögözt törmeléket: bazaltbreccsát hozott létre. A bazaltbreccsák a mare és a terra területekről származó szilikátfajták szerint különböztethetők meg.

2. ábra. A kabai meteorit fényképe (WIKIPÉDIA)





4) A negyedik anyagtípus a holdi talaj, a regolit, amely változatos összetételű kőzetpor, közettörmelék és ásvány szemcsék keveréke.

A holdi anyagvilág jellegzetességeként kiemelhető a víz és a szén-dioxid hiánya, ugyanakkor az alkálifémek, a ritkaföldfémek és a foszfor kimutatható jelenléte (KREEP = Kalium, Rare Earth Elements, Phosphorus).

Látható, hogy a világegyetem, naprendszerünk és bolygónk, tehát anyagi világunk keletkezésének, kialakulásának és fejlődésének értelmezője – a kozmológia társaként – a kozmokémia és az asztrokémia. Az előbbi a csillagok születése és élete kémiájának, az utóbbi a bolygók keletkezése kémiájának ismereti tárháza. Öröm eredményeik szemlélőjének, megértőjének és ismerőjének lenni!

IRODALOM

- Bérczy Sz., *Miből van a Hold?* – <http://planetologia.elte.hu/cikkek.phtml?cim=lmibolvan.html>
 Bérczy Sz., *A Mars közei a marsi meteoritok alapján.* Fizikai Szemle (2007) 260.
 Bérczy Sz., *Égitestfejlődések a Naprendszerben...* – <http://planetologia.elte.hu/cikkek.phtml?cim=egitestfejlodesek-l.html>

- planetologia.elte.hu/cikkek.phtml?cim=egitestfejlodesek-l.html
 Bérczy Sz., *A Naprendszer keletkezésének kémiai modellje*, In: Geonómia az ezredforduló után. MTA Geonómiai Bizottság kiadványa. Uniconstant, Püspökladány, 2003, 35.
 Grady, M., *Catalogue of Meteorites*. Natural History Museum, London, 2005.
 Grady, M., Wright, I., *Types of Extraterrestrial Materials Available for Study*. Natural History Museum, London, 2005.
 Illés E., *A Naprendszer bolygótestjeinek összeállása: Gravitációs csomósodás*
 Illés E., *Összehasonlítás a bolygórendszer tagjaival*. In: Geonómia az ezredforduló után. MTA Geonómiai Bizottság kiadványa. Uniconstant, Püspökladány, 2003, 67.
 konkoly.hu/staff/illes/Geonoma_Szadeczky.osg/wiki/Legkor
 Kubovics I., Gál-Solymos K., Ditrói-Puskás Z., *New results from the Kaba meteorite*. Acta Geol. Hung. (2000) 43/4, 477.
 Sztróky K. I., Tolnay V., Földváryné Vogl M., *Mineralogical and chemical properties of carbonaceous meteorite from Kaba*. Acta Geol. Hung. 7 (1961) 57.
 Witzke, Th.: *Meteorite, Kohlige Chondrite* – http://tw.strahlen.org/fotoatlas/meteorite_chondrite.html
Abundance of Elements. – http://www.webelements.com/periodicity/abundance_university
A Naprendszer keletkezése és története – http://hu.wikipedia.org/wiki/A_Naprendszer_keletkezese
Ásványok a Naprendszerben – <http://hu.wikipedia.org/wiki/Asvanyok>
Bowen-sorozat – http://hu.wikipedia.org/wiki/Bowen_sorozat

- Holdkőzetek* – <http://hu.wikipedia.org/wiki/Holdkőzetek>
Interstellar molecules – <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/ismols.html>
Kabai meteorit – http://hu.wikipedia.org/wiki/Kabai_meteorit
Kohliger Chondrit – <http://de.wikipedia.org/wiki/KohligerChondrit>
Kondritok – <http://hu.wikipedia.org/wiki/Kondritok>
Kozmikus anyagok – http://hu.wikipedia.org/wiki/Kozmikus_anyagok
Légkör – <http://hu.wikipedia.org/wiki/Légkör>
Magyarországi meteoritok – http://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarországi_meteoritok
Meteoritok osztályozása – http://hu.wikipedia.org/wiki/Meteoritok_osztalyozasa
Világűr – <http://hu.wikipedia.org/wiki/Világűr>

ÖSSZEFOGLALÁS

Kerényi Ervin: Kémia a Földön kívül. II. Asztrokémia.

A dolgozat áttekintést ad a Földön kívüli kémia – kozmokémián kívüli – másik ágazatának eredményeiről, amelyek a fúziómentes égitestek, a bolygók „születésének” kémiájára és a fúziómentes égitestek összetételére vonatkoznak. A bemutatott adatok és ismeretek kiterjednek a világűr, a kőzetbolygók és a gázbolygók, a Hold és a holdak, valamint a Földünkre hullott meteoritok kőzet- és ásványösszetételére.

A gyógyszerkutatás jövője

A gyógyszerkutatások célja, hogy a korábbiaknál hatékonyabb gyógyszereket legyünk képesek előállítani, ezért a betegségek gyógyításával kapcsolatos kutatásokban az alacsony kockázatú, gyors eredményeket hozó megközelítéseket kell alkalmaznunk – hangsúlyozta Christian R. Noe, osztrák biokémikus, aki székfoglaló előadást tartott a Magyar Tudományos Akadémián. „Az MTA tiszteleti tagsága nagyon sokat jelent nekem – mondta Noe professzor, aki számos magyar kutatóval tart fenn hosszú időre visszatekintő személyes kapcsolatot, és a hazai tudományos élet alakulását is régóta figyelemmel kíséri. – Úgy vélem, az MTA kutatóintézeteiben végzett tudományos munka minősége nemzetközi szinten is kiemelkedő.” A Bécsi Egyetem professzora a magyar élettudományok terén végzett kutatások ismeretében elmondta: az olyan magas színvonalú tudományos tevékenységek, mint például az MTA Természettudományi Kutatóközpont Enzimológiai Intézetének munkatársaié, megérdemelten hívják fel magukra a világ tudományos közösségének figyelmét.

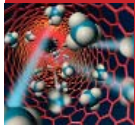
A kutatói pályáját szerves kémikusként kezdő tudós mintegy 20 évvel ezelőtt váratlanul ajánlatot kapott a frankfurti egyetem orvosi kémia tanszékének vezetésére. „Számomra teljesen új ismereteket kellett elsajátítanom – mondta –, de erőt adott a tudat, hogy a gyógyszerkutatás területén végzett új munkám közvetlenül az emberiség jólétét szolgálja.” Christian R. Noe elsősorban a nukleinsavaknak, illetve a receptoroknak a gyógyszerek hatásmechanizmusában betöltött szerepét vizsgálta: „Fő célom a receptorok kinetikai aktivitása és az egyes gyógyszerek közötti kölcsönhatás feltárása volt.” A European

Innovative Medicines Initiative tudományos bizottságának elnökeként feladata, hogy megtalálja az európai gyógyszerkutatás számára ígéretes fejlesztési területeket: „Próbálom ráébreszteni a döntéshozókat annak fontosságára, hogy az akadémiai felfedező kutatásokból minél hamarabb ipari termék válhasson.”

Christian R. Noe székfoglaló előadásában elmondta, hogy a korai civilizációk vallásos elképzeléseitől a mai korok tudományos alapú megközelítéséig a gyógyszeres terápiákban mindig jól meghatározható paradigmák uralkodtak. „A gyógyszerkutatás az elmúlt 50 évben hatalmasat lépett előre. Ma már a gyógyító hatást kifejteni képes aktív molekulák mesterséges előállítása majdhogynem tökéletes.” A tudós szerint a biológiai rendszerek egyre pontosabb megértésével célzott gyógyító hatást tudunk kifejteni, akár a gének szintjén is: „Az emberi sejt működéséről felhalmozódott hatalmas tudástanyagot fel kell tudnunk használni hatékony gyógyszeres kezelések kidolgozására.”

A gyógyszerkutatás előtt álló kihívásokkal kapcsolatban Christian R. Noe rámutatott, hogy a tőkeerős nagy cégek egyre inkább elfordulnak a magas kockázatú felfedező kutatásoktól, és átengedik őket a jóval szerényebb anyagi forrásokból gazdálkodó akadémiai szférának. „Pedig a gyógyszerkutatás jövője azon múlik, milyen mértékben leszünk képesek megérteni a betegségek molekuláris szintű alapjait, vagyis a sejtekben zajló biokémiai mechanizmusok részleteit.” (MTA nyomán)

B. E.



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

A kristályos szén-nanotudomány legújabb kori diadalútja

Interdiszciplináris fullerén-, nanocső- és grafénkutatási eszkaláció

Arra a kérdésre, hogy a huszadik század végén, illetve a huszonegyedik század elején a periódusos rendszer elemei közül melyiknél lett volna várható jelentős, látványos fejlődés a kémiai tudományos kutatásban, kevesen említették volna a tulajdonságaiban sokoldalúan kiismert és megismert, karakterében és tapintható valóságában szürke-fekete szén, a grafitot.

A szénkémia káprázatos, legújabb kori megújulása 1985-ben vette kezdetét, amikor Kroto, Curl és Smalley [1] felfedezték a fullerének grafitplazma generálta tömegspektrometriai létét. 1990-ben, következő lépésként, Krätschmer, Huffman és doktoranduszai [2] bebizonyították, hogy a fullerének a kristályos szén új allotrópjai, amit alig egy évre rá, 1991-ben a japán Iijima [3] ragyogó felismerése, a szénnanocsövek felfedezése követett. A tudományos kutatás következő csodájára már csak 2004-ig kellett várni, amikor az angol–orosz Geim–Novoselov [4] szerzőpárnak sikerült berobbantania a tudományos köztudatba az átfogóan új tulajdonságokkal rendelkező grafént és grafént. Az alig 20 év alatt létrejött tematikus egymásutánosság és annak kortársi közelsége rendkívüli fontosságúnak tekintendő a tudományos kutatás jelentőségének bizonyítására. Nem könnyű magyarázatot találni arra, hogy aránylag rövid idő alatt hogyan jöhettek létre ezek a rendkívüli felfedezések, amelyeknek jelentőségét a világ nemzetközi tudományos közössége a legnagyobb elismeréssel kísérte.

Krotót, Curlyt és Smalley-t 1996-ban kémiai Nobel-díjjal, Iijimát 2008-ban a Norvég Tudományos és Irodalmi Akadémia által odaítélt Kavli-díjjal [5], Krätschmert 2010-ben az Európai Község által létesített „European Inventor of the Year” díjjal [6], Geimet és Novoselovot 2010-ben fizikai Nobel-díjjal jutalmazták.

E sorok írója nem ismer a természettudományok történetében más koherens területet, amelyen ilyen rövid idő alatt az új felfedezések és az elismerések ilyen vagy hasonló koncentrációja figyelhető meg.

A továbbiakban három olyan tényezőre szeretnénk hangsúlyozottan rámutatni, amelyek hozzájárulhattak a széntudományokban bekövetkezett jelentős változásokhoz. Az első a terület kutatása során elért eredmények, ismeretek exponenciális növekedése, illetve azok növekedési sebessége, a második a grafitalapú széntudományok (fullerének, nanocsövek és grafén) területén publikáló szerzők számának növekedése, a harmadik a széntudományi kutatások interdiszciplináris jellege.

A legújabb kori széntudományi ismeretek (cikkek) számának növekedése

Annak ellenére, hogy a tudományos felfedezések létrejötte, folyamatainak és működési mechanizmusának megismerése bonyolult folyamat, Price munkássága óta ismert [7–8], hogy a kutatási eredmények akár tudományos cikkek, folyóiratok vagy például kutatók számának kumulatív növekedése révén jól követhetők.

A fullerénekkal, szénnanocsövekkel és a grafénnel foglalkozó folyóiratcikkeknek mint a tudományos információ hordozóinak növekedési ütemét, azaz a szakirodalom növekedését a szénkutatás mindenkori színvonala határozta meg. Minden új kutatási eredmény bizonyos mennyiségű, új kutatási munka elvégzésére sarkallt, mely során ezeket az eredményeket továbbfejlesztették, és/vagy megerősítették. Következésképpen a szénallotrópok szakirodalmának a cikkek $p(t)$ (p : publikációk száma) számában visszatükröződő növekedési ütemét a

$$\frac{dp}{dt} = kp$$

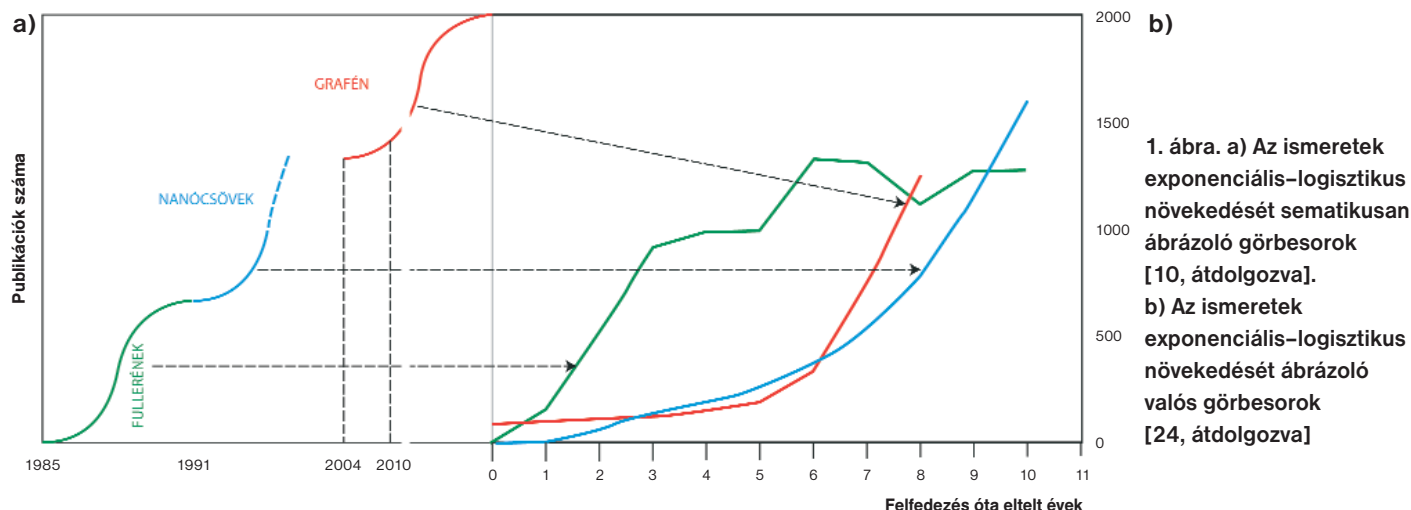
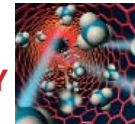
differentiálegyenlet írja le. Az egyenlet szerint a $\frac{dp}{dt}$ növekedési ütem a mindenkori p -vel arányos, tehát az $\frac{1}{p} \frac{dp}{dt}$ relatív növeke-

dési ütem állandó. Az egyenletnek a $p(0) = p_0$ kezdeti feltételt kielégítő megoldása a

$$p(t) = p_0 e^{kt} \quad (k > 0)$$

exponenciális függvény.

Általában a növekedés csak addig maradt exponenciális, amíg a szakirodalom vagy széntudomány fejlődését megszabó külső körülményekben lényeges változások nem léptek fel. Ilyen változásnak, új fejleménynek tekinthető például a fullerénkutatásban a szénnanocsövek felfedezése. A fenti exponenciális relációval leírt növekedési folyamat a fullerének esetében nem tarthatott örökké: nehezen felderíthető vagy átlátható korlátozó tényezők, például kutatók áttérése a szénnanocsövek kutatásának területére, kötelező érvénnyel és fokozatosan éreztethették, illetve éreztetik hatásukat. Ebben az esetben a növekedés mechanizmusát pontosabban írja le a Pearl–Reed javasolta logisztikus függvény vagy a Gompertz-féle differenciálegyenlet.



Ilyenkor a relatív növekedési ütem már nem állandó, hanem p lineáris függvénye. Ez annyit jelent, hogy minél nagyobb a p szintje, annál kisebb a növekedés üteme (1.a ábra).

A növekedés egy másik modellje [9] alapján a fullerén-, nanocső- és grafén- (széntudományi) ismerethalmaz egy gömbhöz hasonlónak fogható fel, amely egy vékony felszíni réteg vagy kutatási front, az „epidermisz” mentén nő, azaz a legfrissebb kutatásokból leszűrt tudással együtt mozgó kutatási frontvonalak mentén halad egy n dimenziós térben, ahol a dimenziók a kutatási eredmények egymástól független növekedési irányainak felelnek meg. A modellt a

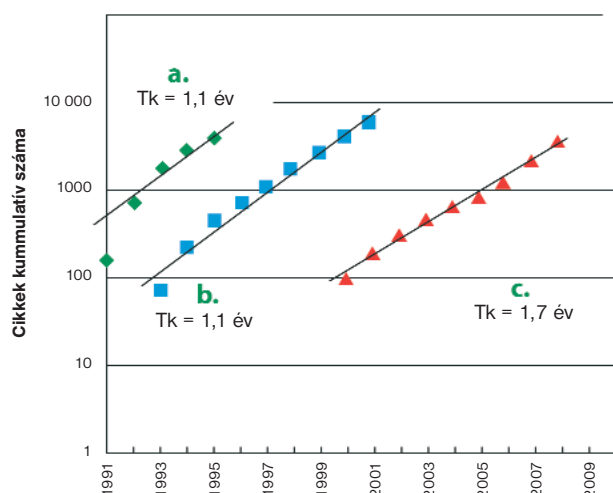
$$\frac{dQ}{dt} = CS(t)$$

differenciálegyenlet írja le, ahol $Q(t)$ a kutatási ismeretek terjedelme, $S(t)$ a t időpontban mért felület, C pedig valamilyen állandó. Az egyenlet megoldása

$$Q(t) = \beta t^n$$

alakú, β az arányossági tényező. Ez az egyenlet szintén exponenciális növekedést eredményez, ha n , a tudományos kutatás, mint a rendszer szabadsági fokainak száma, korlátlanul növekszik.

2. ábra. Az exponenciális növekedések sebessége (kétszereződési ideje) [24, átdolgozva]. a) A logisztikussá alakuló fullerénirodalom kezdeti (1991–1995) gyors szakasza. b) A szénnanocső-irodalom növekedési sebessége. c) A grafén-irodalom növekedési sebessége



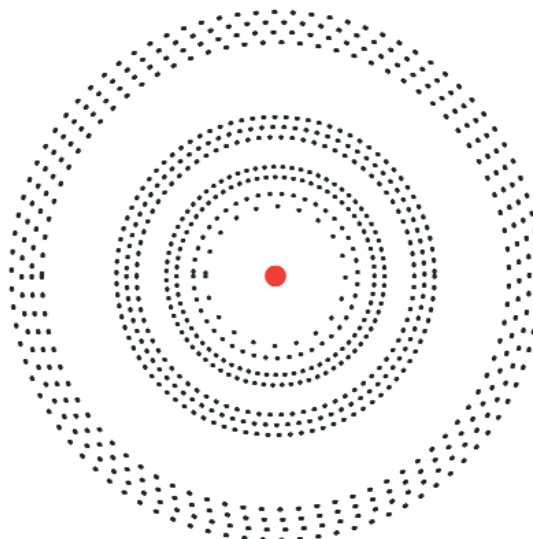
Az exponenciális görbe jól jellemezhető azzal az időtartammal, amely alatt p értéke a kétszeresére nő (T_k : kétszereződési idő).

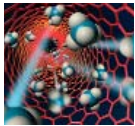
A fentebb vázoltakat tükrözi az 1.a ábrán már előzőleg [10] is részben bemutatott idealizált exponenciális, illetve logisztikus növekedési modell. A publikációk számának valós növekedését bemutató 1.b ábrán megfigyelhető a fullerénkutatási publikációk haladása a logisztikus növekedés felé, valamint a szénnanocsővek és a grafén kutatásának cikkekben megnyilvánuló, még napjainkban is tartó exponenciális növekedése.

