

Tanulmány

A KÉMIÁRÓL (NEM CSAK) A KÉMIA NEMZETKÖZI ÉVE 2011 KAPCSÁN

Németh Veronika

egyetemi tanársegéd,
Szegedi Tudományegyetem Fizikai Kémiai
és Anyagtudományi Tanszék, Szeged

Mátyus Péter

az MTA doktora, intézetigazgató egyetemi tanár,
Semmelweis Egyetem, Budapest
a Kémia Nemzetközi Éve 2011
hazai Koordinációs Bizottságának elnöke
peter.matyus@szerves.sote.hu

*Mi juthat eszébe manapság
a nem szakembernek a kémiáról?*

Vajon a kémia csodálatos eredményei, vívmányai, például a fantasztikus tulajdonságú, az acél szilárdságát sokszorosan felülmúló anyagaink, a fertőzéseket, betegségeket felfedezni, megelőzni, leküzdeni képes diagnosztikumaink, illetve gyógyszereink, energiaforrásaink kiaknázása, újjak feltárása, más tudományágak által is felhasználásra kerülő felismerések és módszerek, az élet – 'a legbonyolultabb kémiai gyár' – és biológiai történések egyre több mozzanatának és összefüggéseinek megértése vagy mindennapjaink nélkülözhetetlen eszközei, például a ruhatárunk, korszerű főzőeszközeink, járműveink, számítógépeink? Mindezeket mindennapjaink természetes velejárójának érezzük, azokban ritkán csodálva vagy egyáltalán számba véve egy-egy tudományág szerepét, észre se véve a kémia fontosságát. A kémiáról – sajnálatosan – valószínűleg sokkal inkább káros környezeti hatások,

szennyezőanyagokat pőfékelő gyárkémények, a kémia azon problémás oldalai jutnak eszébe az embernek, melyek a nem kellően körültekintő, különösen a nem békés, nem a jólét érdekében való alkalmazás vagy egyszerűen gondatlanság miatt károkat, pusztítást, katasztrófákat okozhatnak. Különböző élelmszerbotrányok és illegálisan földbe ázott, nehézfémvegyületeket tartalmazó fémhordók felbukkanása időről időre borzolja a kedélyeket. Mindezek mély nyomokat hagynak a közvéleményben, amelyeket a legnagyobb eredményekkel is nehéz ellensúlyozni.

1962-ben jelent meg Rachel Carson elhíresült műve a *Néma tavasz* (*Silent Spring*), amely többek közt a DDT (diklór-difenil-triklóretán) nevű rovarirtószert környezetünkre kifejtett ártalmas hatásait mutatta be. A DDT nagyon hatásos rovarirtószert, ám kémiaiilag stabilis, zsírokban jól oldódik, így a tápláléklánc mentén feldúsul. A szer megjelent a tejben, tojásban, húskban. A ragadozómadarak esetében a törékennyé vált tojáshéj az

anyamadár koltása közben gyakran összetört. Senki sem vitatja e káros következmények súlyosságát, de azt is tudni kell, hogy a DDT a szúnyogok elpusztításával a mocsaras vidékeken élők millióinak életét mentette meg a maláriától. A *Néma tavasz* című mű jelentős befolyással volt a környezeti mozgalmakra, nagymértékben elősegítette az ökológiai gondolkodás kialakulását, de egyúttal hozzájárult a kemofóbia kialakulásához is. E sorba illenek a növényvédők szerek és műtrágyák felhasználása körül napjainkban is folyó, gyakran érzelmi töltetű viták. Kétségkívül mindannyiunk érdeke a környezet óvása, környezetbarát eljárások alkalmazása, ahol csak lehetséges, de ne feledjük, kidolgozásukhoz a kémiára szintén szükség van!

A tragikus vegyipari balesetek, melyek nemcsak a természeti környezetet rombolták, de emberéleteket is követeltek, még inkább megtépták a kémia hírnevét, akár évekre is elhomályosítva nagyszerű eredményeit.

A legsúlyosabb vegyipari katasztrófát még ma is emlegetjük elretentő példaként: az indiai Bhopalban 1984-ben történt balesetben a légkörbe jutó 45 tonna metil-izocianát 2500 ember halálát és mintegy húszezer ember tartós megbetegedését okozta.

Mindezek miatt a 20. században talán egyetlen tudomány megítélése sem változott annyit és annyiszor, mint a kémiáé és a hozzá kapcsolódó mérnöki tudományoké.