A 2. ábrán jól láthatók az exponenciális növekedések kétszereződési idői (T_k), azaz azok az időtartamok, amelyek alatt a témában publikált ismeretek száma a duplájára növekedett. Ez persze a növekedések sebességét is jelzi, ugyanis minél rövidebb a kétszereződési idő, annál nagyobb a növekedés sebessége. A széntudomány területén az utóbbi év folyamán tapasztalt exponenciális növekedést létrehozó fejlődést kutatási *eszkálációnak* tekinthetjük.

A publikációk által jelzett exponenciális publikációnövekedéseket látványosan jelzi a cikkek idézettsége is, mint például a 3. ábrán bemutatott, a grafénlázról kezdeti cikk [4] idézettségének a terjedése. Az idézettség gyarapodását az ábra úgy mutatja be,

3. ábra. A Novoselov és Geim cikkét [4] (piros pont az ábra közepén) 2004 és 2009 között idéző cikkek (körkörös pontok) számának hullámszerű terjedése [13]





mint egy tóba dobott kő által létrehozott hullámok körkörös terjedését.

A szerzők számának növekedése

Nemrég kimutatták [11], hogy aránylag egyszerű összefüggés áll fenn a publikált folyóiratcikkek száma és a cikkeket publikáló szerzők száma között, azaz

$$\Delta \text{ cikkek} = C (\Delta \text{ szerzők száma})^\alpha$$

Itt Δ (egy éves időtartam alatt publikált) új cikkeket, C normalizálási állandót és α skálázási exponenst jelent.

Ennek megfelelően például az $\alpha > 1$ értékek azt jelzik, hogy a publikációk egy főre eső értéke, azaz a szerzők cikkproduktivitása olyan mértékben növekszik, ahogyan az illető tudományterület kutatása egyre több kutatót vonz, és a produktivitás időben növekszik. Például a szénnanocsövek esetében ezt a következő egyenlet és a 4. ábra mutatja be:

$$\Delta \text{ cikkek száma} = 0,09 (\Delta \text{ szerzők száma})^{1,32}$$

A grafénkutatásban az α értéke 1,32-nél nagyobb [12].

Ezért sem nevezhető túlzásnak a Nature Nanotechnology 2010. november 4-i vezércikkének az az állítása, hogy a fullerénnel, nanocsövekkel és grafénnal foglalkozó, növekvő számú szerzőt (kutatót) egybeforrott, egységes témaközösségnek tekintik. Mint az egyenlet mutatja, ez a közösség is exponenciálisan növekszik.

Jövőbeni növekedés, remények

A szénttudomány különböző alterületein elért ismeretek robbanásszerű növekedése, a további fejlődési remények már-már szakmai türelmetlenségként jellemezhető elvárásokat is felvetnek. Erre utal például egy nemrég publikált cikk címe: „Buckyballs, nanotubes and graphene: On the hunt for the next big thing” (Fullerének, nanocsövek és grafén: vadászat a következő nagy „valamire”) [13].

Nem fukarkodnak remények kifejezésében a grafénről 2011 elején publikált eszmefuttatások sem.

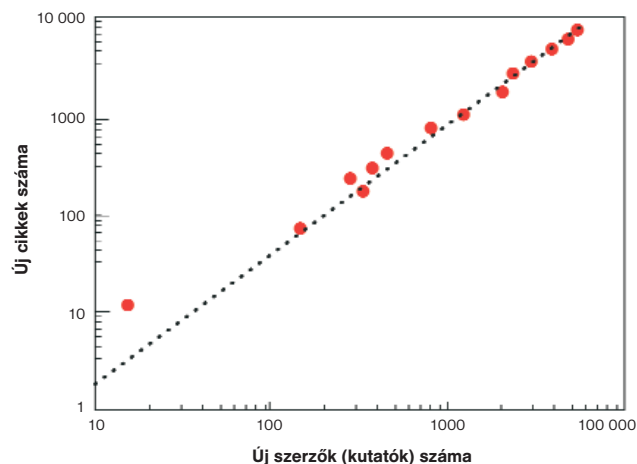
A Nature Nanotechnology folyóirat „The Rise and Rise of Graphene” (A grafén folyamatos növekedése) címmel közölt magasztaló vezércikket [14], amiben főleg az elektronikai és az abból várható technológiai alkalmazások lehetőségeit hangsúlyozták. Ugyanott emelik ki, hogy a fullerénnel, nanocsövekkel és grafénnal együttesen foglalkozó cikkek száma 1998 óta exponenciális növekedést mutat, és a három szénttudományi terület együttes kétszereződési sebessége öt év. Ez különben bizonyos összhangban van az e dolgozatban a három alterületre külön-külön számolt kétszereződési adatokkal is.

Nem kevésbé lelkesedő egy a Nature Materials folyóiratban „It is Still All About Graphene” (Még mindig minden a grafénről szól) [15] megjelent vezércikk.

A grafénismeretek említett robbanásszerű növekedéséhez, mint említettük, az alapkutatással párhuzamosan jelentős műszaki fejlesztések reményeit fűzik. Ezekben rejtőzhetne például a fentebb említett „next big thing” (a következő nagy valami)?

Mindez ugyanis egy másik elem, a szilíciumtudományhoz, illetve az abból kifejlesztett műszaki fejlődéshez, fejlesztéshez, a tranzisztorteknológiához kapcsolódhat.

Gordon Moore [16], a világhírű Intel cég egyik alapítója 1959 óta gyűjtött adatok alapján 1965-ben tett előrejelzése azt mond-



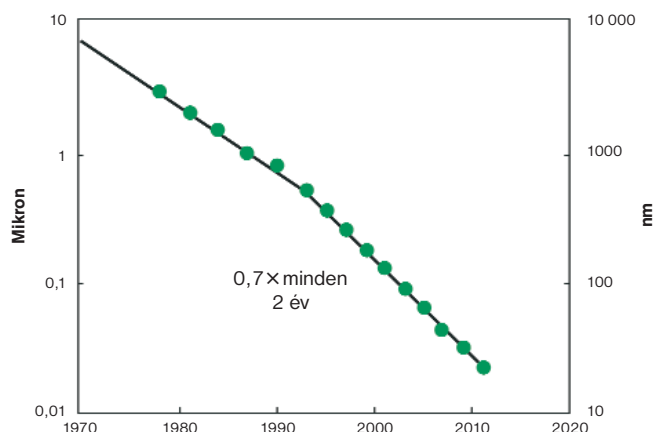
4. ábra. A szénnanocsövekkel foglalkozó cikkek szerzőinek produktivitása (cikk/szerző) [11]

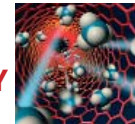
ta ki, hogy egy számítógépes chipben tartalmazott szilícium-alapú tranzisztorok száma két évenként megkétszereződik, ami azt jelentette, hogy a számítógépes műveletek sebessége, a MIPS (Millions of Instructions Per Second) ugyanilyen mértékben gyorsul. Abban az időben a számítógépes processzorok 2200 tranzisztort tartalmaztak. Moore előre jelezte, hogy a következő generációkban fokozatosan olyan chipek épülnek, amelyek egymilliószor összetettebbek lesznek, azaz milliónyi tranzisztort tartalmazhatnak majd. Előrejelzése „Moore törvénye”-ként vált közhírré.

Mint a fentiekben megfigyelhető, a szénkémia (különösképpen a grafén) tudományos kutatásában és a szilíciumra alapozott tranzisztorteknológiai fejlődésben az exponenciális növekedés a közös vonás. Mindmáig azonban nyitott kérdés, hogy milyen mechanizmussal és időben mikor történik, vagy történhet meg az átjárás a tudományos kutatási tevékenységet tükröző cikkek és a műszaki fejlődést jellemző tulajdonság (jelen esetben: az egységni felületre felépíthető tranzisztorok száma) exponenciális növekedése között.

Úgy tűnik azonban, hogy a közös nevező, például a fullerének, illetve a szilíciumalapú tranzisztorok esetében az exponenciális növekedés nem tartható fenn korlátlan ideig, illetve az, hogy azt törvényszerűen logisztikus növekedésnek kell követnie. Ennek értelmében egyes hangok már elkezdtek kongatni a lélekharangot a szilíciumalapú tranzisztorok és persze Moore törvénye fölött olyan blakkfangos cikkcímek mögött, mint például „Moore’s Law No More” (Moore törvényével nincs tovább) [17]. Bár a szilícium-

5. ábra. Tranzisztorok méreteinek exponenciális csökkenése [16]





tranzisztorokkal kapcsolatos ilyen mértékű pesszimizmus ma még messze nem teljesen indokolt, bizonyos adatok arra engednek következtetni, hogy a nem túl távoli jövőben a Moore-féle exponenciális görbe szerinti tranzisztorméret-csökkenéséből (5. ábra) a jelenlegi körülbelül 22 nm-es szilíciumtranzisztor méretet már valószínűleg nem lehet tovább csökkenteni (egy átlagos emberi hajszál átmérője körülbelül 80 000 nm).

Ez azt jelenti, hogy a nem túl távoli jövőben a szilíciumalapú tranzisztorokat valami új összetételű anyagból állóakkal kellene helyettesíteni.

Erre a feladatra a grafént vélik alkalmasnak. Feltételezik, hogy a grafén alapján a tranzisztorok [20] méretét körülbelül egy szénatomnyi vastagságúra és körülbelül 50 szénatomnyi szélességűre csökkenthetik. Ezt annak alapján is teszik, hogy az ultraminiatúr méreteknél a grafén a szilíciumnál stabilabb viselkedést mutat. Ezen az úton a „kvantumpontszerű” [21] chip megépítéséhez remélnek eljutni, ahol az egyedi tranzisztorok mérete már tulajdonképpen nem nagyobb egy molekulánál.

Szakterület	Folyóiratcikkek száma	%
Kondenzált anyagfizika	2701	33
Multidiszciplináris anyagtudomány	2306	28
Alkalmazott fizika	1607	20
Fizikai kémia	1495	18
Nanotudomány, nanotechnológia	1433	18
Multidiszciplináris kémia	1122	14
Multidiszciplináris fizika	1057	13
Atomi, molekuláris és kémiai fizika	418	5

1. táblázat. Grafén témájú folyóiratcikkek szakterületi eloszlása

Visszatérve a szilíciumalapú tranzisztorteknológia Moore szerinti exponenciális növekedésének, illetve az azzal járó exponenciális méretcsökkenés 2010-es évek utáni tarthatatlanságához, talán nem túlzott optimizmust tükröz az a feltételezés, hogy a tranzisztorteknológia jövőbeni fejlődését a jelenleg is érvényes graféntudományi kutatás exponenciális növekedése biztosítja majd.

Ilyen értelemben az *exponenciális növekedés (szilícium) exponenciális növekedéséről (grafén)* beszélhetünk. Bármennyire szokatlanok is tűnnek ez a feltételezés, bizonyos előzmények fellelhetők a szakirodalomban. Ugyanis 2001-ben publikált dolgozatában a jövőkutató Ray Kurzweil [22] főleg más műszaki fejlődési példákkal illusztrálva feltételezett ilyenfajta növekedést, illetve fejlődést.

Interdiszciplináris széntudomány

Mint ismeretes, a fullerének felfedezői, Harold Kroto, Richard Smalley és Richard Curl vegyészek, Wolfgang Krätschmer és Donald Huffman asztrofizikusok. Sumio Iijima fizikusi alapképzettséget kapott, Andre Geim és Konstantin Novoselov is fizikusok.

Már csak ennek a szakterületi felsorolásnak az alapján is nyilvánvaló, hogy a széntudomány legújabbkori fejlődése kifejezetten az interdiszciplinaritás jegyében zajlott. A huszadik század közepére bizonyos elhanyagoltság után az interdiszciplinaritás fogalma újból teret kezdett nyerni a tudományokban és azok működ-

tetésében (science policy) egyaránt. Mindkét kontextusban az interdiszciplinaritás olyan irányzattá vált, amelyet a tudományos kutatás és intézményi rendszere reformjának a szinonimájaként kezeltek [23].

A széntudományra visszatérve például a grafénkutatás diszciplináris szerkezetének a bemutatását a Reuters–Thomson cég nagy számítógépes adatbázis által feldolgozott folyóirat-összetételének a vizsgálata lehetővé teszi.

Az 1. táblázat szemlélteti a graféncikkeket publikáló folyóiratok szakterületi beosztásán alapuló százalékos hovatartozásokat.

A kutatások multidiszciplinaritása szembevetendő, bár az eredeti felfedezők (Geim, Novoselov) fizikusi alapképzettsége következtében bizonyos mértékben eltolódik a fizika alterületei felé. Nem vitatható azonban az sem, hogy a kémia és alterületei, valamint a nanotudomány, az anyagtudomány és a nanotechnológia jelenléte is meglehetősen hangsúlyos. Mindezek együttműködése olyan átfedések által meghatározott tudáskiterjedéseket katalizált, amelyek jelentősen hozzájárultak és jelenleg is meghatározzák a széntudomány jelentős fejlődését.

Utóirat

Az utóbbi évek széntudományi előretörését, illetve a fejlődés sebességét tekintetbe véve könnyen elképzelhető, hogy a grafénkutatás exponenciális növekedését és az egy chipen elhelyezhető szilíciumalapú tranzisztorok számának exponenciális növekedését Kurzweil elképzelése szerinti exponenciális kettőződés hozza meg, a Nature-vezércikkben feltételezett „next big thing”-et (következő nagy dolgot) például graféntranzisztorok képeiben. Azonban az sem zárható ki, hogy valami teljesen váratlanul új széntudományi ismeret, felfedezés jelenik meg a tudományos kutatás horizontján.

IRODALOM

- [1] H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brian, E. R. Curl, R. E. Smalley, Nature (1985) 318, 162.
- [2] W. K. Krätschmer, L. D. Lamb, K. Fostiropoulos, D. R. Huffman, Nature (1990) 347, 354.
- [3] S. Iijima, Nature (1991) 354, 56.
- [4] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Shang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsanov, Science (2004) 306, 866.
- [5] The Kavli Prize in nanoscience, <http://op.nature.com/BhjsIQ>
- [6] Braun Tibor, Magy. Kém. Lapja (2010) 64, 371.
- [7] D. de Solla Price, Science since Babylon, Yale University Press, New Haven, London, 1975.
- [8] D. de Solla Price, Kis tudomány, nagy tudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
- [9] M. Moravcsik, Res. Policy (1975) 4, 80.
- [10] Braun Tibor, Magy. Kém. Lapja (2009) 66, 21.
- [11] L. M. A. Bettencourt, D. I. Kaiser, J. Kaur, C. Castillo-Chavez, D. E. Wojick, Scientometrics, (2008) 75, 495.
- [12] L. M. A. Bettencourt, személyes közlés
- [13] A. Plume, Res. Trends (2010) 12, 9.
- [14] Editorial, Nature Nanotechnology (2010) 5, 1.
- [15] Editorial, Nature Materials (2010) 10, 1.
- [16] <http://www.intel.com/technology/mooreslaw>
- [17] R. Rockets, <http://www.scienceagogo.com/news/moore.shtml>
- [18] http://www.cyber-aspect.com/features/feature_article~art104.htm
- [19] <http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1>
- [20] Anon. Science Daily, February 9, 2009, <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/02/09020502.htm>
- [21] Science Daily, April 18, 2008, <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/04/080417142452.htm>
- [22] Wikipedia. Kurzweil and the Law of Accelerating Returns. http://en.wikipedia.org/wiki/Law_of_accelerating_returns
- [23] P. Weingart, N. Stehr (Ed.): Practicing Interdisciplinarity, University of Toronto Press, Toronto, 1999.
- [24] A. Barth, W. Marx, arXiv.org>0808.3320, 25 August, 2008.



Paragi Gábor¹–Szolomájer János²–Batta Gyula³–Kele Zoltán²–Kupihár Zoltán²–
Pádár Petra²–Célia Fonseca Guerra⁴–F. Matthias Bickelhaupt⁴–Kovács Lajos²

¹ MTA–SZTE Szupramolekuláris és Nanoszerkezetű Anyagok Kutatócsoport, Szeged

² Szegedi Tudományegyetem Orvosi Vegytani Intézet, Szeged

³ Debreceni Egyetem Szerves Kémiai Tanszék, Debrecen

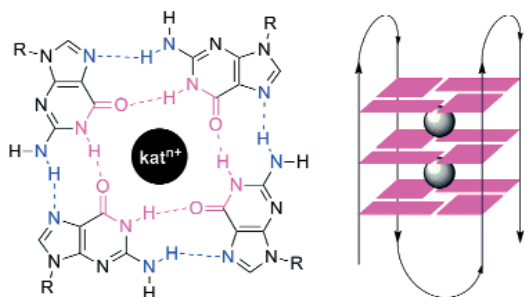
⁴ Department of Theoretical Chemistry, Free University of Amsterdam, The Netherlands

Purinszármazékokból képződő szupramolekuláris rendszerek

Az önszerveződés során molekulák és/vagy ionok meghatározott elrendeződést vesznek fel további külső behatás nélkül. Ezekben a rendszerekben a részecskéket másodlagos kölcsönhatások (hidrogénhíd, ion-molekula-kölcsönhatások, π - π tapadás stb.) tartják össze.

Az önszerveződés számos következménye a nukleinsavak szerkezetében is megfigyelhető. A DNS klasszikus kettős hélice és más ismert magasabb rendű nukleinsav-szerkezetek mind a szupramolekuláris rendszerek kialakulását mutatják önszerveződés révén.

A nukleinsav-származékok szupramolekuláris önszerveződésének egyik régóta ismert és egyre intenzívebben kutatott területe a kvadruplexek képződése [1]. Ivar Bang már 1910-ben leírta, hogy a guanilsav millimoláris koncentrációban gél képez, de a jelenség oka mintegy öt évtizedig rejtély maradt, míg 1962-ben Gellert és munkatársai röntgendiffrakciós szerkezetvizsgálatból megállapították, hogy az oligonukleotid láncokban a guanin bázisok hidrogénkötések révén kvartetteket képeznek és az egymás fölött elhelyezkedő rétegek között fémion (leggyakrabban kálium) található, amely a kialakuló kvadruplexeket stabilizálja (**1. ábra**). Ez a jelenség csupán érdekesség maradt volna, ha ki nem derül, hogy a guaninban gazdag DNS és RNS oligonukleotidok (kromoszómák telomerjei, génpromóter régiók, rekombináns



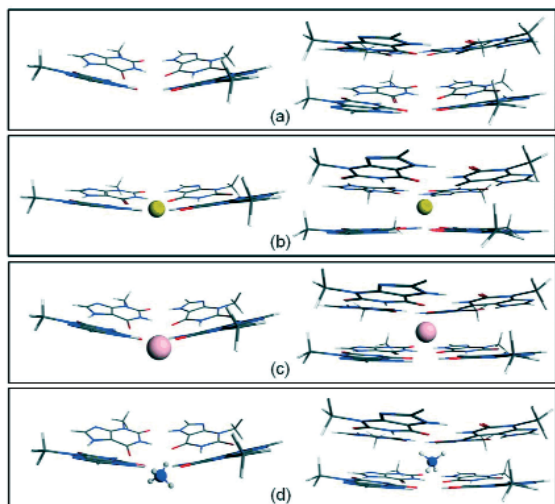
1. ábra. A guanin kvartett/tetrád és egy intramolekuláris G-kvadruplex szerkezete (kat^{n+} = kation)

RNS-szakaszok) hajlamosak G-kvadruplexeket képezni. A nukleobázisok közül egyedül a guanin rendelkezik számottevő mértékben kvartett- és kvadruplexképző képességgel, a képződő szerkezetek igen változatos topológiát mutatnak. A kvadruplexek a biológiai relevancián túl sajátos elektromos, mágneses és optikai tulajdonságokkal rendelkező új anyagok, amelyek az anyagtudomány érdeklődését is felkeltették.