A kémia számtalan pozitív hatását a néhány kiragadott példa önmagában is alátámasztja, sőt könnyen belátható, hogy a kémia eredményei, vívmányai nélkül a modern élet elképzelhetetlen. Azt sem hallgathatjuk el azonban, hogy a kémiai eljárások kockázatosak, ezért minden esetben gondosan mérlegelni kell azok lehetséges eredményeit, hatásait. Mínekünk, kémikusoknak a feladatunk el-

sősorban az, hogy egy eljárás, technológia kidolgozásakor, alkalmazásakor, bevezetésekor egyaránt mérlegeljünk a pozitív és negatív hatásokat, és a megvalósítás ennek tükrében történjék úgy, hogy a kockázatokat minimalizáljuk.

2008-ban az ENSZ Etiópia és húsz további ország felterjesztésére 2011-et a Kémia Nemzetközi Évének nyilvánította. Ennek keretében a United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO) és az International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) szervezetek irányításával és koordinálásával a kémia területén elért eredmények bemutatására és méltó ünnepi keretek között, a kémia néhány kiemelkedően fontos személyiségének és eseményének centenáriumi megemlékezésére kerül sor.

Marie Skłodowska-Curie kémiai Nobel-díjának (a rádium és a polónium felfedezéséért, a rádium fémállapotban való előállításáért, tulajdonságai és vegyületeinek vizsgálata terén elért eredményeiért) százéves évfordulója, s mellette, a kémia fejlődése és eredményessége szempontjából szintén jelentős két másik eseménynek, az International Association of Chemical Societies (IACS) megalapításának (1911, Párizs) és az első Solvay-konferencia megrendezésének (1911, Brüsszel) százéves évfordulója említhetők.

Az IYC 2011 ünnepélyes megnyitójára Párizsban, az UNESCO székházában január 27-én került sor, a rendezvényen prominens személyiségek, politikusok, nagynevű kémikusok, nemzeti kémikus szervezetek delegációi, ipari vállalatok és akadémiai intézmények képviselői (összességében több százan) vettek részt. A kétnapos, nagy nemzetközi figyelmet kapott eseményen a kémia szerepét (Chemistry – Our Life, Our Future!) illusztr-

ráló előadásokra és egy nagyszabású kiállításra került sor.

Mi, kémikusok az IYC 2011 céljai között talán a legfontosabbnak azokat érezzük, hogy hiteles tájékoztatást nyújtsunk a közvéleménynek a kémiáról, hogy láthassa és érthesse mindenki, a kémia elért és jövőbeli eredményei, azok ésszerű felhasználása és alkalmazása jólétünket alapvetően meghatározzák; felkeltsük a fiatalok kémia iránti érdeklődését – a Skłodowska-Curie-centenárium okán is – felhívjuk a figyelmet a nőknek a kémia területein lehetőség és szükséges szerepvállalására. A kémia közvéleménybeli negatív képének megváltoztatásához azonban nem lehet elegendő egyetlen írás és egy kampány sem; a közvéleménynek komplexitása formálásának komplex megközelítést igényli: sokféle, jól átgondolt és szervezett tudományos, kulturális és médiaakciók együttesét.

Jelen rövid írásunkban csupán arra vállalkozhattunk, hogy néhány példán keresztül bemutassuk, milyen nagy fontosságú, az emberiség életét jelentősen befolyásoló eredményeket mutathat fel a kémia, a kémiai felfedezések, vegyipari termékek mi módon képesek átalakítani, megkönnyíteni életmódunkat, életvitelünket és hozzájárulni egészségben eltöltött éveink számának és életkorunknak jelentős növekedéséhez és ezen felül jövőnkhez. Ez az írás tehát lépés lehet előre a hosszú úton, amelynek a végén a kémiáról kialakult kedvezőtlen társadalmi megítélés, méltatlan előítéletek talán oldódni fognak.

Kronológiai okok miatt a 18–19. század vegyiparának néhány eredményével kezdjük, olyan egyszerű, de mégis fontos dolgokkal, mint a szappan és üveg elterjedésével, majd a színezőanyagok alkalmazását nemcsak önmagukért mutatjuk be, hanem a gyógyszeripar kialakulásában játszott szerepükért is.

Azért is érdemesnek gondoltuk e példákcal kezdeni, mert így jól illusztrálható, hogy a kémia révén nemcsak tömegárúvá válhatnak addigi luxuscikkek, de ez akár természetes források kiváltásával (szintetikus úton történő gyártással), azaz a természet megóvásával, vagy akár a természetesnél kedvezőbb szintetikus anyagok kínálatával érhető el.