Vizsgálataink egyik részében a guanin hidrogénkötési mintázatát változtattuk meg a tetrádok/kvartettek külső szférájában. A sűrűségfunktional-elmélet (DFT) felhasználásával 9-metil-húgysav (Ua), illetve protonált 9-metilxantin (Xa) esetében különböző tetrádok képződését számoltuk az ADF programcsomag segítségével. Utóbbi vegyület esetében az alacsony potenciálgátú hidrogénkötés jelenlétével kell számolnunk (low-barrier hydrogen bonding, LBHB). Az LBHB-kötések protonált izoenergetikus tautomereket jelentenek, amelyek szokatlanul erős kölcsönhatási energiával (>10 kcal/mol) rendelkeznek [2]. A fenti vegyületekből LBHB-kötés segítségével homo- és heterotetrádok $[(\text{XaH}^+)_4, (\text{XaH}^+-\text{Xa})_2, (\text{XaH}^+-\text{Ua})_2]$ képződhetnek. A semleges részecskéket $[(\text{Xa})_4, (\text{Xa}-\text{Ua})_2, (\text{Ua})_4]$ szintén vizsgáltunk és összehasonlítottuk a 9-metilguanin tetráddal, $(9\text{MG})_4$. A dimer szerkezetek biztató stabilitással rendelkeztek, de a tetrádok minden esetben kevésbé stabilak voltak, mint a $(9\text{MG})_4$ tetrád. Ez utóbbi tény a kooperatív hidrogénkötés [3] hiányával értelmezhető. A hiányzó kooperatív hatást részben kompenzálja az alacsony potenciálgátú hidrogénkötés a pozitív töltések miatt. Az új tetrádok kationokat és anionokat is meg tudnak kötni tapadó kölcsönhatások nélkül [4].

További vizsgálatainkban a 3-szubsztituált xantinok kvadruplexképző képességének vizsgálatát tűztük ki célul. Ezen vegyületekben a domináns 7H-tautomer forma protonálás nélkül is lehetővé teszi a két hidrogénkötés kialakulását, a hidrogénhíd-mintázat váltakozó donor-akceptor jelleget mutat. Feltételeztük erős kölcsönhatások és teljesen sík szerkezet kialakulását és az elméleti számítógépes vizsgálatokhoz a legegyszerűbb purin modellt, a xantinalkaloidok (koffein, teofilin, teobromin) metabolizmusából ismert 3-metilxantint (3MX) választottuk. DFT-számításaink során azt találtuk, hogy a különböző kationok hasonló stabilizáló hatást gyakoroltak a kialakult szerkezetekre, mint a guanin tetrádok esetében. A kationkötési kölcsönhatások a kétrétegű oktamer szerkezetek és a tetrád szerkezetek esetében azonosak voltak, a $\text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ \approx \text{K}^+$ sorrendben változtak. Számításaink szerint a $(3\text{MX})_4$ tetrád valamivel kevésbé stabil, mint a $(9\text{MG})_4$ tetrád (**2. ábra**).

A 3-metilxantint guanozinból készített 7-benzilxantinból szintetizáltuk alkilezéssel, majd debenzilezéssel. A 3-metilxantin nano-ESI-Q-TOF tömegspektrumában $(3\text{MX})_4 \cdot \text{kat}^+$ és $(3\text{MX})_8 \cdot \text{kat}^+$ ($\text{kat}^+ = \text{NH}_4^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$) összetételű adduktumok képződését figyeltük meg gázfázisban. DMSO- d_6 -oldatban DOSY NMR-mérések alapján a 3MX aggregátum látszólagos molekulatömege 300 K-en 920 Da volt, 1,04 ekv. kálium-pikrát hozzáadására ez



2. ábra. A 3-metilxantin (3MX) tetrádok (bal oldali oszlop) és oktádok (jobb oldali oszlop) számított szerkezete kation nélkül (a), nátrium- (b), kálium- (c) és ammóniumionnal (d)

1300 Da-ra nőtt, 315 K-en 710 Da-ra csökkent. Az NH protonok kémiai eltolódásainak hőmérsékletfüggése a hidrogénkötések szokásos tartományában volt. Jelentős mágnesezési transzfer volt megfigyelhető az N7H proton és a víz között a gyors csere miatt, míg az N1H proton esetében ez elhanyagolható volt (szelektív tranziens 1D NOESY). Ezek alapján feltételezzük, hogy a 3MX laza asszociátumokat képez, a klaszterekben a „belső” hidrogénhidak (N1H...O6) erősebbek, mint a „külső” hidrogénhidak

(N7H...O2)[5]. A 3MX szintéziséhez hasonlóan elkezdjük 3-szubsztituált xantint tartalmazó peptidnukleinsav és foszforamidit monomerek szintézisét, amelyekből a megfelelő oligomerek előállítása folyamatban van.

Megvizsgáltuk 7-metilguaninból (7MG) készíthető gyűrűs klaszterek képződését is anionokkal és nélkülük. DFT-számításaink alapján a különböző méretű gyűrűs klaszterek közül a hattagúak a legstabilabbak, a Cl^- , Br^- és NO_3^- anionok koordináló szerepe figyelemre méltó a vizsgált rendszerek planaritásában. A planáris és nem planáris rendszerek közötti energiakülönbség a méret növekedésével csökken. Az egy hidrogénkötésre jutó kölcsönhatási energia a méret növekedésével nő, ami a kooperatív hatás jelenlétére utal. A kooperativitás elsősorban töltésselkülönülésből, a σ -elektronrendszer donor-akceptor pályakölcsönhatásából és nem a π -elektronrendszer rezonanciájából származik [3]. Ugyanakkor szalagok képződését sem zárhatjuk ki. A 7-metilguanin tömegspektruma negatív módban szalagok jelenlétét valószínűsíti gázfázisban, amelyek közül egyik szerkezet sem rendelkezik kiemelt stabilitással. A 7-szubsztituált guaninok esetében szilárd-folyadék vagy szilárd-gáz határfelületen várható klaszterképződés, különösen anionok jelenlétében.

IRODALOM

- [1] T. M. Bryan, P. Baumann, Mol. Biotechnol. (2011) 49,198–208.
- [2] A. E. Engelhart, T. H. Morton, N. V. Hud, Chem. Commun. (2009), 647–649.
- [3] C. Fonseca Guerra, H. Zijlstra, G. Paragi, F. M. Bickelhaupt, Chem. Eur. J. (2011), 17, közlésre elfogadva.
- [4] G. Paragi, L. Kovács, Z. Kupihár, J. Szolomájer, B. Penke, C. Fonseca Guerra, F. M. Bickelhaupt, New J. Chem. (2011), 35, 119–126.
- [5] J. Szolomájer, G. Paragi, G. Batta, C. Fonseca Guerra, F. M. Bickelhaupt, Z. Kele, P. Pádár, Z. Kupihár, L. Kovács, New J. Chem. (2011), 35, 476–482.

KÖNYVISMERTETÉS

Méregkeverék

John Emsley: Gyilkos molekulák,

Akadémiai Kiadó, 2011.

A mérgekkel elkövetett gyilkosságok a valóságban nagyon ritkák. Az Amerikai Egyesült Államokban 1989-ben például nagyjából 19 000 szándékos emberölés közül harmincnál is kevesebb eszköze volt mérgező anyag. Legalábbis ennyiről tudnak a hatóságok...

Az ilyen bűncselekményeket körüllegző titokzatos légkör egyszerre figyelemfelkeltő és hátborzongató, ezért is vált a krimiírók egyik kedvencévé. Ugyanilyen okból az ilyen esetek tudományos ismeretterjesztésre is nagyon alkalmasak. Ezt ismerte fel John Emsley, a Londoni Egyetem korábbi oktatója, aki 1997-től a Cambridge-i Egyetem Kémiai Intézetében dolgozik tudományos szakíróként és már korábban is írt több olvasmányos és szórakoztató könyvet a hétköznapiakban megfigyelhető kémiai jelenségekről. (Ezek közül sajnos egy sem jelent meg magyarul.)

A könyv két nagy részre tagolva öt természetes eredetű és öt mesterségesen előállított vegyületet mutat be, amelyeket nevezetes bűnesetekben mérgeként használtak. A természetes vegyületek a ricin, a hioszcin, az atropin, a heroin és az adrenalin; a mesterségesek a kloroform, a szén-monoxid, a kálium-cianid, a paraquat és a polónium. A nevezetes bűnesetek közül néhány a magyar olvasó számára is ismerős lehet: Georgi Markov bolgár író 1978-as meggyilkolása vagy 2006-ban Alek-

szandr Litvinyenko kiugrott orosz titkos ügynök megmérgezése is bekeült a nemzetközi hírekbe. Hazánkban sem ismeretlen Harold Shipman neve, aki orvosként dolgozva több évtizeden át rengeteg betegét segítette át kénytelenül a másvilágra, s így Nagy-Britannia történetének legtöbb áldozatot szedő sorozatgyilkosa lett. Az esetek és a szereplők többsége (pl. Paul Agutter, Hawley Harvey Crippen, Edwin Bartlett, Cheryl Lewis, Michael Barber) azonban aligha ismerős a magyar közönség számára.

Minden fejezet a benne középpontban álló anyag részletes bemutatásával kezdődik. Az olvasó megismerheti a mérgek kémiai összetételét, biológiai szerepét s hatásának élettani hátterét. Időnként rövid történelmi vagy irodalmi hivatkozások is vannak a szövegben, például megtudhatjuk, hogy Shakespeare tragédiájában Hamlet édesapját valószínűleg hioszcinnal mérgezték meg: erről az *Archives of Otolaryngology* orvosi szaklapban tudományos cikk is megjelent. A valóban megtörtént bűneset főszereplőinek és eseményeinek bemutatása minden esetben a fejezet fontos része. A leírásból az igazságügyi szakértők munkáját is részletesen megismerhetjük, beleértve a mérgek emberi szervezetből való kimutatásának analitikai módszereit is. Végül a bírósági tárgyalások menetét és eredményét is bemutatja a szerző: megtudjuk például, hogy Adelaide Bartlettet az ellene szóló súlyos bizonyítékok ellenére sem ítélte el férje meggyilkolásáért az esküdtszék. A védelem fő érve az volt, hogy senkivel nem lehet észrevétlenül kloroformot megitatni; ez mindenféle tudományos érvnél erősebbnek bizonyult. Az olvasó akár még egy illúzióval is szegényedhet: a krimiközhellyel ellentétben a mérgek a valóságban nem számítanak női fegyvernek.

John Emsley könyve sok érdekességet tartalmazó, széles körű kutatómunkán alapuló mű. A könyv az Akadémiai Kiadó Új Polihisztor sorozatában jelent meg. Kémikusok, biológusok és krimikedvelők számára egyaránt érdekes olvasmány lehet.

Lente Gábor



Évfordulók

OTTO WALLACH, AKI RENDET TETT A TERPÉNEK KÖZÖTT. A kelet-poroszországi Königsbergben (ma Kaliningrád) 1847. március 27-én megszületik Gustav Wallach kormányhivatalnok és Ottilie Thoma ötödik, legkisebb gyermeke, Otto Wallach. A család 1853-ban Potsdamba költözik, ahol Otto 9 évesen bekerül a humán gimnáziumba. A német irodalom és a filozófia mellett érdeklődése egyre inkább a kémia felé fordul. Kísérletező kedvének családi tárgyak a szenvedő alanyai: „...egy alkalommal, miközben oxigént fejlesztettem kálium-klorátból, a család értékes ezüst teaszervírozó készletéből kölcsönvett spirituszégőre borult az összetört lombik tartalma. De nagy meglepedésemül szolgált, amikor egy zöld gyógyszeres üveget megtöltöttem a keletkezett oxigéngázzal és vasdrótot gyújtottam meg benne.” A kísérletezés és a kémiai analízis iránti vonzalma egész pályáján végigkíséri és talán ez a kulcsa a terpénkémiaiban elért sikereinek.

Az anyagi függetlenség reménye hajtja, amikor barátja javaslatára Göttingenbe utazik, hogy Friedrich Wöhlernél doktoráljon kémiaiából. Már az első szemeszter után átmege Berlinbe, azonban az a vágya, hogy Hofmann laborjában dolgozhasson, nem teljesül. Így visszatér Wöhlerhez, és 1868-ban Hübner keze alatt kezdi meg doktori munkáját, aki Kekulé benzolelméletének feltétlen híve. Wallach témája a toluol brómozása során keletkező izomerek felderítése. Sikeresen izolál egy addig ismeretlen (és erősen megkérdőjelezett) izomert. Doktori diplomával a kezében, 1869-ben elhagyja Göttingent, őszinte szándéka, hogy soha ne térjen vissza.

Hübner közbenjárása nyomán Kekulé személyes asszisztensévé fogadja Bonnban. (Közben rövid időre az „Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation” vállalatához szegődik – ez a későbbi AGFA –, de egészsége súlyosan károsodik és az 1872-es év már újra Bonnban találja.) A következő években barátságba kerül van't Hoff-fal, aki ebben az időben publikálja elméletét a szénatom tetraédes geometriájáról. A modern szerkezeti szerves kémia megismerése mély hatással van további munkásságára. Bár számos állásajánlatot kap más intézményektől, Kekulé nyomására Bonnban marad és

fokozatosan kapaszkodik fölfelé az akadémiai ranglétrán.

Harminchét éves korában, 1884-ben kezd el a terpénnel foglalkozni. (Egy anekdota szerint a főnöke irodájában illóolajmintákat tartalmazó üvegeket vett észre, amelyek már évek óta érintetlenül álltak a polcon. Wallach érdeklődött, hogy megvizsgálhatná-e az üvegek tartalmát? – Igen, ha van egyáltalán valami felfedeznivaló bennük – mosolygott Kekulé.) Néhány éven belül számos terpént izolál, jellemez, ezzel új fejezetet nyit a szerves kémiában.



Victor Meyer ajánlására Göttingenbe nevezik ki utódjául (1889). A jobb anyagi háttér hatására kutatásai újabb lendületet vesznek, és felállítja három pontból álló tudományos programját: 1. terpének széles körű jellemzése, 2. kölcsönös átalakulásaik vizsgálata, 3. szintetikus előállításuk. Ezeket ugyan nem sikerül maradéktalanul teljesítenie, de célkitűzései korát meghaladó komplex látásmódról tanúskodnak. Kortársai (Brühl, Bredt, Semmler és Wagner) versengése a terület gyors virágzásához vezet. Wallachra nem jellemző a spekulatív gondolkodás, épp ezért kollégái következtetéseit gyakran élesen bírálja, felfedezéseiket kritikusán szemléli. 1895-re, amikor Tiemannal és Semmlerrel párhuzamosan közli az α -terpenol szerkezetét, korábbi fölénye e területen már egyértelműen csökken.

Kiváló kapcsolatokat épít ki angol kutatókkal (pl. Perkinnel) és leghíresebb tanítványa is angol: Walter Norman Haworth. 1910-ben éppen egy angliai körútról hazatérőben értesül róla, hogy abban az évben a svéd akadémia neki ítélte a Nobel-díjat a terpének kutatásában elért eredményeiért. Sajnos, az I. világháború kitörése megszakítja angliai kapcsolatait, ám még nagyobb gond, hogy hallgatói nagy részét behívják és doktoranduszai közül sokan sohasem térnek vissza a frontról. Főként a háború hatására 1915-ben visszavonul a kutatástól (1931-ben bekövetkezett halála után Göttingenben helyezik örök nyugalomra). Összesen több mint 200 doktorandusz szerez nála diplomát. Neki köszönhető az első rendszerezett ismeretanyag a monoterpénekről, de nagyságát mutatja az is, hogy több szerves kémiai reakció őrzi nevét: pl. a ketonok aminná történő

Leuckhardt–Wallach-reakciója, vagy a Wallach-átrendeződés, amelynek során azoxibenzolok alakulnak át *para*-hidroxibenzolokká.

HERMANN STAUDINGER (WORMS, 1881. MÁRCIUS 23.) – A SZERVES KÉMIÁTÓL A MAKROMOLEKULÁKIG.

Staudinger a természet, elsősorban a növények és virágok szerelmese. Nem csoda, hogy a középiskola elvégzése után, 1899-ben botanikát kezd tanulni Georg Klebs mellett a hallei egyetemen. Atyai jótanácsra beiratkozik a kémiakurzusra a botanika jobb megértése érdekében, végül aztán 1903-ban kémiából szerez PhD-fokozatot Daniel Vorländer irányítása alatt. Johannes Thiele laboratóriumában folytatja posztdoktori kutatásait, ahol karbonsavak aldehidekké való átalakításának tanulmányozása során felfedezi a rendkívül reaktív difenil-ketént, ezzel elindítja a keténkémiát. Mindössze 26 éves, amikor 1907-ben professzor-asszisztensi állást nyer Karlsruhéban. Itt olyan kiemelkedő kémikusok között dolgozhat, mint Engler és Haber. Ebben az időszakban elsősorban az alifás diazovegyületek, az oxalil-klorid, valamint a diének (butadién, izoprén) reakcióit vizsgálja. Ekkor fedezi fel a foszfazéneket. Még csak 1912-t írnak, amikor Zürichbe kerül, ahol a klasszikus szerves kémiai kutatások mellett a biológiailag aktív vegyületek felé fordul érdeklődése. Leopold Ruzickával (aki 1939-ben Nobel-díjat kap) inszekticid hatású piretroidok szerkezetét határozzák meg, majd több vegyület mesterséges előállítását meg is valósítják. (Bár abban az időben az olcsó és hatékony halogénezett rovarölők váltak elterjedtté, mára ezek mindegyikét betiltották és az érdeklődés többek között újra a biológiailag lebomló piretroidok felé fordult.) Jön az I. világháború, és Staudinger olyan természetes vegyületek helyettesítőit keresi, amelyek a háború folytan hazájában nem elérhetőek. A szintetikus bors- és kávéaroma megalkotása az ő nevéhez fűződik, ezeket a háború vége felé fel is használják az élelmiszeriparban. A munka nehézségét jellemzi, hogy a tipikus kávézamat megteremtéséhez több mint 40 komponens megfelelő hígítású elegye szükséges! Ekkorra 215 publikációja jelenik meg, amelyből látható, hogy korának egyik legnagyobb (és legelismertebb) szerves kémikusa.



Mégis úgy dönt, hogy hátat fordít a kis molekuláknak és valami újnak vág neki: a makromolekulák kémiájának. Az 1920-as években fokozatosan ebbe az irányba mozdul, és 1926-ra, amikor Freiburgba kerül Wieland helyére, már szinte csak polimerekkel foglalkozik. Feltételezését, amely szerint a polimerek nagy molekulatömegű, hosszú láncokból állnak, le is közli, bár ekkor még nincs bizonyítéka elmélete alátámasztására. Ezért a lépéséért számos kollégája kritizálja, sőt, egyenesen gúnyt űz belőle. Hogy megérthessük e nagy ellenállás okát, vissza kell tekintenünk a 19. század végére. Ebben az időben csak kémiai módosított természetes polimerek ismertek, mint a gumi, a nitro-cellulóz, vagy a kámmal módosított nitro-cellulóz, a celluloid. Aztán 1907-ben megszületik a „Baekelite”, ami forradalmasítja az elektromosság használatát. Hihetetlen, de széles gyakorlati alkalmazásuk ellenére ezeknek a polimereknek a molekuláris szerkezete abban az időben még ismeretlen. Maga a polimer fogalma is (amely Berzelius-tól ered) rosszul definiált. Leginkább az



azonos összetételű, de különböző tulajdonságokkal rendelkező vegyületeket tekintik „polimereknek”. Szó sincs tehát a mai értelemben vett nagy molekulatömegű, kovalensen kötött makromolekulákról. Két példa a kor nagy kémikusai közül, akik kétségbe vonták Staudingert: Emil Fischer, aki az általa előállított polipeptidekben kovalens kapcsolódást feltételezett, mégis kételkedett a 4000 g/mol-nál nagyobb molekulák létezésében és Heinrich Otto Wieland, aki ezt írja Staudingernek: „Kedves Kolléga! Hagyjon fel az óriásmolekulák gondolatával, 5000-nél nagyobb molekulású vegyületek nem léteznek. Tisztítsa meg a termékeit, például a gumit, meglátja, hogy kristályosodni fognak, és ki fog derülni, hogy kis molekulákról van szó.” Ilyen szemszögből tehát érthető Staudinger elméletének forradalmisága és bátorsága, amellyel kitart mellette. Az 1930-as évekre a gondosan összegyűjtött bizonyítékok meggyőzik a tudományos közéletet, 1940-ben önálló polimerkémiai intézetet alapít Freiburgban, végül 1953-ban Nobel-díjat kap kutatásaiért. Összesen 644

publikációja jelenik meg ebben a témában.

Epilógus. Staudinger mindvégig tudatában volt annak, hogy a technológiai áttörések mekkora hatással lehetnek a társadalomra és az egyénre. Humanista, pacifista világnézete és bátorsága sokszor sodorta bajba. Előadásai során mindig kitért aggályaira, és megalkotta a „technológiai rabszolga” fogalmát, amellyel mennyiségiileg jellemezte a technológiák által a társadalomnak, egyénnek kölcsönzött hatalmat. Ezzel a módszerrel már 1917-ben megjósolta az I. világháború elvesztését és nyíltan kiállt a vegyi hadviselés ellen, valamint felszólította a német katonai és politikai vezetőket a békekötésre. Innentől kezdve folyamatosan megkérdőjelezték hazafiságát. Heidegger 1934-ben kezdeményezte elbocsátását, később a Gestapo íratott alá vele egy felmondólevelet, amelyen nem volt feltüntetve a dátum. Ezzel zsarolták, nehogy a rezsim ellen agítson. A sors fintora, hogy freiburgi intézetét egy szövetséges bombázás pusztította el 1944-ben, és csak a háború után sikerült újjáépíteni. Mindezen buktatók ellenére is talpon maradt, nem engedett elveiből, élete követendő példává vált az utókor számára. **Pap József Sándor**

Otthont adunk rendezvényének...

A Magyar Kémikusok Egyesülete székhelyén, impozáns, széksorosan 50 főig berendezhető termünk megbeszélés alapján, kedvező feltételek mellett rendezvények, előadások, tanfolyamok céljára felajánljuk.

- Jól megközelíthető (1015 Bp., Hattyú u. 16.) Széll Kalmán tér, Széna tér között
- Catering szolgáltatást nyújtunk
- Technikai berendezések (laptop, projektor) térítésmentes használata
- Wifi használat, nyomtatás, fénymásolás
- Regisztráció
- Kellemes környezet
- Parkolási lehetőség a Mammut mélygarázsban vagy a Csalogány u. - Erőd u. sarkán, nyitott, őrzött parkolóban

Kapcsolat: Bondár Mónika
Tel: 061 201 6883
Mob: 0620 9524899



Zechmeister László (1889–1972)

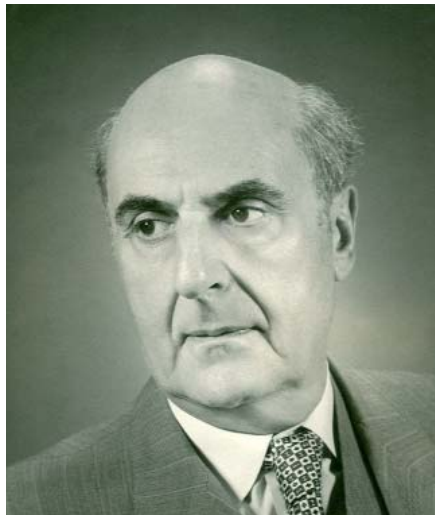
Negyven évvel ezelőtt, 1972. február 28-án hunyt el az egyik legismertebb magyar kémikus, Zechmeister László.

Zechmeister László 1889. május 14-én született Győrben, édesapja a város polgármestere volt. Középiskoláit Győrben végezte, egyetemi tanulmányait Budapesten, a Műegyetemen kezdte, majd Zürichben, az Eidgenössische Technische Hochschule-n fejezte be, ahol 1911-ben vegyészmérnöki, 1913-ban műszaki doktori oklevelet szerzett. 1912-től 1914-ig a berlini Kaiser Wilhelm Intézetben a világhírű Richard Willstätter mellett tevékenykedett, mint tanítvány és munkatárs. Az első világháború kitörésekor behívták katonának, a fronton megsebesült, majd három évet orosz hadifogságban töltött. Hazatérve a Chinoi laboratóriumának és kutatási osztályának vezetője. 1921–1923 között Niels Bjerrum mellett dolgozott Koppenhágában, mikor 1922. október 3-án a Pécsre települő Erzsébet Tudományegyetem nyilvános rendes tanára lett.

Joggal feltételezhető, hogy a pályakezdő kutatóban egész életére ható benyomást keltettek a berlini évek és Willstätter úttörő vizsgálata a növényi asszimiláció területén. Willstätter állapította meg első ízben a növényi karotin helyes összegképletét, és ezzel a karotinoidok kutatóinak kulcsot adott a kezébe a további vizsgálatokhoz. Noha Zechmeister László a pályakezdés berlini éve alatt elsősorban a cellulóz akkor még problematikus szerkezeti kérdésével foglalkozott, későbbi munkásságának ismeretében feltételezhető, hogy Willstätter alapvető kutatásai – a még szinte teljesen felderítetlen karotinkémiaiban – irányították őt később e terület alapos feltárására. Zechmeister nagyra becsülte professzorát (fényképe mindig az íróasztala felett függött), s annak munkastílusát idézve gyakran emlegette: „A lehetetlent kell kívánni, hogy a lehető maximumot nyerjük.”

Zechmeister csakhamar őszintén tisztelt tanáregyéniség, a karotinoidkutatás terén pedig világszerte ismert szaktekin-tély lett. A vezetése alatt álló intézet munkatársai több irányban folytattak kutatómunkát, de Zechmeister igazi, kedvelt munkaterületévé a karotinoidok váltak. Ragyogó szervezőképessége abban is megnyilvánult, hogy bámulatosan rövid idő alatt fejlesztette a vezetése alatt álló intézetet oktatásra és kutatásra egyaránt alkalmas-sá. Olyan munkatársakat tudott maga kö-

ré gyűjteni, akik tevékeny segítők voltak a szervező-, oktató- és kutatómunkában, és akik később szintén a tudományos élet ki-válóságaivá váltak. Ebben a környezetben



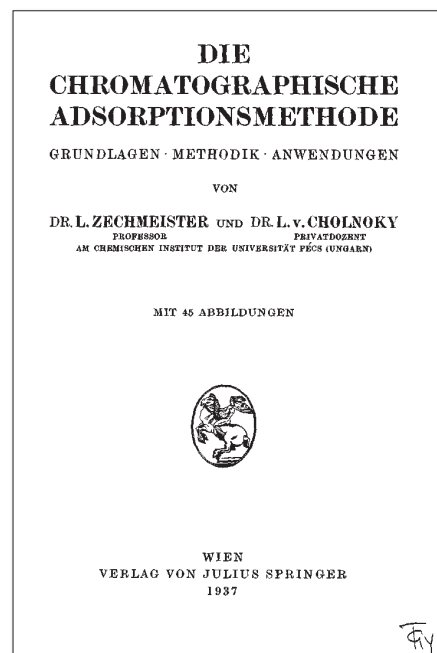
az intézet munkatársainak elhivatottságából és kémiaszeretetéből olyan ötvözet alakult ki Pécsen, amelyből maradandó eredmények születtek.

Egyetemi előadásai élményszerűek voltak, az előadó valóban korszerű szintű tudása, választékos és humorral átszőtt előadói stílusa mindig telt házat vonzott az előadóterembe. A kísérletekkel illusztrált előadásokra Zechmeister mindig nagy súlyt fektetett. Előadásainak anyagát az „Organikus chemia. Felsőbb tanulmányok támogatására” című kétkötetes tankönyvében tette közzé (1930–32). A munkáról még a szigorúan kritikus Zemplén Géza is azt írta, hogy „kitűnő pedagógiai érzékkel összeválogatott anyaga élvezetesen tárul az olvasó elé”.

A karotinoidkémia való sikeres bekapcsolódásnak előfeltétele volt, hogy a pécsi kutatók a világon elsők közt ismerték fel a kromatográfia alkalmazásának egyszerű lehetőségeit a szerves kémiában. Az 1933–1935 közötti években Zechmeister munkatársaival nagy hatású preparatív szerves kémiai elválasztó módszerre fejlesztette ezt az eljárást. A módszert oly eredményesen alkalmazták a továbbiakban, hogy 1937-ben Cholnoky Lászlóval közösen megírták nagy sikerű „Die Chromatographische Adsorptionsmethode” (Wien, Julius Springer Verlag) című könyvüket, ezt később „Principles and Practice of Chromatography” címmel a londoni Chapman és Hall könyvkiadó angol nyelven is közreadta (1943). A munka nemzetközi sikerét

az is mutatja, hogy Bécsben kétszer (1937, 1938), Londonban háromszor adták ki (1943, 1948, 1953). A művet a kémiai szakirodalom a legelső kromatográfiai kézikönyvként tartja számon. Az Akadémia – a Matematikai és Természettudományok Osztálya javaslatára – Zechmeister 1940-ben rendes tagjává választotta. A karotinoidok kutatása terén elért eredményeit Zechmeister már 1934-ben könyv formájában is megjelentette a Springer kiadónál (*Carotinoide: Ein biochemischer Bericht über pflanzliche und tierische Polyfarbenstoffe*). Ismereteink szerint ez az első, karotinoidokkal foglalkozó, összefoglaló jellegű mű.

Zechmeister László munkásságának de-lén volt kénytelen elmenekülni abból az országból és városból, amelyet annyira szeretett. A már nyilvánvalóvá vált fasiszta veszély 1940-ben emigrációba kényszerítette. Linus Pauling hívására az Egyesült Államokban, Pasadenában telepedett le és folytatta tanári és kutatói tevékenységét. Emigrációjából, bár többször járt Európában, csak kétszer látogatott haza. Először



1947-ben, másodszor 1967-ben a Pécsi Egyetem alapításának 600 éves évfordulójára rendezett ünnepségekre. Az egyetem 1971. október 15-én díszdoktorává avatta, betegsége miatt azonban már nem tudta vállalni a hosszú utat, így nem tudta személyesen átvenni az oklevelet. 1972. február 28-án hunyt el. Akaratának megfelelően hamvait a Csendes-óceánba szórták.

Deli József



Vértess Attilára emlékezve...

Vértess Attila 2011 utolsó napján tragikus hirtelenséggel távozott el a magyar és nemzetközi kémikus közösségből. Hiányát nehéz szívvel veszik tudomásul akadémikustársai, egyetemi kollégái, hazai és nemzetközi tudományos kutató partnerei, és nem különben tanítványai.

Vértess Attila tudományos pályafutása az 1960-as évek elején indult, első közleményei még a moszkvai aspirantúrárt megelőzően, 1961–62-ben jelentek meg. Olyan tudományba szeretett bele, amelyben számos Nobel-díjat osztottak ki korábban, és ennek a tudásnak a hasznosításáért igen sokat tett pályafutása során. Bár – ahogy ezt korábban mesélte – Moszkvában majdnem eltérítették erről az útról, ő makacsul ragaszkodott ahhoz, hogy a béta-sugárzás visszaszórásával foglalkozhasson. A magkémia művelése közben már ott halott a Mössbauer-spektroszkópiáról, amelynek végül egész életét szentelte. 1973-ban szerzett akadémiai doktori fokozatot, 1993-ban az MTA levelező tagjává, 1998-ban az Akadémia rendes tagjává választották. Vendégprofesszor volt számos külföldi egyetemen, közéjük tartozik a University of Newcastle, a Technischen Universität München, a Lehigh University, Bethlehem (USA), a Tokyo University és a Johannes-Gutenberg Universität, Mainz. Díszdoktora volt a Glasgow Caledonian Universitynek.

Humboldt-ösztöndíjasként dolgozott a Nobel-díjas Rudolf Mössbauer laboratóriumában, ahol megfagyasztott oldatok szerkezetét tanulmányozta folyékony hélium hőmérsékletén (ebből is nőtt ki akadémiai doktori értekezése). A sors furcsa szeisélye, hogy csak három hónappal élte túl a nála öt évvel idősebb Mössbauert. A módszeréről és főleg annak alkalmazásáról több mint 500 referált publikációt jelentetett meg, amivel a Mössbauer-spektroszkópusok körében vezetett nemzetközi rangsorban világszű volt. Részt vett kb. 280 nemzetközi konferencián. Az általa művelt legfontosabb témákhoz tartozott a vas és ötvözeteinek korróziós vizsgálata (a korró-

ziós termékek roncsolásmentes minőségi és mennyiségi analízise), továbbá a már említett oldatszerkezet-vizsgálatok mind vas-, mind ónsók oldataiban. Az utóbbi esetben nevéhez fűződik az ún. szomjas-üveg-technika kifejlesztése, aminek segítségével lefagyasztás nélkül is lehetséges Mössbauer-spektrumokat felvenni. Ezt a témát számos más komplexkémiai alkalmazással együtt a néhai Burger Kálmánnal együtt művelte. A Mössbauer-spektroszkópia mellett a pozitronannihilációs spektroszkópiai módszer meghonosításáért is sokat tett.

Több mint 10 könyvet, monográfiát írt/szerkesztett a magkémia, illetve a Mössbauer-spektroszkópia tárgykörében. Különösen büszke volt – és joggal – a Handbook of Nuclear Chemistry című hatkötetes műre, amelyet munkatársaival szerkesztett, s amelynek 2011-ben már második kiadása jelent meg óriási szakmai elismerés közepette.

Legnagyobb hazai elismerése a Széchenyi-díj volt (2001), a külföldiek közül formálisan a Hevesy Medal (Guildford, 2004), de nemzetközi tekintélyt talán még jobban érzékelteti, hogy 75. születésnapja alkalmából az Amerikai Kémiai Társaság félévénként rendezett konferenciáján külön szimpóziumot szerveztek köszöntésére és eredményei méltatására.

Vértess Attila kiváló oktató és oktatásszervező is volt. Bár a Műegyetemen végzett, egész oktatói pályája az ELTE-hez kötötte. Meghonosította a magkémia oktatását, önállóan vagy munkatársaival tankönyveket, jegyzeteket írt. Ezek közül ma is alapműnek számít a Kiss Istvánnal 1983-ban közösen megjelentetett Magkémia című tankönyv, ami 1987-ben Nuclear Chemistry címmel külföldön is napvilágot látott az Elsevier gondozásában. Ezt a művet több országban alaptankönyvként használják a magkémia oktatásában.

Nagyon jó pedagógiai érzékkel ajándékozta meg a sors, rendkívül jóindulatú és segítőkész volt hallgatóival szemben. Tudását sosem fitogtatta, ha egy kérdésre nem tudott válaszolni, azt nem takargatta, szívesen tanult nála sokkal fiatalabaktól is. Ha valamiben vitatkozni kellett vele, első reakciója mindig az elgondolkodás volt, annak a számbavétele, hogy talán a másinak van igaza. Teljesen hiányzott belőle a professzori gög, minden rendű és rangú munkatársát egyformán emberként kezelte. Hallatlan tekintélye volt, és ez a

tekintély nem hivatali tekintély volt, hanem szakmai, emberi nagyságából eredt, nem követelte meg magának, mégis mindenki így viszonyult hozzá.

Talán ennek is volt köszönhető, hogy az ELTE TTK Fizikai-Kémiai Tanszékén különösebb akadályok nélkül alakított ki először Magkémiai Laboratóriumot, majd ez később önálló tanszékké nőtte ki magát.

Tanszéki munkatársainak a szakmai fejlődésére odafigyelt. Ösztöndíjakat, pályázatokat, nemzetközi együttműködéseket szerzett/szervezett, hogy csoportja tagjai fejlődhessenek. Több munkatársa így kapott lehetőséget arra, hogy kutathasson, oktathasson például a Lehigh Egyetemen (Bethlehem, PA, USA), a Drexel Egyetemen (Philadelphia, PA, USA), vagy a mainzi Johannes Gutenberg Egyetemen. A tehetségeket kereste a Bolyai Kutatási Ösztöndíj szakollégiumának elnökeként is.

Ugyanezt a célt szolgálta, hogy az MTA Kémiai Osztály Radiokémiai Bizottsága elnökeként az Őszi Radiokémiai Napok évente megrendezett szakmai konferencián szponzorokat szerezve elindította a Hevesy Ifjúsági Előadói Nívódíjért folyó versengést.

Nem feledkezett meg arról sem, hogy munkatársait adott alkalommal kitüntetésekre felterjessze. Tette ezt egészen a legutóbbi időig, amikor neki már abból semmilyen előnye nem származhatott, az ő szakmai reputációját az már tovább nem emelte, így az egyetlen motiváló tényező az ő embersége volt.

Mindezekből látszik, hogy a tudomány művelése mellett nemcsak oktatott, nevelt is. Saját példájával nevelt.

Figyelme túlterjedt a nukleáris szakmán, foglalkoztatták a felsőoktatás általános kérdései. Nyugtalanította, ha egy lehetséges tanítványa, kollégája végleg külföldre szakadt. Ezzel kapcsolatban cikkeket írt, ötletet adott az egész ország jövője érdekében. Harcolt azért is, hogy a magyar tudomány presztízse növekedjék a világban. Jó kapcsolatokat ápol Teller Edével. Nagyon sokat tett a Nobel-díjas Hevesy György, a radioizotópos nyomjelzés kidolgozója emlékének ápolásáért.

Nyugdíjba vonulása után is fáradhatatlanul dolgozott tovább. Professor emeritus volt, és erre a címre minden cselekedetével, tetteivel messzemenően rászolgált. Hallálával egy emblematisz személyiséget vesztettünk el. Példája szolgáljon mintául az őt követő kutató- és oktatógenerációknak!

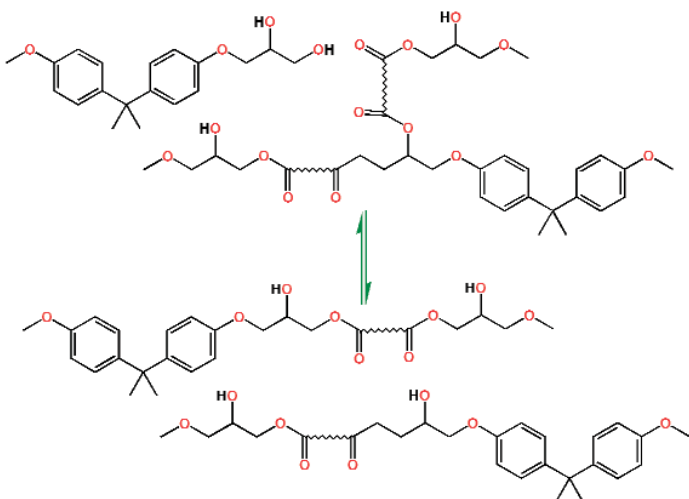
Homonnay Zoltán



Üvegszerű műanyag

A közelmúltban olyan új műanyagot sikerült előállítani, amely a hőre keményedő műanyagok (pl. bakelit) kedvező mechanikai tulajdonságait mutatja, de hő hatására meg is munkálható. A gyakorlati élet számára nagyon hasznos tulajdonságok mögött természetesen a molekulaszervezet áll: azonos számú észter- és alkoholos csoport található benne. Így melegítés hatására átésztereződési reakciók sorozatával újfajta térhálós szerkezet jöhet létre, amely aztán lehűléskor ismét stabilizálja az alakot. A kötések száma ilyenkor nem változik, csak az elrendeződésük. Ugyanezen az elven az anyagban keletkező repedések vagy kisebb törések is megszüntethetők pusztán melegítéssel.