*Luxuscikkekből tömegáru:
szappan és üveg minden háztartásba*

Hajdan a textíliák mosása, a salétromfőzés, az üveggyártás nagyon sok hamuzsirt, illetve szódát (nátrium-karbonátot) igényelt. A hamuzsirt azonban évszázadokon át csak a fák elégetésével tudták előállítani, míg a szódát az ún. nátrontavak szolgáltatták. Egész erdőségek pusztultak el így. Ahogyan fogatkoztak az erdők, új forrásokra is szükség volt. Ekkor a tengerpartokról összegyűjtötték a kisodródott moszatokat és azokat is elégették. Az ipari forradalom növekvő alapanyagigényét azonban a természetes források már nem tudták kielégíteni. A kémikusok sok-sok próbálkozása után a 18. század végére megoldódott a szóda ipari előállítása. *Nicolas Leblanc* eljárása bizonyult először nagyüzemileg is megvalósíthatónak. Az üveg és a szappan, ami addig luxuscikk volt, az olcsón előállított szóda révén szélesebb néptömegek számára is elérhetővé vált. A korabeli technológia során azonban még nagy mennyiségben keletkeztek káros melléktermékek (sósavgáz, kalcium-szulfid, illetve abból kén-hidrogén). *Ernest Solway* belga vegyésznek a 19. század derekán sikerült egy olyan új eljárást kidolgoznia a szóda előállítására, amely a korábinál jóval gazdaságosabb volt, és nem járt kedvezőtlen melléktermékek keletkezésével sem. A szappanos kézmosással nemcsak a jó közérzet, de számos járványos megbetegedés egyszerű

megelőzési módja is megteremtődött. A történethez tartozik, hogy *Solvay* hozta létre az első vegyipari multinacionális céget. Jól látta az eredményesség és tudomány kapcsolatát, vagyonából jelentős összegeket fektetett a tudományba, például ő szervezte meg a kor legismertebb természettudósainak részvételével az akkoriban csak Solvay-konferenciáknak nevezett tudományos fórumokat.

A kémia életünk színesítője

A 19. század közepéig a színezékeket természetes forrásokból vonták ki, s emiatt rendkívül drágák voltak. A bíborcsigát kipusztulás fenyegette, egyes festőnövényeket pedig termesztetni kellett, ami nagy területeket vont el más haszonnövényektől. A színes ruházat ezért sokáig csak a gazdagok kiváltsága lehetett. Az első szintetikus színezéket, egy mályvaszínű anilinszármazékot 1856-ban állították elő, melyet felfedezőjére, *William Henry Perkinre* utalva Perkin-ibolyának is hívnak. A Perkin-család gyárat alapított a kiváló minőségű festék előállítására. A szerveskémiai nagyipar kezdeteit is innen datálhatjuk.

A gyártási eljárások akkor még a kőszénleparlás melléktermékén, a kőszénkátrányon alapultak. A vegyi gyárakban előállított korszerű festékek olcsóbbak és sok tekintetben a természetes festőanyagok tulajdonságait felülmúló tulajdonságúak, mosás-, fény- és viszonylag hőállóak voltak. (A híres antikbíbor fényállóságban nem versenyezhetett a mesterséges színezékkel.) Korunkban a már minden igényt kielégítő műanyag- és műgyanta alapú festékek jelentik a csúcsmínőséget. Ugyanakkor a szintén kifejlesztett, vizes bázisú festékek egyáltalán nem egészségkárosítók, mert alkalmazásukhoz nem szükséges szerves oldószer. A fa- és fémfelületeket a festék nemcsak szépé teszi, hanem védi többek között az időjá-

rás okozta károsodás és a korrózió ellen is, sőt a legújabbban fejlesztett bevonatok a legszélsőségesebb behatásokkal szemben is védeni képesek.

A fertőzések leküzdésének állomásai: a gyógyszeripar kialakulása

A festékipar nemcsak a fent említett, esztétikus és ugyanakkor állagmegóvó hatás révén járult hozzá értékeink gyarapodásához, hanem a gyógyszeripar megalapozása miatt is. A vegyipar eredményeit nemritkán váratlan felismerések aknázták ki más célokra.