Science 334, 965. (2011)



Koffeintúltengés a presszókávéban

A koffein szinte az egész emberiség mindennapos életkísérője, leggyakrabban kávé formájában elfogyasztva. Habár egészséges emberek számára még egészen nagy mennyiségben sincsen mérgező hatása, terhes nők számára az egészségügyi hatások nem javasolják napi 200 milligrammot meghaladó mennyiség fogyasztását. Egy brit kutatócsoport a kereskedelmi forgalomban kapható



presszókávék koffeintartalmát analizálta HPLC-s módszerrel közegészségügyi célból. Húszt különböző kávézóban vásároltak elvitelre presszókávékat. Ezek térfogata 23 és 70 cm³ között változott, teljes koffeintartalma pedig 51 és 322 mg között. A térfogat gyakorlatilag nem korrelált a koffeintartalommal, és négy minta egyetlen adagja is több koffeint tartalmazott, mint a terhes nők számára javasolt napi maximális 200 mg. A csúcstartó egy Patisserie Françoise nevű kávézó volt, a legkevesebb koffeint pedig a Starbucks presszókávéja tartalmazta.

Food Funct. 3, 30. (2012)



CENTENÁRIUM

Frederic T. Trouton: Osmotic and Liquid Membranes
Nature, Vol. 89, pp. 32–33
(1912. március)

Frederick Thomas Trouton (1863–1922) író fizikus volt. Tanulmányait Dublinban végezte, 1902-től pedig Londonban tanított. A róla elnevezett Trouton-szabályt még egyetemi hallgatóként fedezte fel, egy táblázat tanulmányozásával eltöltött délután eredményeként.



TÚL A KÉMIÁN

Airport 2012

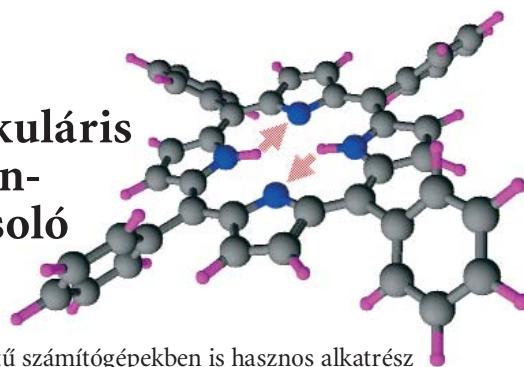
A részecskefizika és az asztrofizika gyakran használja a Markov-láncos optimalizálás nevű eljárást.

Néhány éve Jason Steffen részecskefizikus ismerte fel, hogy ugyanazzal a módszerrel repülőgépek utasbeszállítását is gyorsítani lehetne. Az elméletet még 2008-ban publikálta, majd jó természettudóshoz méltóan kísérletileg is tesztelte az eljárást. Egy tévéprogram részeként egy hollywoodi stúdióban 72 önkéntes résztvevő öt különböző módon szállt be egy Boeing-757-es repülőgép belsejét pontosan utánpótló székbe. Egyértelműen Steffen módszere bizonyult a leggyorsabbnak: időigénye a légitársaságok által ma használt eljárásokénak mindössze a fele volt. A kísérletek további meglepő tanulsága, hogy még a teljesen véletlenszerű beszállási sorrend időigénye is lényegesen kedvezőbb volt, mint a szokásos algoritmusoké.

J. Air Transp. Manag. 14, 146 (2008)

J. Air Transp. Manag. 18, 64 (2012)

Molekuláris protonkapcsoló



Nanoméretű számítógépekben is hasznos alkatrész lehet az a molekuláris kapcsoló, amelyet német tudósok fejlesztettek ki a közelmúltban. Az eljárás kulcsa két labilis proton, amely egy tetrafenil-porfirin közepén helyezkedik el. Szobahőmérsékleten a protonok könnyen mozognak a két lehetséges konfiguráció között, de 6 K-en már gyakorlatilag befagynak a két pozíció egyikébe, így a szerves molekula elektromos vezetése irányfüggő lesz. Ha ezüstfelületre adszorbeáltatják a molekulát, egy alagúteffektus-mikroszkóp érzékelőhegyével könnyen elő lehet idézni a két konfiguráció közötti váltást. Megfelelő körülmények között az egyik proton el is távolítható, így még több lehetőség adódik az irányfüggés felhasználására.

Nature Nanotechnol. 7, 41. (2012)



A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az *Azotobacter vinelandii* baktériumfajból kinyerhető, a címlapon is látható nitrogénáz enzim (kb. $C_{10375}H_{21156}Ca_2Fe_{46}Mg_2Mo_2N_{2742}O_{5614}S_{172}$) több meglepetést is okozott már a tudósoknak. 2002-ben azonosítottak a FeMo-kofaktorban egy N-atomot, amelyről a közel-múltban sikerült kimutatni, hogy valójában nem is nitrogén-, hanem szénatom.

Science 334, 940. (2011), *Science* 334, 974. (2011)

APRÓSÁG

A tudománytörténet első, Földön kívülről beküldött szakcikke az EPL (Europhysics Letters) c. lapban jelent meg 2011-ben.

EPL, 96 (2011) 55001
doi: 10.1209/0295-5075/96/55001

Direct measurement of the speed of sound in a complex plasma under microgravity conditions

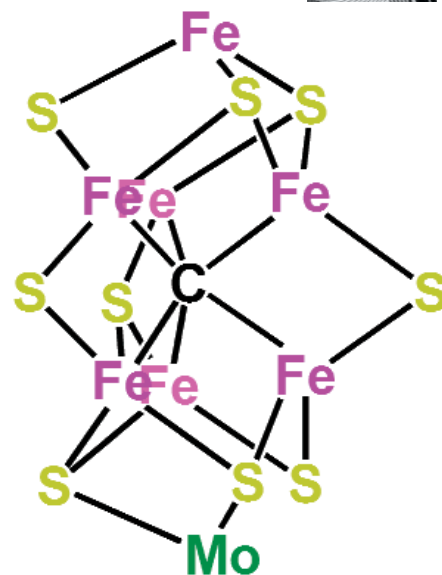
M. SCHWABE¹, K. JIANG¹, S. ZHDANOV¹, T. HAGL¹, P. HUBER¹, A. V. IVLEV¹, A. M. LIPAÉV², V. I. MOLOTKOV², V. N. NAUMKIN², K. R. SÜTTERLIN¹, H. M. THOMAS¹, V. E. FORTOV², G. E. MORFILL¹, A. SKVORTSOV³ and S. VOLKOV^{3,4}

¹ Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics - Garching, Germany

² Joint Institute for High Temperatures - Moscow, Russia

³ Yu. Gagarin Cosmonaut Training Center - Star City, Russia

⁴ International Space Station^(a)

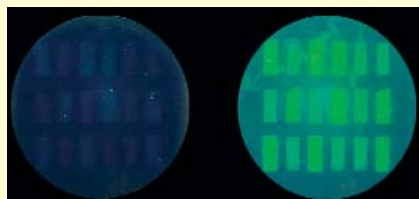


Bombahatástalanító növények

A 2,4,6-trinitrotoluol (TNT) a leggyakrabban használt robbanóanyagok egyike. Ennek megfelelően a környezetbe is gyakran kerül szennyezésként, ahol aztán nehezen bomlik le, mérgező és mutációkat elősegítő hatása van. Puerto Ricón dolgozó szakemberek a közelmúltban kimutatták, hogy a TNT-szennyezés növények segítségével jól kezelhető. Eredményeik szerint három, a karib-tengeri szigeteken honos növényfaj, a *Rubia tinctorum* (festőbuzér), a *Lippia dulcis* (azték édesfű) és a *Spermacoce remota* igen hatékonyan távolítja el a robbanóanyag vízben oldott nyomaint mindössze 48 óra alatt. A hatás biokémiai mechanizmusából egyelőre csak annyit sikerült felderíteni, hogy a növény a gyökerén keresztül veszi fel a TNT-t.

J. Environ. Monit. 14, 30. (2012)

A láthatatlan tinta esete a vízzel



Kínai tudósok dokumentumok eredetiségének bizonyítására alkalmas új eljárást dolgoztak ki. Az eljárás lényege a speciális papír, amelyben keverékpólimerbe ágyazott, vas(III)-oxid nanorészecskéket tartalmazó szilikakolloid van. Erre egy megfelelő alakra vágott, fényt át nem eresztő negatív, valamint UV-fény segítségével vihető fel a kívánt mintázat, amelyet lúgos kezeléssel lehet állandósítani. A kiszáradt papíron az így felvitt kép láthatatlan, nedvesség hatására viszont megjelenik. Az eljárás nagy előnye, hogy a ciklus többször ismételtető, vagyis egy egyszer már megjelenített kép kiszáritással újra eltüntethető.

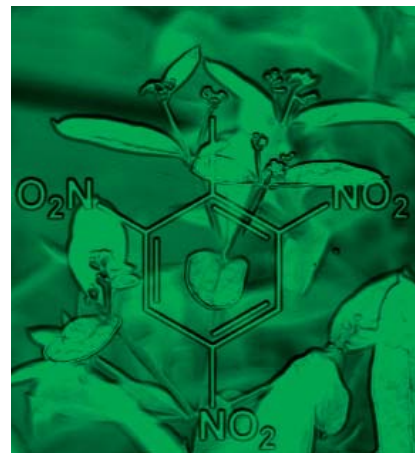
J. Mater. Chem. 22, 367. (2012)

Feltámadó oszcilláció

Egy japán középiskola diákjai érdekes felfedezést tettek: a zárt rendszerű Beluszov–Zsabetinszkij-reakció egy változatában a kezdetben nagyjából tizenkét órán át tartó, a vége felé kb. 0,001 Hz frekvenciájú, majd megszűnő oszcillációk öt óra után 0,01 Hz frekvenciával újraindulnak. A rendszerben jelen lévő komponensek a malonsav, a bromátion, a ferroin és a ferriin, a közeg kénsavas. Az oszcillációt a redoxiindikátorként használt piros színű ferroin és kék színű ferriin egymásba való alakulása jelzi. A jelenség csak egy viszonylag szűk koncentrációtartományban figyelhető meg, de ettől még elvi szempontból nagyon fontos. Először is a nagyon alapos kísérleti munka elvégzésének szükségességére

hívja fel ismét a figyelmet, másrészt az értelmezéshez újra kell gondolni a Beluszov–Zsabetinszkij-reakció eddig alkotott kinetikai modelljeit.

J. Phys. Chem. A 115, 14137. (2011)



Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lente@dragon.klte.hu.

Beköszöntött a tömegspektrometria új világa:

A **Thermo Scientific** két **új** műszere
a kismolekulák analízisétől a proteomikáig
mindennapivá teszi a NAGYFELBONTÁSÚ HPLC/MSⁿ-t!

Q-EXACTIVE



Asztali FT- Q-OT MS

Fourier transzformációs kvadrupól
– orbitrap analizátorú hibrid – tandem MSⁿ

140 000 (@ m/z = 200; 1,5 Hz)

jobb, mint 1 ppm

Ultranagy-nyomású HPLC

és „normál” analitikai HPLC időskálán is

~ 5 nagyságrendben

lineáris

- felbontásban
→ pontos tömeg-
mérésben
- elemösszetétel-
meghatározásban
- érzékenységben
- gyorsaságban

egyszerővel:

- megbízhatóságban

LIT-ORBITRAP ELITE



FT- LIT-OT MS

Fourier transzformációs duál lineáris ion-
csapdás – orbitrap analizátorú hibrid
– tandem MSⁿ

240 000 (@m/z= 400; 1Hz)

jobb, mint 1 ppm

Ultranagy-nyomású HPLC és „normál”

analitikai HPLC időskálán is

~ 6 nagyságrendben

lineáris

Mindezt egyszerre!

ÚJ, EDDIG NEM HASZNÁLT PÁSZTÁZÁSI MÓD KOMBINÁCIÓK!

Könnyű, egyszerű, rutinjellegű működtetés.

Gazdag ionforrás (ESI, nanoESI, APCI, APPI) és szoftver/célszoftver-választék.

A jövő megérkezett! Legyen az Öné is!

A fenti rendszerek kizárólagos magyarországi forgalmazója:

LABOREXPORT Kft.



TUDOMÁNYOS ÉLET

XXXIV. Kémiai Előadói Napok

Szeged, 2011. november 2–4.

Az MKE Csongrád Megyei Csoportja Szegeden rendezte meg hagyományos, országos részvételű nagyrendezvényét, a XXXIV. Kémiai Előadói Napok-at. A konferenciának az idei esztendőben is a Szegedi Akadémiai Bizottság Székháza adott otthont. A sokéves hagyomány szerint a Kémiai Előadói Napok szimpózium a kémia különböző területein született új kutatási eredmények, fejlesztések, illetve gyakorlati alkalmazások bemutatására teremt a fiatal szakemberek, PhD-hallgatók számára fórumot. Örömteli tény, hogy az elmúlt évekhez hasonlóan az idei évben is nagy érdeklődés mellett zajlottak a három nap eseményei, amit híven tükröz a bemutatott előadások száma (76), illetve a szekciók hallgatóságának létszáma. A szimpózium *Simonné Dr. Sarkadi Livia* egyetemi docens, az MKE elnökének, és *Hannus István* egyetemi tanár, az MKE Csongrád Megyei Csoport elnökének ünnepélyes megnyitójával indult. Ezt követően *Wölfling János* tanszékvezető egyetemi docens, az MKE Műszaki–Tudományos Bizottságának tagja nívódíjakat adott át a 2011. évben kiemelkedő diplomamunkájukért jutalmazott fiatal kutatóknak. Ez alkalommal a következő diplomadolgozatok készítői részesültek az MKE által odaítélt kitüntetésben:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)

FALUS PÉTER: Királis savamidok előállítási lehetőségeinek vizsgálata kemo-enzimatisz kaszkádszisztémákban, *KISS NÓRA ZSUZSA*: Foszfinsavak direkt észterezése – egy új és környezetbarát megközelítés, *SZILVÁSI TIBOR*: Szililének inzertációs reakciói

Debreceni Egyetem (DE)

GYÓRI ENIKŐ: Mesterséges csontpótlásra szolgáló, aerogél-alapú anyagok előállítása és vizsgálata, *HADHÁZI ÁDÁM*: *p*-Toluol-szulfonamid-trifluorometánszulfonsav reagenskombináció vizsgálata benzil típusú védőcsoportok szelektív eltávolítására szénhidrátokon

Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE)

BARANYAI ZSUZSA: *Mycobacterium tuberculosis* tenyésztésének növekedését gátló vegyületek szintézise és funkcionális jellemzése, *NAGY PÉTER*: Novel perturbation and orthogonalization methods applied in Quantum Chemistry

Pannon Egyetem (PE)

DANICS NÓRA, *LUKÁCS BALÁZS*, *NAGY SÁNDOR*, *ÓSZER ANDRÁS*, *SZABÓ LAURA*: Nehéz vákuumgázolaj katalitikus krakolása, *SOMOGYI KATALIN*: Az L-fenilalanin fotokatalitikus bomlásának vizsgálata, *SZÁNTI-PINTÉR ESZTER*: Szeránvázas alkinek réz-katalizált cikloaddíciójának vizsgálata ferrocéntartalmú azidokkal

Semmelweis Egyetem (SE)

MAROSI ATTILA: Hisztamin-antagonisták vizsgálata NMR-spektroszkópiával

Szegedi Tudományegyetem (SZTE)

DANCS ÁGNES: A humán ZnT3 cink-transzporter fehérje egyik fémkötő szekvenciájának vizsgálata, *LÁSZLÓ BALÁZS*: Tenzidek micellaképződésének és ciklodextrinnekkel történő zárványkomplex képződésének vizsgálata

A díjátadás után a 2011-ben Bolyai-díjjal kitüntetett *Perczel András* akadémikus, az Eötvös Loránd Tudományegyetem tanácskezelő egyetemi tanára, „Letális fehérjekonformációk, a feltekercsedés zsákutcája, avagy a fehérjék veszélyes második élete” címmel tartott izgalmas előadást, amelynek során számos területet érintve kaphattunk betekintést a fehérjék szerkezetkutatásának összetettségébe és szépségébe.

A konferencia első napjának délutánján először a nívódíjas fiatal szakemberek kaptak lehetőséget díjnyertes munkáik rövid bemutatására. A díjazottak nagy többsége (10-en) élni is kívánt ezzel a lehetőséggel, így a munkák bemutatása két, igen színvonalas szekció keretein belül zajlott. A szekciók elnökei *Hannus István (SZTE)* és *Janáky Tamás (SZTE)* professzorok voltak. Ezen szekciókat követően a sok bejelentett előadás miatt megkezdődött a tematikus szekciókat a Fizikai Kémia I. szekció 7 előadásával.

Az aktív munka levezetése érdekében és az informális beszélgetések segítése végett a szimpózium első napjának estjén a szervezők kellemes hangulatú fogadást adtak a konferencia résztvevőinek.

Az előadók nagy létszáma miatt a konferencia háromnapos volt. A további szakmai munka tematikus bontásban, az alábbi 11 szekció keretein belül folytatódott, melyek elnöki tisztét az egyes tudományterületek elismert szegedi szakemberei látták el: Anyagtudomány, Elméleti és számítógépes kémia, Fizikai kémia I., Fizikai kémia II., Katalízis, Környezeti kémia, technológia, Oldatszerkezet, komplex kémia, Szerves kémia I., Szerves kémia II., Szerves kémia III., Szerves kémia IV.

Ahogy a szekciók címei is elárulják, igen változatos témájú munkák eredményeivel ismerkedhettek meg az érdeklődők. A legnagyobb érdeklődést talán az igen nagy létszámú szerves kémiai szekciók váltották ki, melyek során a változatos szintetikus munkák, illetve enantioszelektív szintézismódszerek megismerése mellett találkozhattunk a szerves kémiai reakciók modern, környezetbarát megvalósítási lehetőségeivel is. E gondolatmenet mentén haladtak tovább a katalízissel, illetve a környezetvédelemmel foglalkozó munkák is, sőt, számos elméleti kémiai témájú előadás is bemutatta, hogyan lehet a számítási kémiát a gyakorlat szolgálatába állítani, gazdaságos és környezetbarát technológiák tervezésével és modellezésével.

Bár az elhangzó nagyszámú előadás miatt a program kissé feszített volt, ez nem gátolta meg, hogy aktív és egészséges vita alakuljon ki a résztvevők és a szakértő hallgatóság között az egyes előadások után, illetve a szekciók szüneteiben.

A konferencia reprezentatív, 222 oldalas kiadványa 100 példányban készült és tartalmazza az előadások részletes, az esetek többségében többoldalas összefoglalóit. A kiadvány, valamint a konferenciával kapcsolatos egyéb információk továbbra is hozzáférhetők az MKE Csongrád Megyei Csoportja honlapján (<http://www.staff.u-szeged.hu/~mkecsmc/ken.htm>).

A konferencia előadói elsősorban a legjelentősebb hazai felsőoktatási intézményekből érkeztek (BME, SZTE, ELTE, DE, PE, PTE, ME, SE, BCE), de a Bay-Bio kutatóintézet, és vegyipari vállalatok (Richter Gedeon Nyrt., Egis Nyrt., Bunge Zrt.) is képviselték magukat.

Mindenképpen szót kell ejtenünk a konferencia támogatóiról, akik segítségükkel 2011-ben is jelentős mértékben hozzájárultak a rendezvény színvonalas lebonyolításához. Ezúton is szeretnénk megköszönni a Szegedi Akadémiai Bizottság, valamint a Magyar Kémikusok Egyesülete központi szervezetének támogatását. Támogatásukra a következő években is számíthatunk.

Endrődi Balázs



Hungarocoat–Hungarocorr, 2011 A festékipari szakemberek kiemelkedő fóruma

2011. november 30-án zárult a VII. Festékipari és Korrozóvédelmi Kiállítás és Konferencia. A hazai festékipar hagyományos rendezvényét 1993 óta visszatérően, minden második évben az év végén rendezzük, immár negyedik alkalommal, a korrozóvédelemmel foglalkozó szakemberekkel közösen.

Az ELTE lágymányosi épületében szervezett eseményen közel száz cég képviselője mutatkozott be.

A modern festékipar különleges szektora a vegyiparnak, de általában az iparágak között is kitüntetett helyet foglal el. A fejlesztések egyértelműen arra irányulnak, hogy az új termékek minél kevésbé szennyezzék a környezetet. Ezek az erőfeszítések a vegyipar „zöldítését”, az ágazat társadalmi elfogadottságát is erősítik. Egy ország fejlettségét az egy főre eső festékfelhasználással is szokás jellemezni. A fejlettebb Európában ez a szám évente és fejenként 16–20 kg. Magyarországon és a környező országokban azonban mindössze 10–13 kg az egy lakosra jutó „festékfogyasztás”.

A program házigazdája a Magyar Kémikusok Egyesülete, társrendezője a Festékipari Kutató Kft. és a HUNKOR Magyar Korrozó Szövetség volt.

Mit kínált a kiállítás? Nem titkoltan kereskedelmi célú bemutatkozási, kapcsolatépítési lehetőséget. A két nap alatt a mintegy 300–400 látogató a Hungarocoat–Hungarocorr kiállítási részen a festékipari alapanyagok és félkész termékek, a gyártóberendezések és gépek, a mérő- és vizsgálókészülékek, a környezetvédelem és az ipari biztonságtechnika, a tűzi horganyozás és a galvanizálás, illetve a fejlesztéssel, szakértéssel és minőség-ellenőrzéssel foglalkozó szolgáltatások kínálatát tekinthette meg.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem lágymányosi ultramodern épületének aulájában megrendezett kiállítással egy légtérben folytak a szakmai konferencia előadásai. Simonné Sarkadi Livia elnök asszony megnyitó beszédét és Bognár Jánosnak, a rendezvényszervező bizottság nevében elhangzott köszöntőjét követően huszonöt percenként, változatos tematikával közel húsz előadás hangzott el.

Az előadások témája öt csoportba volt sorolható: a festékek formulázási kérdései, köztük új típusú gyanták, adalékok, pigmentek bemutatása; vizsgálatok, új vizsgálati módszerek értékelése; alkalmazástechnikai, bevonástechnológiai eljárások bemutatása; felület-előkészítés, felületkezelés, korszerű korrozóvédelem; a környezetvédelem tervezett, illetve bevezetésre kerülő legújabb hazai és európai jogszabályi előírásai.

A konferencián a látogatók díjmentesen vehettek részt a programokon. A konferencia és a kiállítás rendezési költségét a szervezők teljes egészében a kiállító cégek, a kereskedelmi és állami szponzorok befizetéséből, illetve támogatásából fedezték.

Kiemelkedő hangsúlyt adott az idei festékes fórumnak, hogy a Kémia Nemzetközi Éve alkalmából a Magyar Kémikusok Egyesülete a Hungarocoat–Hungarocorr kiállítás helyszínén sajtótájékoztató keretében számolt be az év legrangosabb kémiai tárgyú eseményeiről, a nemzetközi vonatkozású rendezvényekről.

A Hungarocoat–Hungarocorr kiállításon és a kapcsolódó konferencián való részvétel hatékony lehetőséget kínált változatos műszaki kérdések, problémák tisztázására.

A rendezvény teljes programjával megismerkedhet, ha megnyitja a www.hungarocoat.hu web-lapot.

Bognár János

a Szervezőbizottság elnöke

11th International Symposium on Applied Bioinorganic Chemistry

Barcelona, 2011. december 2–5.

Az alkalmazott bioszervetlen kémia egyik legrangosabb nemzetközi rendezvényét tavaly a spanyolországi Barcelonában rendezték meg. Magyarországról az MTA Kémiai Kutatóközpontból, a szegedi és veszprémi egyetemről is érkeztek résztvevők. A Debreceni Egyetem Bioszervetlen Kémiai Kutatócsoportját hatan képviseltük. A konferencián az alábbi hat fő témakörben hangzottak el előadások, illetve kerültek bemutatásra poszterek: Fémion alapú gyógyszerek (diagnosztika és terápia); Metalloenzimek: modellvegyületeik és alkalmazásai; Fémionok a környezetben; Fémionok szerepe a neurodegeneratív betegségekben; Fémionokhoz köthető anyagcsere-betegségek; Fémiontartalmú bioanyagok.

A tudományterület vezető kutatóitól 7 plenáris, 11 kiemelt és 32 szekcióelőadás hangzott el. A poszterszekcióban 155 posztert tekinthettek meg az érdeklődők, amelyeken a bioszervetlen kémia különböző területeinek legújabb eredményeit mutatták be a közel 30 országból érkezett kutatók. Saját oldategyensúlyi és SOD-aktivitásmérésekkel kapcsolatos eredményeinket S. Timári, K. Várnagy: *Copper(II) Complexes as Models of the Active Centre of the Cu,Zn-SOD Enzyme* címmel mutattuk be. Társszerzőként szerepeltem egy másik poszteren is, amely a K. Várnagy, S. Timári, G. Csire, N. Lihi: *Coordination and Redox Properties of Copper(II) and Iron(II/III) Complexes of Bis(imidazol-2-yl) Ligands* címet viselte.

A konferencia kiváló lehetőséget teremtett a legújabb eredmények megismerésére és személyes konzultációkra a különböző kutatócsoportokban dolgozó kollégákkal. A poszterszekció során legtöbbször a SOD-aktivitásmérésekkel kapcsolatban tettek fel kérdéseket, és érdekesnek találták, hogy több oldalról (mind redoxi szempontból, mind aktivitás szempontjából) is vizsgáltuk a modellkomplexeinket. A beszélgetések alatt hasznos tanácsokkal lettem gazdagabb, illetve segítséget kaptam munkám folytatásához is. Ezúton szeretném megköszönni az MKE támogatását, mellyel nagyban segítette szakmai fejlődésemet.

Timári Sarolta

predoktori ösztöndíjas hallgató,
DE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

HÍREK AZ IPARBÓL

Richter a kémiában, kémia a Richterben



RICHTER GEDEON
110 éves

A Richter Gedeon Nyrt. megalapításának 110 éves évfordulóját és a Kémia Nemzetközi Évét összekötő ünnepi rendezvényt 2011. november 21-én a Magyar Tudományos Akadémián tartottuk.

A program alap gondolata az MKE Richter Területi Szervezet vezetőségi ülésén fogalmazódott meg először, még 2011 tavaszán. Olyan nivós szakmai programot kívántunk szervezni, melyben megjelenítjük a Richtert a kémiában, és a kémiát a Richterben, mindazt a meghatározó kémiai tudást, ami az elmúlt 110 évben a Társaságot előre vitte. A kezdeményezés Bogsch Erik, a Társaság vezérigazgatójának támogatásával az MTA Nagytermében va-



lósulhatott meg. Az ünnepi előadóiülésen Pálkás József, az MTA elnöke mondott köszöntőt. A rendezvényen közel 200 fő vett részt, kétharmad részben richtereselek, köztük sok fiatal kolléga; vendégeink pedig az egyetemi, akadémiai szféra és a hazai gyógyszergyárak neves kémikusai voltak.

Az előadóiülés tematikája áttekintést kívánt nyújtani alapvető jelentőségű kémiai korszakokról, sikeres fejlesztésekről, a múltból a jelen és jövő felé mutató ívet követve. Egy ilyen ünnepi rendezvény alapjául természetesen olyan eredmények, sikeres termékek kell, hogy szolgáljanak, amelyek a Richter 110 éves töretlen fejlődését megalapozták. Minden túlzás nélkül mondható, hogy ezen sikeres kutatási-fejlesztési eredményekben döntő szerepet játszott az a speciális kémiai tudás, tapasztalat és hagyomány, mely már a Társaság megalapításának kezdetétől fogva mindig az innovációt tartotta fókuszában. Gondoljuk csak például a Kalmopyrinre, a Mydetonra, a Depersolonra, az Arduánra, a Cavin-



Ünnep az Akadémián

tonra és a Curiosinra, mint sikeres eredeti készítményekre. Említhetnénk a Richter speciális szteroidkémiai tudását, a reprogenerikus korszak innovációdíjas termékeit, világszínvonalú gyógyszer-analitikai szakértelmünket. A 110 éves sikeres innováció folytatásaként bizakodva várjuk új eredeti gyógyszervegyületünk, a Cariprazin gyógyászati bevezetését, és a közeljövő meghatározó üzletágának, a biotechnológiának az előretörését. Az előadók olyan személyiségek voltak, akik életpályája és munkássága elválaszthatatlanul összekapcsolódik a szintetikus kémiai és analitikai eredményekkel, az eredeti és generikus készítmények kifejlesztésével.

Pálkás József köszöntőbeszédében méltatta a Richter 110 éves múltját, az elért eredményeket, sikereket. Külön kiemelte és megköszönte a Társaságnak a tudományok, az oktatás és az akadémia támogatása iránti elkötelezettségét és felelősségvállalását. Azt a kiváló, szoros és közvetlen együttműködést, amely a Magyar Tudományos Akadémia és a Richter Gedeon Nyrt. között létezik.

Bogsch Erik vezérigazgató „Richter 110 év: központban a kémia” című előadásában a kezdetektől napjainkig átfogta a Társaság meghatározó korszakait, az egyes korszakok fejlődését, a nehézségektől a kitörési pontokig, a kémiai eredményekre és sikeres termékekre helyezve a hangsúlyt. Méltatta az alapító Richter Gedeon szellemiségét, az általa képviselt értékrendet: a humánus segíteniakarást, gyógyítást; a stratégiai hosszú távú gondolkodást; az új termékek előállítására irányuló innovatív gondolkodást; a nemzetközi jelenlétet biztosító piachálózat kialakí-

tását; a működési hatékonyságot biztosító takarékoskosságot. Előadása kitűnő alapot szolgáltatott a nap során elhangzó többi előadás kibontásához.

Lőw Miklós a Richter korai fito-, organo- és szintetikus kémiai korszakát mutatta be. Az állati szervekből izolált egyik első termék az adrenalintartalmú Tonogen Suprarenale – Richter (1902), valamint az öszttrontartalmú Tabl. Ovarii (1903). Jelentős szerepet játszottak a növényi részekből izolált hatóanyagot tartalmazó termékek, pl. Adigan (1913), Isolanid (1951) – lanatosid C, Carditoxin (1955) – digitoxin; továbbá a sikeres alkaloidkémiai termékek, pl. Ergam (1926) – ergotamin-tartarát, Devincan (1959) – vinkamin. A korai szintetikus termékek közül külön említést érdemel a hidrogén-peroxid szilárd, kristályos, citromsavval stabilizált komplexé, a Hyperol (1912), mely rövidesen a Társaság egyik legsikeresebb termékévé vált, mint fertőtlenítőszer a mai napig alkalmazzák. Hasonlóképpen meghatározó a 100 éves Kalmopyrin (acetil-szalicilsav Ca-só), a B₁₂-vitamin előállítása (1952), a peptidkémiai korszak sikeres szintézisei [pl. oxitocin (1957), ACTH].

Tuba Zoltán három eredeti szteroidvegyület felfedezéséről, szintéziséről mesélt, beleszóva a 70–80-as évek kutatási sajátosságait is. A szulfoszalicilsav szamáriummal képzett 2:1 arányú komplexét Phlogosam néven vezették be égési sérülések, nyílt sebek, dermatitis, ekcéma lokális kezelésére. A prednizolon vízzoldható származékát, a mazipredon-HCl hatóanyagot tartalmazó Depersolont elsősorban olyan kórképekben alkalmazzák, ahol a gyors glükokortikoid hatás életmentő (pl. égési, traumás, műtéti vagy intoxikáció következtében fellépő sokk, súlyos gyógyszer-túlerzékenység, fertőző betegségek kapcsán fellépő toxikus állapot). Az Arduant, melynek hatóanyaga a neuromuszkuláris blokkoló pipekurónium-bromid, a klinikumban sebészeti műtéteknél alkalmazzák. Számos, a vegyületek felfedezéséhez, szintéziséhez kapcsolódó sztori mellett már-már nosztalgikusan hallgattuk, hogy milyen rövid időn belül volt lehetőség egy új eredeti készítmény kifejlesztésére.

A programban igyekeztünk megjeleníteni egyetemi partnereinkkel való együttműködéseket is, ahol valamilyen speciális tudás, például az alkaloidkémia vagy a rezolválás segítette az innovációt. Ha a Richter originális termékeire gondolunk, valószínűleg elsők között jut eszünkbe a Cavinton. A vinpocetin hatóanyag totálszintézisének kidolgozásában meghatározó szerepet játszott *Szántay Csaba*, akinek személyes emlékein keresztül kaphattunk betekintést a hatóanyag szintetikus előállításába. Megtudhattuk, hogy a vinpocetin egyik felfedezőjével, Szász Kálmánal kötött fogadásban 100 üveg pezsgő volt a tétje annak, hogy megoldható-e a vegyület totálszintetikus előállítása. A sikeres szintézist baráti pezsgőzés követte.

Illés János a sebgyógyítás különböző területein alkalmazott Curiosin eredeti készítményünk kifejlesztésének történetét foglalta össze. Korábban a piacon csak nátrium-hialuronát, illetve kombinációi szerepeltek forgalmazott termékekben. Bár neves szerzők kizárták a cink kötődését a hialuronáthoz, sikertült megtalálni a cinkvegyület képzésének optimális körülményeit, kidolgozni az izolálási eljárást, valamint az új vegyület szerkezet-azonosítását is elvégezni. A cink-hialuronát, mint új termék, széles körű szabadalmi oltalmat nyert több mint 50 országban. A cink-hialuronát főbb hatástani előnyei a nátrium-hialuronáttal szemben: új antimikrobiális hatás, fokozott antioxidáns hatás, fokozott gyulladáscsökkentő hatás, fokozott sebgyógyító hatás, gasztroprotektív hatás. A termék sikeres kifejlesztésében fontos szerepet játszottak többek között Stefkő Béla, Burger Kálmán,



Takácsi Nagy Géza. Természetesen nem feledkezhetünk meg a terület magyar származású atyjáról, Balázs Endréről sem, aki felismerte az intercelluláris mátrix jelentőségét és a hialuronát szerepét.

Az állófogadás kulináris élvezeteit követően a reprogenerikus kémiai korszak eredményeinek bemutatásával folytatódott a program. Elsőként *Mahó Sándor* a szteroidkémia fejlődését mutatta be a Richterben. Bár szteroidtartalmú készítmények már a Társaság megalapításának kezdetétől léteztek, a szintetikus szteroidkémia kibontakozása az 1930-as években kezdődött (Suprachol drazsé); a 1940-es évek elején pedig megjelentek a koleszterolból és szolaszodimból induló félszintetikus hormonok. 1966-ban az első törzskönyvezett orális fogamzásgátló Magyarországon az Infecundin volt, melyet többgenerációs termékvonallal (Levonorgestrel, Etonogestrel, Desogestrel, Gestoden, Finasterid, Drospirenon, Spironolakton) kifejlesztése követett. Ennek során számos új típusú reakció is meghonosodott a Richterben (pl. Birch-redukció, Grignard-reakció, etinilezés). Szteroidkutatók nemzedékei csaknem 100 szteroid hatóanyag szintézisét dolgozták ki a szteroidkémia elmúlt 80 évében. Megteremtették a függetlenséget jelentő nyersanyagok előállítását. A kémia a szteroid-biokonverzióval együtt stratégiai előnyhöz juttatta Társaságunkat a szteroidpiacon. A szteroidfermentáció megalapozta a modern biotechnológia meghonosítását Társaságunknál.

A Társaság üzleti sikerei szempontjából szintén meghatározó volt a hipertónia kezelésében széleskörűen alkalmazott Enalapril, Lisinopril és Amlodipine kémiai eljárás-fejlesztéséhez kapcsolódó innováció, melyet *Fischer János* foglalt össze. Az ipari eljárások eredményeként 1995-től az Ednyt (enalapril-mealát), 1997-től a Lisopress (lisinopril), 1999-től a Normodipine (amlodipine), 2004-től a Lisonorm (lisinopril és amlodipine kombináció), majd 2011-től a Duplecort (amlodipine és atorvastatin kombináció) termékek kerültek bevezetésre, és hoztak jelentős profitot a Richternek.

Czibula László két innovációdíjas generikus hatóanyag, a Flukonazol (Innovációs Díj 2001) és Paroxetin (Innovációs Nagydíj 2002) kémiai szintézisét mutatta be. A szintézis kidolgozása során fontos szempont volt a szabadalmi függetlenség, az ipari méretű megvalósíthatóság biztosítása, a nagy tisztaságú hatóanyag előállítása, törekvés a minél alacsonyabb biztonságtechnikai és munkavédelmi kockázatra, gazdaságos és környezetkímélő technológia kialakítására.

A szakembereknek egyre gyakrabban kell királis vegyületet előállítani, és noha a katalitikus, valamint a szelektív reakciók egész sora áll rendelkezésükre a kívánt enantiomer szintéziséhez, az ipari gyakorlatban a resolválás továbbra is meghatározó fontosságú. Az alkalmas resolválás, illetve a legkedvezőbb reagens megkeresésében, a resolválás paramétereinek optimalálásában évtizedekre visszamenő szakmai támogatást kaptunk *Fogassy Elemér* kutatócsoportjától. Ezen gyümölcsöző együttműködés több szintetikus fejlesztési eredményben is megmutatkozott: a Levamisol, Amlodipin, Tamsulosin, Pregabalin gyógyszerekkel kapcsolatos érdekességeket hallhattuk az előadótól.

Analitika a Richterben: egykor és ma, ez volt *Görög Sándor* előadásának címe, melyben érdekfeszítő párhuzamot láthattunk az analitika 1959 és 2011 közötti világszintű lehetőségei és a Richterben rendelkezésre álló analitikai technikák viszonylatában. A Richterben 1959-ben a potenciometrikus titrálás még újdonság-számba ment, az elválasztástechnikát a papírkromatográfia jelentette, és az egysugármenetes UV-spektrofotométer volt az analitika csúcsműszere. Az analitikai műszerpark fokozatosan bő-

vült: IR (1963), gázkromatográfia (1968), HPLC (1976), NMR (1976), MS (1985). Napjainkra gyakorlatilag a gyógyszeripari analitikához szükséges teljes és korszerű analitikai és bioanalitikai arzenál rendelkezésre áll, és kiemelkedő tudással rendelkezünk ezen a területen is. A Mazipredon példáján keresztül követhettük, hogy mit lehetett elérni a 60-as években és ma a vegyület analitikájában.

Gazdag Mária előadásában ismertette a Richterben alkalmazott elválasztástechnikai módszereket (VRK, TLC, GC, HPLC, UHPLC, HTLC, HPCE, CEC), a kapcsolt technikákat (TLC-MS, GC-MS, GC-MS/MS, LC-MS, LC-MS/MS, CE-MS, LC-NMR). A Cavinton példáján mutatta be a GC és HPLC hatóanyag-tartalmi és szennyezésvizsgálati eredményeket az 1970-es évek végén és napjainkban. Különösen nagy kihívást jelent ma genotoxikus szennyezések meghatározása néhány század ppm szinten.

Ifj. Szántay Csaba előadását nem kisebb számmisztikával indította, mint hogy 2011. 11. 11-én került a Szervezetkutatási Osztályra az 50 000 vizsgálati minta, amit a beküldő kutatóknak átadott tortával ünnepeltek. A szervezetkutatással kapcsolatos gyakori tévhit, hogy a spektrométerek által generált adatokat csak mechanikusan össze kell rakni, amiből egyértelműen adódik egy, azaz csakis egy biztos megoldás. Kétségtelenül vannak ilyen esetek, de a gyógyszeriparban felmerülő problémák nagy része nem ilyen, és könnyen kerülhet a szerkezetvizsgáló szakember is abba a csapdába, hogy a szerkezetet nem tudjuk, csak tudni véljük. A Richterben a sikeres szerkezetkutatás öt alappillér együttesén nyugszik: csúcstechnológia alkalmazása, centralizált működési struktúra, főállású spektroszkópikusok, „holisztikus” szerkezetkutatás és tudományosság.