A színezékek kutatása a Perkin-lila színezék sikerén felbuzdulva kiszélesedett. *Gerhard Domagk* német biokémikus figyelmét is felkeltették az új vegyületek: biológiai hatásuk vizsgálata során felismerte, hogy egy vörös gyapjúfesték, a prontosil baktériumok okozta betegségek kezelésére kiválóan alkalmas (eredményeit 1939-ben Nobel-díjjal ismerték el). Lényegében ezzel elindult a szulfonamidok karrierje, az antibakteriális gyógyszerterápia, mely akkoriban életek sokaságát mentette meg. A szulfonamidok széles körű terápiás alkalmazása 1945 után az antibiotikumok elterjedésével némileg csökkent ugyan, de évtizedeken át a gyógyszerkincs fontos részét képezték.

Az antibiotikumok váratlan megfigyeléssel induló terápiás hasznosítása hozta meg a fertőző betegségek kezelésének eredményességében a másik áttörést.

A penicillin felfedezése (*Alexander Fleming*, 1928) után nehéz hozzáférése korlátozta terjedését. (Kezdetben igen magas ára miatt még a kezelték vizeletéből is vissza kellett nyerni.) Hatását és jelentőségét jól illusztrálja, hogy a II. világháború alatt az angol és az amerikai katonák között a penicillinnek köszönhetően jóval kevesebb volt az amputáció

és a sebfertőzés okozta halálos szövődmény. (Ebben az időszakban a penicillinnel folytatott vizsgálatok hadititoknak is minősültek.) A penicillin sikerében természetesen a kémia meghatározó szerepet játszott. A penicillin kémiai szerkezetét *Dorothy Crowfoot-Hodgkin* 1945-ben röntgendiffrakciós módszerrel igazolta, s ezzel utat nyitott a nagyobb léptékű eljárások és az új származékok előállításához is. Ez utóbbiak, a *félszintetikus* (az alapváz szubsztitúciójában különböző) származékok különösen fontossá váltak amiatt is, mert a penicillinnel szemben rezisztenssé váló baktériumok ellen is hatásosnak bizonyultak.

A gyógyszerfejlesztés történetének vannak azonban szomorú emlékei is. A legismertebb a *Contergan* (thalidomide) alkalmazásához tapad. E készítményt, amely vény nélkül volt kapható a patikákban, az 1950-es években a terhes nők rendszeresen használták nyugtatószerként. Kiderült azonban, hogy nagyon súlyos magzatkárosító (teratogén) hatása van, s ennek következtében közel tízezer gyermek született fejlődési rendellenességgel. Ez az eset rávilágított arra, hogy a gyógyszerek alkalmazásának csupán egy szükséges, de nem elegendő feltétele a hatásosság (amely rendszerint a gyógyszermolekula és egy biológiai makromolekula szupramolekuláris – ma „nanokémiának” is hívhatjuk – kölcsönhatásának függvénye), s ugyanennyire fontos szempont az alkalmazásban az, hogy mentes legyen a nem kívánt gyógyszer mellékhatástól, köztük a teratogén hatástól. Mindezeket a tulajdonságokat a kémikus a molekulaszervezet változtatásával tudja módosítani. Ilyen módon tehát akár a gyógyhatású természetes anyagok meglévő tulajdonságainál is sokkal kedvezőbb tulajdonságú anyagok állíthatók elő.

A kémia és a biomedicinális tudományok összefogásának eredményeként ma szinte

mindenki számára elérhetően sokféle hatásos, számos betegség leküzdésére alkalmas vagy azok súlyosságát mérsékelni képes gyógyszer áll rendelkezésre. A *Contergan* példája alapján azonban megérthetjük, hogy milyen sokoldalú elemzésre és vizsgálatra van szükség ahhoz, hogy biztonságos gyógyszereink legyenek. A mai gyógyszerkutatás és -fejlesztés, a gyógyszeripar és akadémiai gyógyszerkutatás összefogva mindent megtesz annak érdekében, hogy a hatalmas költségeket és mintegy bő évtizedet igénylő folyamat után a gyógyszerrel szemben támasztott valamennyi hatásossági és biztonsági követelményt kielégíteni képes gyógyszer kerüljön forgalomba, melynek alkalmazása az előnyökhöz képest csupán minimális kockázatot jelent.