Keserű György Miklós előadásában a gyógyszerkémia jelen és jövőbeli kihívásairól, a gyógyszerkémiai kutatás paradigmaváltásáról beszélt. A hagyományos klasszikus kiindulóponton nyugvó szerkezet-hatás optimalizálást részben felváltja a fragmensalapú optimalizálás, mely inkább entalpiikus kötődési paramétereken nyugszik, mint entrópiikus tényezőkhöz, így kevésbé vezet a molekulák „elzsirosodásához”. Vagyis az új gyógyszer-optimalizálási elvek alkalmazása könnyebben vezethet klasszikusan gyógyszereszerű, jobb fizikokémiai tulajdonságokkal rendelkező vegyületekhez. Mindezt aril-piperazinok fragmensalapú optimalizálásának példáján szemlélte.

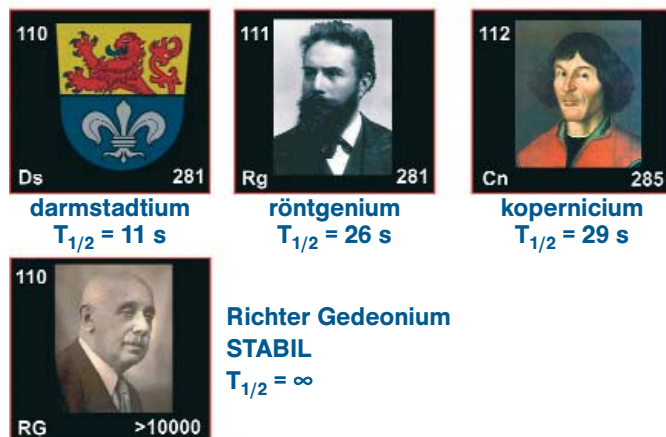
Domány György a skizofrénia és bipoláris zavar indikációiban alkalmazható, klinikai fázis III-ban lévő ígéretes új gyógyszer-molekula fejlesztését, a Cariprazinhoz kapcsoló gyógyszerkémiai munkát foglalta össze. Bemutatta a kiindulási hipotézist, mely szerint a dopamin D2 antagonizmus feltétlenül szükséges az antipszichotikus hatáshoz, míg a dopamin D3 antagonizmus olyan kedvező hatásokat hordozhat, mint a kogníció javítása, valamint a katepszin hiánya. A kétféle hatás in vivo megjelenéséhez a D3 receptorhoz magasabb affinitás szükséges, mint a D2 receptorhoz. A vezérmolekula keresésében váratlan fordulatot jelentett egy melléktermék vizsgálati eredménye, mely az általános nézettel szemben arra engedett következtetni, hogy a vegyületben lévő aril-amid vagy aril-szulfonil funkció nem feltétlenül szükséges a hatás eléréséhez, elegendő lehet egy egyszerű acetamid szerkezeti részlet is. Ez adott lökést egy harmadik vegyülettár kialakításához, melyből a Cariprazin szerkezetét választották ki klinikai kandidátusként.

Az előadóiülés végén *Greiner István* biotechnológiai előadásában megemlékezett a biotechnológia szó megalkotójáról, a terület magyar származású atyjáról, Erek Károlyról. A „modern” biotechnológia definíciója szerint genetikai beavatkozással olyan



sejteket hozunk létre, melyek a számunkra kívánatos fehérje-, DNS- vagy RNS-molekulát állítja elő megfelelő mennyiségben és minőségben. Bemutatta a Richter számára új stratégiai bioszimiláris üzletág fontosságát, sajátosságait, és a biotechnológiai infrastruktúra kialakítását a Richter Csoportban. A mikrobiális termékvonalat a Richter–Helm közös vállalatban, míg az emlőssejtes termékvonalat a budapesti és debreceni fejlesztő- és gyártóhelyeken valósítjuk meg.

ÚJ KÉMIAI ELEMELK IUPAC 2011



Új szupernehéz radioaktív kémiai elemek és egy speciális kémiai alkotó, katalitikus elem, a „Richter Gedeonium”

Előadása végén összefoglalta, hogy mit kapott a kémia a Richtertől: kémiaoktatás támogatása, konferenciák, egyesületek támogatása, kémiai kutatási együttműködések, számtalan publikáció (10–20/év), ipari megoldások, szabadalmak százai, modern kémiai környezet, modern munka- és környezetvédelem, pozitív társadalmi hatás.

2011-ben, a Kémia Nemzetközi Évében az IUPAC két új „szupernehéz” elemet véglegesített a Mengyelejev-féle periódusos rendszerben. Ezek a 110-es rendszámú darmstadtium és a 111-es rendszámú röntgenium, míg a 112-es rendszámú koperníciumot már 2010-ben beillesztették a kémiai elemek sorába. Ezen radioaktív nuklidok legstabilabb izotópja is csak mintegy néhány tíz másodperces felezési idővel rendelkezik. Létezik azonban egy olyan alkotóelem is, melyet csak az alkímisták hitével és bölcsességével lehet megismerni, és valóban csak a beavatottak tapasztalhatják meg katalitikus erejét. Ezt az alkotóelemet 1901-ben fedték fel a budapesti Sas patikában, majd dúsították a tízes-harmincas években Richter Gedeon kőbányai gyártelepén. Ez a katalitikus elem a háborús évek és az államosítás alatt is elpusztíthatatlannak bizonyult, és képes volt újra gyarapodni a budapesti és dorogi telephelyen. Később olyan külföldi helyeken is megismerhették, ahol a Richter-érdekeltségek sorra megjelentek (GRUS, GR Romania, GR Polska, Richter–Themis, Richter–Helm BioLogic, PregLem stb.). Ez a katalitikus alkotóelem a 110-es rendszámú „Richter Gedeonium”, mely több mint tízezres tömegszámával stabil, felezési ideje nem mérhető. Speciális jellemzője, hogy rendszáma minden évben eggyel nő, és ennek megfelelően nő tömegszáma is, hogy stabilitását megőrizze. Ez a katalizátor, melyet csak a richteresek tapasztalhatnak meg, még a legnehezebb kémiai reakcióban is segítségül hívható.

Demeter Ádám

MKE Richter Területi Szervezet elnöke

Vegyipari mozaik

Átvették megbízólevelüket az új akadémiai kutatóközpontok egy évre megbízott főigazgatói. Határozott, de körültekintő döntésekre bízta Pálkás József azokat a főigazgatókat, akik 2012. január elsejétől az MTA új kutatóközpontjainak vezetésére kaptak megbízást. Az Akadémia elnöke stabil pénzügyi alapokon álló, az együttműködő és aktív kutatói közösségek számára vonzó akadémiai kutatóközpontok megvalósítását kérte a kilenc megbízott főigazgatótól.

Az MTA elnöke az újonnan megbízott vezetők legfontosabb feladatai közül az egyes intézményekben belüli párhuzamosságok felszámolását, a nagyfokú önállóság megalapozását, valamint a gazdálkodás gyors, de ésszerű átalakítását emelte ki. Arra biztatta a megbízott főigazgatókat, hogy az általa elindított Lendület-modell mintájára keressék azokat az egyetemeken és külföldön dolgozó kutatókat, akik eredményeikkel hozzájárulhatnak a kutatóközpontok sikeres munkájához. „Már két-három jól kiválasztott új munkatárs is alapjaiban tudja megváltoztatni, dinamizálni egy intézmény teljesítményét” – osztotta meg tapasztalatát a vezetőkkel Pálkás József. „A cél, hogy valódi stabil pénzügyi háttérrel rendelkező, eredményes kutatómunkát végző, az alaptervekenységükhöz illő pályázatokra koncentrálnak, valódi kutatóközpontok jöjjenek létre a következő időszakban” – jelentette ki az MTA elnöke.



Az első sor jobb szélén Szépvölgyi János

„Az MTA intézményhálózatának megújulása nagy lehetőséget jelent a kutatók számára” – hangoztatta Németh Tamás, az Akadémia főtítkára, aki szerint a magyar kutatók a túlélés helyett az előrelépés esélyét kapják ennek köszönhetően.

A kémia szakterületét illetően a legjelentősebb változás egy új Természettudományi Kutatóközpont létrehozása, melynek vezetésére Szépvölgyi János kapott megbízást.

„Különleges hely a megújulás programjában” – így minősítette az MTA Szegedi Biológiai Központ Enzimológiai Intézetéből, az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetéből, az MTA Pszichológiai Kutatóintézetéből, valamint az MTA Kémiai Kutatóközpontból létrejött Természettudományi Kutatóközpont néven továbbműködő intézmény lehetőségét a megbízott főigazgató, aki utalt arra is, hogy az egyetemek szomszédságában multidiszciplináris kutatásoknak otthont adó, zászlóshajóprojektként emlegetett új épület, az MTA-Q2 21. századi körülményeket teremt a kutatóknak. „Az egy fedél alá kerülő hat intézet sokak fantáziáját megindította, már konkrét pályázatokat készítünk elő, amelyekben a kutatóközpont több intézete közösen vesz majd részt.”

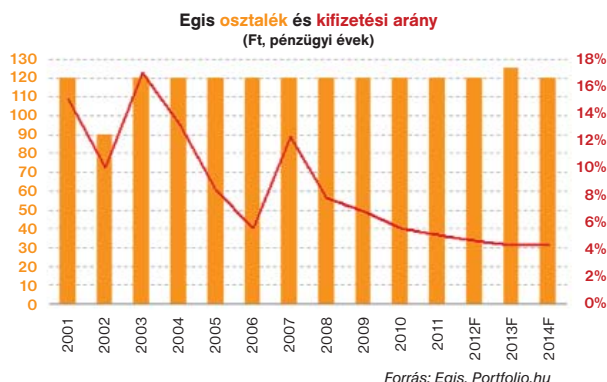


A változatlan formában továbbműködő akadémiai intézetek – többek között az MTA Atommagkutató Intézet, és az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont – élén nem történt változás.

A főigazgatók megbízási ideje 2012. január elsejével lépett életbe, és a pályázatútján kiválasztott új vezető kinevezéséig, de legfeljebb egy évre, 2012. december 31-ig szól. (MTA)



Rábólintott a közgyűlés az Egis-osztalékra. Az Egis közgyűlésén a társaság részvényesei az összes igazgatósági javaslatot megszavazták. Ez annyit jelent, hogy a részvényesek idén ismét papíronként 120 forintos osztalékra lesznek jogosultak, ami 0,7%-os osztalékhozamnak felel meg.



A közgyűlési határozatok közül a befektetők számára a legfontosabb az osztalék fizetésének megszavazása. A közgyűlés jóváhagyta, hogy az adózott eredményből a Társaság 934 millió forint osztalékot fizessen, amely az alaptőkére vetítve 12 százaléknak, egy részvényre számítva 120 forintnak felel meg.

Emellett a közgyűlés újráválasztotta Dr. Jean-Philippe Setát, Christian Bazantay-t, Nicolas Bouts-t, Ange Diaz-t, Gál Péternét, Dr. Hodász Istvánt, Yves Langourieux-t, Olivier Laureau-ot, Poroszlai Csabát, Dr. Veress Józsefet, Fehérdi Zsoltot az igazgatóság tagjává a 2013/2014. üzleti évet záró rendes közgyűlés időpontjáig. (portfolio)

Banai Endre összeállítása

OKTATÁS

8. Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpia

Durban, Dél-Afrikai Köztársaság, 2011. december 1–10.

A Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpiát (International Junior Science Olympiad, röviden IJSO) 2004-ben Indonézia alapította, azóta a versenyző országok tanáraiból álló zsűri folyamatosan pontosítja a verseny feltételeit. Ezek közül az egyik leglényegesebb kritérium az, hogy 16. évüket be nem töltött diákok vehetnek részt a versenyen.

A versenyfelkészítőre azon diákok jelentkezését vártuk, akik a versenyt megelőző tanévben egy vagy több természettudományi országos verseny döntőjébe jutottak. A versenyen egyenlő arányban szerepel a három természettudományos tantárgy, így azoknak, akik több tárgybán is járatosak, a felkészítőn kevesebbet kell hozzátanulniuk.

Ezt az olimpiát az oktatási minisztérium az első három évben csak erkölcsileg támogatta. 2007 óta pénzügyi segítséget is ad az illetékes minisztérium a kiutazáshoz. Ebben az évben a NEFMI, a Richter Gedeon Nyrt., a MOL Új Európa Alapítványa, a Servier Kutatóintézet Zrt., az AMRI Zrt., az EGIS Nyrt. és az egri Bosch Rexroth önzetlen támogatása biztosította a magyar csapat részvételét. Az utazási anyagi oldalának intézését immár ötödik éve az MKE végzi.

A versenyre való felkészítést ebben az évben is júniusi alakuló táborral kezdtük 15 diákkal. Szeptember legelején írtuk meg az első selejtező dolgozatot. Ennek eredményeképpen kilenc diák maradt a válogatóban, akik közül egy sajnos igen gyorsan lemorzsolódott. A kiválasztott diákokat ezek után minden hétfőn az ELTE Apáczai Csere János Gimnáziumban készítettük fel (Gyertyán Attila fizikából, Villányi Attila kémiából és biológiából) a korábbi versenyek tapasztalatai és a megújult követelmények alapján. A második válogatóra november 6-án került sor. Az így kialakult hatfős csapat az utolsó hónapban a további elméleti felkészítő mellett gyakorolhatta a gyakorlati forduló team-munkáját is. A gyakorlati felkészítésben részt vett Vörös Tamás is, aki – részben saját költségén – a csapat harmadik kísérő tanára volt.

Az idei magyar csapat tagjai:

Angyal Péter, a székesfehérvári Ciszterci Szent István Gimnázium 10. osztályos tanulója,

Horicsányi Attila, az egri Dobó István Gimnázium 10. osztályos tanulója,

Öreg Botond Zsolt, a Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorlóiskola 9. osztályos tanulója,

Perez-Lopez Áron Ricardo (lakóhelye Törökbálint), a budapesti Don Bosco Katolikus Általános Iskola 8. osztályos tanulója,

Putti Krisztián, az ELTE Apáczai Cs. J. Gimn. 10. osztályos tanulója,

Volford András, a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium 9. osztályos tanulója.

A csapat november 30-án indult zürichi és johannesburgi átszállással, és másnap délután érkezett Durbanba. A nyitóünnepség napjának délutánján vitatta meg a kísérő tanárokból álló nemzetközi zsűri a tesztforduló feladatait, majd az éjszakai fordítás után másnap írták meg a diákok ezt a versenyrészt. A harmadik napon a tanárok az elméleti feladatokat vitatták meg és fordították a diákok anyanyelvére, ezt a feladatlapot a diákok a negyedik napon oldották meg. Az ötödik nap ismét a tanároké volt: ekkor a gyakorlati forduló feladataival foglalkoztak, amelyeket a hatodik napon a diákok csapatmunkában oldottak meg.

A verseny szakmai részével kapcsolatban számos probléma merült fel. Csak a fizikafeladatok voltak megfelelő színvonalúak. A kémia elméleti és a biológia gyakorlati feladatok túl könnyűnek bizonyultak, a kémia gyakorlati feladatról pedig kiderült, hogy kivitelezhetetlen, a mérési eredmények nem a kivitelezés precizitásától, hanem a mérés elvégzésének helyszínétől függenek. Hosszú vita után végül a nemzetközi zsűri megszavazta, hogy a mérés pontosságára vonatkozó pontokat töröljük az eredményekből.

Az utolsó versenynap utáni nap a pontegyeztetésé, amikor a feladat szerzői és a csapat tanárai összeegyeztetik az általuk adott pontokat. Idén ez jóval egyszerűbben ment, mint tavaly Nigériában. A pontegyeztetés estéjére kialakult a végleges sorrend, és ez alapján a nemzetközi zsűri egyetértésével történt meg a ponthatár-húzás. A 39 ország közel 230 diákja közül 23 kapott aranyérmét, 46 ezüstöt és 78 bronzérmét. Diákjaink az 1 arany-, 4 ezüst- és 1 bronzérmével a legjobb eredményt érték el az EU-



	I. Teszt				II. Elmélet				III. Gyakorlat				Összesen
	Biológia	Kémia	Fizika	Összesen	Biológia	Kémia	Fizika	Összesen	Biológia	Kémia	Fizika	Összesen	
Elérhető	10	10	10	30	10	10	10	30	13	14	13	40	100
A csapat													
Angyal Péter	8,75	10,0	7,50	26,25	7,25	9,27	9,00	25,52	12,00	12,60	11,75	36,35	88,12
Horicsányi Attila	8,75	10,0	10,00	28,75	8,00	9,17	9,00	26,17	12,00	12,60	11,75	36,35	91,27
Perez-Lopez Áron	10,0	8,75	7,50	26,25	6,50	7,71	5,50	19,71	12,00	12,60	11,75	36,35	82,31
B csapat													
Volford András	7,50	10,0	5,25	22,75	7,50	9,07	6,25	22,82	13,00	13,30	9,75	36,05	81,62
Putti Krisztián	7,75	7,50	4,50	19,75	6,50	9,27	5,75	21,52	13,00	13,30	9,75	36,05	77,32
Öreg Botond	8,75	10,0	5,00	23,75	7,75	8,98	8,50	25,23	13,00	13,30	9,75	36,05	85,03

A magyar csapat tagjai által elért pontok

	Aranyérem	Ezüstérem	Bronzérem	Pontszám
Tajvan	6			18
Thaiföld	3	3		15
Oroszország	3	3		15
Szingapúr	3	3		15
Dél-Korea	3	3		15
India	2	4		14
Hongkong	1	5		13
Magyarország	1	4	1	12
Németország	1	1	4	9
Vietnam		3	3	9
Brazília		3	3	9
Indonézia		3	3	9
Románia		2	4	8
Szerbia		2	4	8
Fülöp-szigetek		3	2	8
Szlovákia		1	5	7
Hollandia		1	4	6
Észtország			6	6

Éremtáblázat (az első 18 ország)

országok között, 6 ázsiai ország és Oroszország után a 8. helyen végeztek.

Az IJSO idei feladatsorait – csakúgy, mint a korábbiakat – az érdeklődők letölthetik a magyar csapat hivatalos honlapjáról (<http://ijsokemavill.hu>).

Az IJSO-val egy időben zajlott a Klímaváltozási Konferencia is Durbanban, ezért a visszaúti repülőjegyet két nappal a verseny vége utáni dátumra tudtuk megvásárolni. A magyar csapat december 13-án érkezett haza a versenyről.

A verseny folytatódik: 2012-ben elvileg Irán, 2013-ban India vállalkozott az IJSO megrendezésére. Amennyiben a politikai és/vagy szakmai problémák miatt törlik az iráni versenyt, Németország – amelynek képviselője közölte, hogy szinte biztosan nem vesz részt ezen a versenyen – esetleg hiánypótlóként meghívja egy szűkebb versenyre az európai országok csapatait.

Villányi Attila



A felkészüléshez a MOL Tehetségtámogató Program nyújtott segítséget az Új Európa Alapítványon keresztül.

MKE-HÍREK

Konferenciák, rendezvények

14. Laborteknika Kiállítás

2012. március 27–29.

SYMA Rendezvényközpont (Budapest, XIV. Dózsa György út 1.)

Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny

2012. május 11–13.

Miskolci Egyetem (Miskolc-Egyetemváros)

A versenykiírás megtalálható

a www.irinyiverseny.mke.org.hu címen.

Precarb-12 Surface Chemistry and Performance of Carbon Materials

2012. június 15–16.

Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, Széchenyi tér 9.

Online jelentkezés:

<http://www.precarbon-budapest2012.mke.org.hu/>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Bondár Mónika,

precarbon2012@mke.org.hu

CAC2012 XIII. Chemometrics in Analytical Chemistry

2012. június 25–29.