A műanyagok új világa

A 20. század elejéig a tárgyak, eszközök fából, fémekből és növényi szálabból, pamutból és gyapjúból készültek. Kezdetben a műanyagok ezeknek egyszerű helyettesítésére szolgáltak. Gazdaságos előállításuk szénhidrogénekből és az igényeknek megfelelően módosítható tulajdonságaik rohamosan bővítették felhasználási területeiket. Adalékanyagokat is alkalmazva az alkalmazási területek tovább bővülnek, például élettartamuk hosszabbodik, míg szál as anyag (üvegszál, szénszál) hozzáadásával nagy szakítószilárdságú rugalmas anyagok (kompozitok) állíthatók elő, amelyekből például hajótestek, tetőszerkezetek, golyóálló mellények, szélerőművek lapátjai stb. készülnek. A 21. századi életünk is elképzelhetetlen e kitűnő tulajdonságú anyagok nélkül. A futószalagról legördülő autók tömegének ma már több mint 28%-a műanyag, a gépjárműipar a harmadik legnagyobb műanyag-felhasználó. A kitűnő ütészilárdságú ABS-ből (akrilnitril-butadién-sztirolból), il-

letve üvegszállal erősített PP-ből (polipropilénből) készülnek a karosszériaelemek. Emiatt a járművek könnyebbé váltak, és így energiafelhasználásuk csökkent. A műanyagok 40%-a csomagolóanyagként használatos. Az élelmiszer-specifikus műanyag csomagolások a higiénikus tárolás és mindennapi élelmiszerforgalmazás nélkülözhetetlen megoldásai. Nélkülük számolnunk kellene az élelmiszereredetű fertőzések számának újbóli növekedésével. Az is igaz, hogy új kihívásként egyre nő az igény a kedvező tulajdonságú, biológiaiilag lebontható anyagok iránt.

Az orvoslásban széles körben elterjedtek a műanyagok, de csúcs-orvostechnikai alkalmazásuk nagyon magas fejlesztési követelményeket támaszt. Az idősök elszürkült szemlencsáját például ma már műanyagból készült lencsére lehet cserélni. A kezdeti műlencsék még merevek voltak (plexi), így a szemén nagy metszést kellett ejteni. A rugalmas, összehajtható (még az UV-sugárzásnak is ellenálló) szilikonlencse beültetéséhez jóval kisebb metszés is elegendő, ezért a gyógyulási idő sokkal rövidebb, a beteg már a műtét napján hazamehet. (Magyarországon évente hatvanezer beteg életminőségét javítja ez a műtét.) Törött csontok, sérült szövetek gyógyítására gyakran használnak támaszokat, protéziseket. Ezeket egy újabb műtét során kell eltávolítani a beteg testéből. Ám ha a protézis olyan műanyagból (poli-hidroxi-butirát) készül, ami dolga végzetével a szervezetben felszívódik, nem kell a beteget (és a társadalombiztosítási rendszerünket) újabb operációval terhelni. A műtétek során megszakadt vérereket polipirrol-alapú véredény-összekötőkkel egy-két perc alatt össze lehet illeszteni, míg korábban ez a művelet harminc perct is igénybe vett.

De a ruházatunkat is átalakította a műanyagok terjedése. Nem is olyan régen még

vastag, nehéz, nem lélegző, de mégis átázó kabátokat kellett viselnünk telente. Manapság a modern kémiának köszönhetően ruházatunk szélsőséges időjárás esetén is kellemes viselet. A „lélegző” anyagokból készült ruhák, lábbelik elvezetik a párákat a testfelületről. Az anyag mikropórusos rétegében van a titok, mert ezen nem férnek át az esőcseppek, a testből érkező pára kisebb részecskéi viszont igen. Kifejlesztettek már ún. *intelligens* anyagokat is, amelyek reagálnak a környezeti hatásokra, például képesek a hőszabályozásra.

A sporteszközök terén nagy változást jelentett a szénszálak beépítése versenyautókba, kerékpárokba, teniszütőkbe. A szénszál hatására ezek jóval ellenállóbbak lesznek, viszont továbbra is könnyűek maradnak. A focipályákon sem a *bőrt* rúgják ma már, hanem a többrétegű poliuretán (PUR) borítású labdát. A rétegek közé PUR-hab van ágyazva, ennek köszönhető a rugalmasság. A labda kis tömege ellenére alig deformálódik, így röppályája sem változik lényegesen. A stadionok polikarbonátból készülő óriási tetőszerkezete hagyományos üvegből megvalósíthatatlan lenne.

Az utak minőségét is látványosan javítják a különféle műanyagok. Szintetikus polimerekkel (sztirol-butadién-sztirol) például az aszfalt tartóssága, terhelhetősége fokozható. Kevesebb lesz a kátyú, biztonságosabb lesz az autózás, és kevesebb pénzt kell költeni útjavításokra. (Különösen ajánljuk ezt a hazai felhasználók figyelmébe!)

A műanyagok terjedése azonban nem problémamentes (az óceánokba is hatalmas mennyiségben bekerülve veszélyeztetik azok élővilágát). A jelen és a jövő nagy kihívását képezi költséghatékony újrahasonosításuk – amire elsősorban a kémikus nyújthat megoldást.

Egy sikeres házasság: kémia és elektromosság

Kémiai reakciókkal elektromos áram termelhető (például galvánelemek működése), elektromos áram felhasználásával pedig kémiai reakciók valósíthatók meg (elektrolízis). A kémia és elektromosság kapcsolatát tehát több irányból is hasznosíthatjuk. A több mint kétszáz éves múltú elektrokémia mindig fontos szerepet töltött be a vegyiparban.

Az alumínium ipari méretű, gazdaságos előállítását is az elektromos energia segítségével oldották meg a 19. század második felében, de igazán nélkülözhetetlen fémmé csak a 20. században vált. Az elektrokémiai ipar ma a vegyipar egyik jelentős ága, az alumíniumon kívül olyan fontos elemeket állítanak elő elektrolízissel, mint a klór, hidrogén, króm, réz, nikkel, lítium, nem is beszélve a szerves és szervetlen vegyületek hosszú soráról.

Az elektrokémia másik fontos területét az akkumulátorok és az elemek kifejlesztése jelenti, amelyek segítségével a villamos energia tárolhatóvá vált. Ezek az eszközök gyorsan elterjedtek, mivel nagyon praktikusak hétköznapi eszközeink működtetésében, például fényképezőgépekben, mobiltelefonokban, szórakoztatóelektronikai termékekben, számítógépekben; de egészségügyi készülékekben is pótolhatatlan szolgálatot tesznek, mint például a szívritmus-szabályozókban, hallókészülékekben, vércukormérőkben.

Napjaink problémája, de biztonságos jövőnk záloga a hosszú távú energiabiztosítás. A kőolajból nyert alkánok égetése messze nem a legjobb mód energiatermelésre. Különösen nagy reményeket fűzünk ezért a tüzelőanyag-cellák alkalmazásához, amelyekben egy kémiai reakcióval termelünk elektromos áramot, ráadásul szennyezőanyag kibocsátása nélkül. Működésük szempontjából kritikus fontos-

ságú a felületek kialakítása és a közeg, amelyben a reakció történik. E cellák működéséhez üzemanyagot kell biztosítani. A legelterjedtebb típusok hidrogént használnak üzemanyagként. Hidrogénalapú rendszer esetén a reakció végén a hidrogén a levegő oxigénjének felhasználásával vízzé alakul vissza, azaz a tüzelőanyag-cella nem bocsát ki szén-dioxidot. Bár már léteznek tüzelőanyagcella egységekből álló erőművek, otthonokat és településeket is ellátó rendszerek, mégis a legtöbb első számú fogyasztóként a közlekedés résztvevőire kell gondolnunk, ha a hidrogénalapú gazdaságról beszélünk.

A kémiai Nobel-díjas Oláh György munkásságának köszönhetően azonban a metanollal működő tüzelőanyag-cellák fejlesztésében is jelentős előrelépések vannak.

Mi mindent nyújthat a kémia a jövőnkhez?

Napjainkban a természettudományok, így a kémia egyik legfőbb célja, hogy a környezetvédelmet szem előtt tartva olyan technológiai fejlődést indítson el, amely az elkövetkező generációk számára is fenntartható. A Föld fosszilis energiahordozói fogytán vannak, és használatuk a környezetre is igen káros. A már említett tüzelőanyag-cella képes egy kémiai reakció energiáját közvetlenül és folyamatosan, adott esetben szennyezőanyag-kibocsátás nélkül elektromos árammá alakítani. A kémia azonban nemcsak az ezen az úton történő energiahasznosítás meghatározó tudománya. Nukleáris energia felhasználásához és magfúzióhoz egyaránt nagy szükség van a kémiára, különösen új, kiváló tulajdonságú anyagok előállításához.