ELTE (1117 Budapest Pázmány P. stny 1/A)

Online regisztráció: <http://www.cac2012.mke.org.hu>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix,

cac2012@mke.org.hu

Jelölések egyesületi díjakra

Hagyományosan az MKE éves rendes Küldöttközgyűlésén, 2012 júniusában kerül sor az egyesületi elismerések kiosztására. Az MKE Alapszabálya IV. 7.§ (2) bekezdése szerint: „Egyesületi elismerésre vonatkozó javaslatot tehet a szakosztály (ezen belül szakcsoport), a területi szervezet, vagy a munkahelyi csoport vezetője a szervezet vezetőségének javaslata alapján, valamint az



A HÓNAP HÍREI

Egyesületnek (Az Alapszabály) 20.§ (1) bekezdésében felsorolt bármely vezető tisztségviselője.” Utóbbiak az elnök, az alelnökök, a főtitkár, a főtitkárhelyettesek, az Intézőbizottság tagjai, a Felügyelő Bizottság elnöke és tagjai, az Etikai Bizottság elnöke és tagjai, valamint az ügyvezető igazgató.

Jelölés az MKE Díjszabályzat 2. melléklete szerinti JAVASLATI LAP kitöltésével tehető, amely letölthető az MKE honlap (www.mke.org.hu) „**Díjak, díjazottak>Díjszabályzat>MKE Díjszabályzat 2.melléklet**” menüből.

Javaslatok a következő elismerésekre tehetők:

Than Károly Emlékéremre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki az egyesületi élet fejlesztésében több éven át kiemelkedő tevékenységet fejtett ki.

Pfeifer Ignác Emlékéremre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki a vegyiparban (beleértve a gyógyszeripart) hosszú ideig (minimum 20 év) példamutató és eredményekben gazdag munkájával valamely iparág, vállalat vagy vezetése alatt álló részleg fejlődését számottevően elősegítette.

Preisich Miklós-díjra olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki az egyesületi életben és a vegyiparban (beleértve a gyógyszeripart) hosszú évekig kiemelkedő tevékenységet folytatott.

Kiváló Egyesületi Munkáért oklevélre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki kiemelkedő társadalmi munkát végez az Egyesületben és minimum 5 éve (megszakításmentesen) tag.

Wartha Vince Emlékéremre olyan MKE-tagra vonatkozóan, aki **írásos pályázattal** bizonyítja, hogy a vegyészmérnöki alkotás terén kiemelkedő tevékenységet fejtett ki. A pályázatot több MKE-tagból álló csoport is benyújthatja. A pályázati feltételek a www.mke.org.hu honlapon olvashatók.

A jelölések beküldési határideje 2012. március 31.

A kitöltött JAVASLATI LAP, illetve a Wartha Vince Emlékéremre történő jelölés pályázata beküldhető:

- elektronikusán, e-mail: **androsits@mke.org.hu**,
- faxon: **06 1 201 8056**,

• levélben: **Magyar Kémikusok Egyesülete** (1015 Budapest Hattyú u. 16.), ahol személyesen is leadható(k) a jelölés/jelölések.

Az MKE-tagsággal kapcsolatban felvilágosítással tud szolgálni Süli Erika (MKE Titkárság), telefon: 06 1 201-6883, e-mail: mkl@mke.org.hu.

Magyar Kémikusok Egyesülete

Az MKE Intézőbizottság ülése

(2011. december)

1. Az Intézőbizottság (IB) megvitatta a Gazdasági Tevékenységek Ügyrendje (MKE GTÜ) szabályozás egyes részeinek aktualizálására vonatkozó írásos javaslatot, amelybe bekerült, hogy a kimagasló szakmai és/vagy gazdasági eredményt hozó konferencia szervezésében résztvettek „a szakosztályi keret terhére” Egyesületi Nívódíj elismerésben részesíthetők, és amely elismerésre a konferencia szervezésében részt vevő szakosztály elnöke tehet javaslatot. Az MKE GTÜ módosítása a 9/2011. IB határozattal lett fogadva.

2. A Magyar Kémikusok Lapja 2012-es laptervét az IB támogatja. Kiss Tamás felelős szerkesztő bejelentette, hogy olvasói véleményfelmérést készítenek. Az IB támogatja az „év cikke” elismerés kezdeményezését két kategóriára (szakmai és magazin jellegű) vonatkozóan, valamint azt is, hogy az MKL-szerkesztők részére a lap éves költségtervében jutalomkeret legyen kialakítva.

Az MKL 2012-es laptervre vonatkozó 10/2011. IB-határozatot az IB egyhangúlag elfogadta.

3. Az IB megbízta Simonné Dr. Sarkadi Livia elnököt, hogy vegye fel a kapcsolatot Dr. Várnai György nyugdíjas kémiatanárral az-zal kapcsolatban, hogy az Egyesület kezdeményezi „alapító főszerkesztőként” feltüntetni a nevét a Középiskolai Kémiai Lapok (KÖKÉL) impresszumában.

4. Az IB megvitatta az MKE Stratégia 2011–2015 szövegtervezet „Küldetés” és „Célok” címek alatti tartalmát és felelősöket nevezett meg a „Célok” fejezet alpontjainak kidolgozására.

5. Az Egyesület elnöke tájékoztatást adott arról, hogy sikeres volt a 2011. november 30-án az ELTE Gömbaulában megtartott Kémia Nemzetközi Éve – 2011 hazai záróprogram esemény. Hasonlóképpen örömmel számolt be arról, hogy a www.CHEMGENERATION.com, az MKE és a BASF Hungária Kft. közös tulajdonú webterméke az év honlapja első helyezést nyerte el az „Oktatás” kategóriában hat versenytárs közül.

6. Az Intézőbizottság decemberi ülése a hagyományoknak megfelelően úgynevezett kihelyezett megoldású volt százhalmattai helyszínnel. A fentiekben említett témák december 9-i megtárgyalása után másnap, azaz december 10-én a MOL Dunai Finomítóban impozáns cégismertetőre és gyárlátogatásra került sor az MKE Százhalmattai Csoport szervezésében.

Kovács Attila

Liptay-terem

A Budapest-Fasori Evangélikus Gimnázium a „Természettudományos oktatás módszertanának és eszközrendszerének megújítása” projekt keretében új laboratóriumokat alakított ki. A kémiai laboratóriumot Liptay Györgyről, a BME címzetes egyetemi tanáráról, az MKE alelnökéről, a Fasori Öregdiákok elnökéről nevezték el.



Az MKE 2012. évi rendezvénynaptára

XLIV. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny	2012. május 11–13.
Biztonságtechnikai Konferencia	2012. május
Surface Chemistry and Performance of Carbon Materials	2012. június 15–16.
XIII. Chemometrics in Analytical Chemistry	2012. június 25–29.
Kémiatanárok Nyári Továbbképzése	2012. augusztus 21–24.
10 th Conference on Colloid Chemistry	2012. augusztus 29–31.
6 th CEEPC	2012. október 14–17.
Őszi Radiokémiai Napok	2012. október
Kozmetikai Szimpózium	2012. november

Hollósi Miklós 70 éves

Az ELTE TTK Kémiai Intézetének Bruckner Győzőről elnevezett termében köszöntötték Hollósi Miklós professzort, az MTA rendes tagját 70. születésnapja alkalmából az ELTE Szerves Kémiai Tanszék, az itt működő MTA–ELTE kutatócsoportok, az ELTE Kémiai Intézet munkatársai, pályatársak, tanítványok, valamint az MTA Kémiai Osztály tagjai, a társegyetemek szerves kémiai tanszékeinek vezetői, az MTA-intézetek munkatársai.

A tudományos ülésszak első részében hangzott el Mezey Barina egyetemi tanár, rektor, Surján Péter egyetemi tanár, intézetigazgató, Kucsman Árpád professor emeritus, a tanszék korábbi vezetője, valamint Hudecz Ferenc tanszékvezető egyetemi tanár, akadémikus köszöntője.

A program második részében Hollósi professzor tanítványa, Perczel András egyetemi tanár, akadémikus kalauzolója mellett Hollósi tanár úr együttműködő partnerei, munkatársai és tanítványai villantottak fel érdekes elemeket abból a sokszínű, nemzetközileg elismert tevékenységből, amely jellemezte és jellemzi



Csoportkép a Gömb aulában. Középen Hollósi Miklós

a professzor munkásságát. Először Antus Sándor egyetemi tanár, akadémikus (DE Szerves Kémiai Tanszék) beszélt a pterokarpánok abszolút konfigurációjának közös meghatározásáról, majd Gráf László egyetemi tanár, akadémikus (ELTE Biokémiai Tanszék) szólt az inspiráló „pipafüstben” azonosított sertés béta-endorfin másodlagos szerkezetéről. Egy másik közös munka eredményeiből adott ízelítőt Kövér Katalin (DE Szerves Kémiai Tanszék) utalva arra is, hogy a kis peptidok és tiopeptidok szerkezetének elemzése során szerzett tapasztalatok hogyan vezettek a fehérjék, illetve peptid-fehérje kölcsönhatások vizsgálatáig.

Szünet és csoportkép készítése után folytatódott az ünnepi tudományos ülés. Előbb együttműködő partnerek, Huszthy Péter egyetemi tanár (BME Szerves Kémiai Tanszék) és Tóth Gábor egyetemi tanár (SZTE Orvosi Vegytani Intézet) elevenítették fel a koronaéterek, illetve az influenza haemagglutinin poszttranszlációval módosított fragmensek térszerkezet-kutatása területén elért közös eredményeket. Majd közvetlen munkatársak, Majer Zsuzsa egyetemi docens (ELTE Szerves Kémiai Tanszék) és Vass Elemér egyetemi docens (ELTE Szerves Kémiai Tanszék), valamint Asbóth Bence tudományos tanácsadó (Mezőgazdasági Biotechnológia Központ) számoltak be a budapesti – nagy nemzetközi elismerést szerzett – kiroptikai spektroszkópiái (CD, FT-IR)

iskola és kutatólaboratórium elmúlt évtizedeiről, tudományos és oktatási eredményeiről, illetve közös könyvírásai élményeiről.

Az előadások sorát Penke Botond egyetemi tanár, akadémikus (SZTE Orvosi Vegytani Intézet), a pályatárs és jó barát személyes, meleg hangú üdvözlő ünnepi beszéde zárta.

Az előadóülést követően Sarkadi Livia egyetemi tanár, a Magyar Kémikusok Egyesületének elnöke, valamint barátok, munkatársak és tanítványok – szerény fogadás keretében – köszöntötték az ünnepeket.

Hudecz Ferenc

Oktatási kitüntetések a Magyar Kultúra Napja alkalmából

Halász János, a Nemzeti Erőforrás Minisztérium államtitkára a magyar felsőoktatás területén iskolateremtő, nemzetközi elismertségű munkásságuk alapján

SZENT-GYÖRGYI ALBERT-DÍJAT adományozott

Farkas Etelka, a Debreceni Egyetem dékánhelyettese, egyetemi tanár,

Kollár László, a Pécsi Tudományegyetem intézetigazgató egyetemi tanára,

Kristóf János, a Pannon Egyetem egyetemi tanára,

Nyulászi László, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyetemi tanára számára.

A kitüntetteknek gratulálunk és további eredményes munkát kívánunk!

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL LXVII. No. 3. March 2012

CONTENTS

<i>The future for nuclear power after Fukushima</i>	70
ATTILA ASZÓDI, ILDIKÓ BOROS	
<i>Extraterrestrial chemistry. II. Astrochemistry</i>	77
ERVIN KERÉNYI	
<i>Recent triumph of crystalline carbon nanoscience</i>	84
TIBOR BRAUN	
<i>Supramolecular systems from purine derivatives</i>	88
GÁBOR PARAGI, JÁNOS SZOLOMÁJER, GYULA BATTÁ, ZOLTÁN KELE, ZOLTÁN KUPIHÁR, PETRA PÁDÁR, CÉLIA FONSECA GUERRA, E. MATTHIAS BICKELHAUPT, LAJOS KOVÁCS	
<i>Bookreview</i>	89
<i>Anniversaries</i>	90
JÓZSEF SÁNDOR PAP	
<i>László Zechmeister (1889–1972)</i>	92
DELI JÓZSEF	
<i>Obituary</i>	93
<i>Chembits</i>	
(Edited by GÁBOR LENTE)	94
<i>The Society's Life</i>	97
<i>News of the Month</i>	99

SZÜRŐPAPIÍROK
SZÜRŐKARTONOK
MEMBRÁNSZÜRŐK

*Bacherey Nagel GmbH. Tradíciók és tapasztalatokra építve.
 Csaknem egy évszázada az Önök és a minőség szolgálatában!*

Product images include: several blue and white filter paper packets, a white certificate of origin, a white filter paper roll, and a white filter paper bag.

MACHERRY-NAGEL
www.mn-net.com

MN

PF-12 FOTOMÉTER

VIZANALITIKA

Újajánlat sokoldalúság!

- Több mint 100 előre programozott mérési módszer
- Saját módszerek tárolhatósága
- Automatikus nullamérés-elfirás
- Hővezérelt grafikus LCD, magyar segítő menü
- Adattárolás GLP szerint
- USB adatvissza, töltés és tápellátás
- Víz- és porvédett, zárt kézhővezető (IP 67)

MACHERRY-NAGEL
www.mn-net.com

MN

ITT

WTW

Az új inoLab® műszercsalád:
pontos, megbízható, biztos

Rendkívül pontosan lehet mérni.
- az inoLab 1020 immenzitás

Megbízhatóságnak lehet dokumentálni!
- az inoLab 7232 immenzitás

I D S
INTELLIGENS
LEGYI FÉLŐS
KÖZPONTOS

Biztonságosan lehet mérni.
- az inoLab 6012 és 6022 vezeték nélküli

inoLab®

WTW

MŰSZEREK - VÍZANALITIKA

TEREPI-, LABOR- ÉS ON-LINE MÉRÉSTECHNIKA



CE  EN 10603  ISO 9001 2.0. garancia

PROFESSZIONÁLIS MÉRÉSTECHNIKA



Szerk.  pH  DO/DOX/DOY

PARAMÉTEREK:

- pH
- redox potenciál
- ionizálóhatás mV
- oldott oxigén
- szénhidrogén
- teljes szén
- biomassza
- szénhidrogén
- DO, DOH
- NO₂, NO₃, NO₂-N
- PO₄, P_T, TOC, SiO₂



VÍZELEMZÉS

SAJÁTKEZÜLEG *visocolor*[®]

EGYSZERŰEN ÉS GYORSAN

Egyszerű
Kompakt
Megbízható

NEMET TERMÉKEK
BUDAPESTI RAKTÁRROL

visocolor[®] Vízanalitikai teszteszközletek

MACHERY-NAGEL
www.mn-nat.com

NANOCOLOR®

FOTOMÉTEREK

VÍZANALITIKAI REAGENSZÉSZLETEK

UV / VIS



PF 12

VIS



400D & 500D





**ERINTŐKÉPERNYŐS
TERMOBLOKKOK**



REAGENSOLDATOK és REAGENSZÉSZLETEK



MACHEREY-NAGEL

www.mn-net.com



OxiTop® ...az eredeti

WTW

CE TÜV SÜD

BOI mérés
Bonthatóság
Oxigénfelvétel
Légzésvisszajel
Biogáz mérés
Talajlevegő

AEROB és ANAEROB VIZ- és HULLADÉK MÉRÉSEK



INTELLIGENS
Digitális
Szenzorok

WTW Multi Line SZETEK

Intelligens Digitális Szenzorok

és intelligens multiparaméteres műszerek:

DUPLA MULTI

TRIPLA MULTI



sok hasznos
szolgáltatás

optikai O₂

WTW

Valamennyi szenzor mindegyik csatlakozóba

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

AOX, EOX, POX és AOS mérésre



**Behr
SEI**

Manuális
aktívszemes
mintaelőkészítő
egység



**Behr
PXS-24**

Teljesen
automatizált
AOX egység
24 mintára



**Behr
AXS-48**

automata
kemence
mintabeadó

behr
Labor - Technik
Düsseldorf

Behr CI-10
magas hőmérsékletű
égető kaména

- Kis helyigény
- Gyors (8 perc)
- Tökéletes égetés
- Abszolút pontosság
- Kiváló ismételthetőség
- Egyszerű kezelhetőség
- Pontosság: 0,01 µg Cl
- Robosztus

Ritter
Made in Germany

MINI GÁZÁRAM MÉRŐ CELLÁK



mérés: 1,0 ml/h értéktől !



MINI GÁZÓRÁK



5-rétegű masszív gázmintha tárolók

ELEMANALÍZIS FELSŐFOKON!
C · H · N · O · S · Cl TIC · TOC · TN
A MIKRO ANALITIKÁTÓL ... A MAKRO ANALITIKÁIG
 Konformitások: CE, EMC, DIN, EN, ADAC, ASBC, AACC, FGIS,
 AOCS, CGC, ASTM, LUFA, MEBAC, LIMS, 21 CFR Part 11...

vario MICRO
vario MACRO cubio
vario C3
vario EL
vario TOC
liqui TOC
vario VLS
vario BEFORE
liqui TOC
vario MAX
vario C

elementar
 Analytische Geräte
 GmbH
 42699 Solingen, Germany
 Tel. +49 212 649-1000
 Fax +49 212 649-1001
 E-Mail: info@elementar.com
 Web: www.elementar.com



Sicco

Descalcators and Living Cabinets



Újfajta hatásos exszikátorok...

...minden feladatra











PRAKTIKUS - HATÁSOS - CÉLSZERŰ

Destilláció, extrakció, termoreakció

beholdozási univerzális analitikai rendszerek

"NEHÉZ" MÉRÉSEK KÖNNYEDÉN

behr

Labor - Technik

Düsseldorf

MSZ 6069
szerinti
manuális
és
automata
KI-mérő
készletek



AUTOMATA KOI analízátor
MSZ ISO 6069 szerinti



15 mg/l-től

ADK ANALIZÁTOR
LEPCSŐZETES
AUTOMATIZÁLÁS
LEHETŐSÉGEVEL



SORHETÉS ÉS RANDALL EXTRAKTOROK

Különböző szabványos méretűnek megfelelő, illetve egyedi
destilláló, elválasztó, extraháló, felhígító, fokozható, mintavétel-
rendszerrel, szeparáló, szűrőgyűjtő és titráltó berendezések.



AMMONIA, FENOL ÉS



**AUTOMATA KÜLF. DAHL
RONGCSÓK ÉS**





BIOGÁZ - BIODIESEL
előállításához és ellenőrzéshez
analizátorok és mérőeszközök

biogáz analízátorok
 biodiesel analízátorok
 izsapanalízátorok
 elemalanalízátorok
 pufferkapacitás mérők
 titrálók
 fotométerek
 FOS-TAC mérők
 szárítós mérlegek
 pH mérők
 gyors tesztek:
 ammónia, összes-N,
 foszfát, szerves savak
 mérésére

vario TOC cube

110 év tapasztalatnak erejéig a gyakorlatban

automata mintaváltás folyadékok és szilárd mintákhoz

0.003 – 60 000 mg/l TOC

0.020 – 50 000 mg/l TN

egyetes 900 - 2 000 °C

zárt rendszerű digitális detektálás

szekvenciális és és hamu leválasztó

lépcsőzetes kiegészítőség

internets távfelügyelet

automata kalibráció

10 év kemence-garancia

**KIMAGASLÓ
TELJESÍTMÉNY**



on-line TOXICITÁSMÉRÉS

- on-line daphnia toximéterek
- on-line hal toximéterek
- on-line alga-méterek
- on-line fluoriméterek



FELÜGYELETMENTES, AUTOMATA ÜZEM

- * vízminőség ellenőrzés
- * ökológiai megfigyelés
- * katasztrófa megelőzés
- * terror-támadás elhárítás



AUTOMATA VÍZMINTAVEVŐ

BEREKEZÉSEK ÉS MÉRŐÁLLOMÁSOK




- HORDOZHATÓ MINTAVEVŐ
- TELEPÍTETT MINTAVEVŐ
- EGYEDI KIALAKÍTÁSOK
- MÉRŐÁLLOMÁSOK




nyomott vezetékes
csatornából
mélyaknából




- pasztából
- iszapból
- vízből

SEIT/SINCE 1844

KERN®

WAAGEN · GEWICHTE · BALANCES · WEIGHTS

SÜLYSORZATOK

MÉRLEGEK

MÉRÉSTECHNIKA & LABORTECHNIKA