A mesterségesen előállított, élettelen anyagokkal foglalkozó, harminc-harmincöt éve önálló tudományterületi rangra emelkedett *anyagtudomány* alappilléreit a fizika és a ké-

mia adja, és a mérnöki tudományokkal is szoros kapcsolatban áll. Az adott célfeladatra szánt korszerű anyagokat úgy tervezik, hogy összetételük pontosan ismert legyen, és ellenőrzött körülmények között, kémiai úton, hibamentes szerkezettel állítják elő őket. Az úrsíklók alját például egy olyan bevonattal kell ellátni, amely kibírja a légkörbe való visszatéréskor fellépő, 1000 °C feletti hő, ráadásul a tömege sem túl nagy. Ezt a követelményt egy olyan szálás szerkezetű, emiatt kis sűrűségű üvegkerámia bevonat elégíti ki, amelyet alumínium-bór-szilikát szálakból készítenek. A grafén a szénatomoknak csupán egyatomnyi vastagságú lemeze. Segítségével a mikroelektronikai eszközökben – a szilíciumot leváltva – további méretcsökkenés válik lehetővé, a síkképernyők mellett pedig megjelennek a hajlítható képernyők is.

A nanoskálán (1–50 nm) lejártszódo jelenségek vizsgálatával foglalkozó *nanotudomány* a kolloidikából önálló sodott. Ezzel együtt robbanásszerű fejlődésen ment át a *nanotechnológia* is, a fullerén felfedezésével kötik össze kialakulását, amelynek célja nanoszerkezetek létrehozása és hasznosítása. Mindkét tudományterület erősen inter- és multidiszciplináris jellegű, szorosan összefonódott számos alkalmazott tudománnyal (például katalízis, elektronika, gyógyszerkémia stb.). A félvezető tulajdonságú fénoxid-nanorészecskék például kiváló fotokatalitikus sajátságúak, így lehetővé teszik, hogy a napenergia felhasználásával bontsunk le a környezetre káros szerves anyagokat.

Nanokémia lényegében a *szupramolekuláris kémia* is, mely a jövő kémiájának egyik ígéretes területe. Olyan, viszonylag egyszerű molekulákból felépülő halmazokat állít elő és vizsgál, melyeket nemkovalens kölcsönhatások tartanak össze, és melyek képesek arra,

hogy biológiai folyamatokat utánozzanak. Ezek a halmazok önmaguk tudnak rendszerre szerveződni, külső kényszerítő hatás nélkül. Jellemzőek az olyan molekuláris építmények, amelyeknél az egyik komponens egy betölthető üreget tartalmazó molekula, ami magában foglal egy másikat. Felhasználásuk elsősorban a *nanomedicina* és az elektronika területén várható. A nanoszerkezetek segítségével például lehetővé válik, hogy a daganatellenes szerek csak rákos sejtekbe jussanak be, de az egészségesekbe ne.

Létre lehet hozni olyan *molekuláris motorokat és nanoerőgépeket*, melyeket a környezet kémhatása és ionereje, vagy fotokémiai reakció vezérel. Bár munkavégzésük szerény, de megbízhatóan működő, folyamatos forgásra képes eszközök, például orvosi és elektronikai alkalmazást nyerhetnek.

A már ma is számos területen használt mágneses folyadékok többféle klinikai alkalmazhatósággal kecsegtetnek.

Az elektromosságot vezető polimerek ma még „csak” televíziók, napelemek alapjai, de az izommozgást utánzó bionikai eszközök kialakítására is alkalmasak lehetnek.

A kerámia a korszerű motorokban a fémeket helyettesíti.

A számítógépek fejlődése elképzelhetetlen kémia nélkül, a félvezetők, optikai kábelek előállítására önmagában elegendő ennek alátámasztására.

Az életminőség világméretű javítása és az ehhez szükséges erőforrások, termékek biztosítása jelenlegi világunk nagy kihívása. Nem könnyű feladat megoldani, hogy egyre több ember könnyebben, jobb életszínvonalon, egészségesebben élhessen, de úgy, hogy közben környezetünket, valamint az egész bolygót a következő generációk számára is élhetően megtartsuk. Mit tesz, és mit tehet ennek

érdekében a kémiatudomány és a vegyipar? Nem szóltunk még a múlt század végén kialakult irányzatáról, a *zöld kémiáról*, amely éppen ez utóbbi szempontra koncentrál. A zöld kémia már a kutatás és fejlesztés fázisában figyelembe veszi a gyártási folyamatok és a termékek várható környezeti hatásait, csökkentve vagy megszüntetve a környezetre veszélyes anyagok előállítását és felhasználását.

Nem kétséges előttünk, hogy a kémia a jövőben is – lényegéből adódóan – képes lesz kielégíteni a fenntartható fejlődés környezet-megőrző feltételeit: újabb és újabb környezetbarát anyagokat, megoldásokat, a vegyipari eljárások környezetkímélő technikáit fejleszti ki, megoldja a fogyasztói társadalmak által termelt hulladékok, szennyvizek megfelelő kezelését és újrahasznosítását. Mérési eljárásokat dolgoz ki a káros anyagok érzékenyebb kimutatására, keresi a megújuló és alternatív energiaforrások hatékony felhasználásának

módját, hogy csak néhány releváns területet említsünk.

Van tehát tennivaló bőven. E rövid áttekintés remélhetőleg érzékeltetni tudta a kémia nélkülözhetetlen szerepvállalását napjainkban és a jövőben, még akkor is, ha nem érinthette a kémia számos jelentős területét, minden új irányzatát, azok jelentőségéhez semmiképpen sem méltó módon. Reméljük azonban, hogy így is sikerült meggyőzni az Olvasót arról is, hogy a kémia képes lesz megfelelni a jövő kihívásainak, hozzájárulni egy nagyszerű új világ létrejöttéhez, és szolgálni annak fenntartását. Hozzá kell tenni azonban, hogy az nem csupán a kémián múlik, hogy ez az új világ létrejön-e...

Kulcsszavak: *Kémia Nemzetközi Éve, kémia és életminőség, energiaforrások, energiagazdálkodás, új anyagok, kémia és fenntartható fejlődés*



A MIKROKOZMOSZ KÉMIÁJA – A KÉMIA MIKROKOZMOSZA¹

Perczel András²

az MTA levelező tagja, egyetemi tanár,
ELTE TTK Kémiai Intézet Fehérjemodellező Kutatócsoport
perczel@chem.elte.hu

Prologus helyett

Az UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) és az IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) döntésének köszönhetően 2011 a kémia éve (IYC 2011 – International Year of Chemistry). Több nemzetközi és hazai kerek évforduló (például 100 éves az atommodell, 150 éves Madách Imre *Az ember tragédiája* első kiadása, 200 éve született Liszt Ferenc és Perczel Mór stb.) mellett ebben az évben több szó is esik a kémia diszciplínáiról. Mert a kémiára is igaz a mondás: *Ignoti nulla cupido*, mely szerint, *amit nem ismerünk, arra nem vágyakozunk*, s ezt bátran kiegészíthetjük még azzal, hogy *nem is szerethetjük*. A kémia évének rendezvényei javíthatnak a hiányos, felületes és gyakran negatív közmegejtésen. Noha az elmúlt évtizedek során a vegyipar, a gyógyszeripar, a műanyagipar termékei átalakították és jelentősen megkönnyítették hétköznapi életünket, a kémia nem lett népsze-

rűbb. A világ molekuláris szintjének megismerése a közgondolkodásban csak döcögve halad. Ráadásul hibás gazdasági döntések s a profitmaximalizálás szűklátókörűsége miatt a kémia elsősorban akkor kerül az újságok címlapjára, mikor elhanyagolt ipari létesítményekben bekövetkező balesetek, környezet-szennyezések és katasztrófák emberéleteket követelnek. A kémia „erejének” ilyenén meg tapasztalása nem szívderítő, sőt egyenesen tragikus! Érdemes tehát feltennünk a kérdést: *lényegét tekintve mi is a kémia?*

Történeti aktualitás

2011 azért lett a kémia éve, mert Marie Curie (született Maria Skłodowska) száz évvel ezelőtt, 1911-ben kapta meg a kémiai Nobel-díjat az alkáliföldfém rádium (⁸⁸Ra) és a hazájáról elnevezett fém polónium (⁸⁴Po) felfedezéséért, tulajdonságaik tanulmányozásáért. A lengyel származású asszony azon ritka tudósok közé tartozik, akik kétszer is kiérdemelték Stockholm kitüntető figyelmét; ugyanis 1903-ban már Henri Becquerel és férje – Pierre Curie – társaságában megkapta a fizikai Nobel-díjat is. (1902-ben Pierre Curie-vel az urán és a tórium után a még mindig sugárzó uranit ércből is izolálták, majd tisztán előállították a rádiumot.) Élete és viszonylag korai halála

¹ Az MTA 2011. májusi, 181. rendes közgyűlésén elhangzott előadás szerkesztett változata. A szerző köszönetét fejezi ki az MTA Elnökségének és a VII. Osztálynak a plenáris előadás megtartására vonatkozó megítéltelők felkéréséért.

² A Bolyai-díj 2011-es kitüntetettje.