

Kémia

BEVEZETŐ GONDOLATOK

– kémiai mozaik –

Görög Sándor

az MTA rendes tagja, a VII. osztály elnöke, c. egyetemi tanár
Richter Gedeon RT., Budapest – s.gorog@richter.hu

I.

A *Magyar Tudomány* kémiai tárgyú különszáma 13 írást tartalmaz. Ezek témáit úgy állítottuk össze, hogy a lehető legsokoldalúbban mutassák be a kémia színes világát, szerepét a 21. század kezdetén mind a tudomány, mind pedig a mindennapi élet területén. Így tehát tulajdonképpen egy mozaikot, kémiai mozaikot nyújtunk át a lap olvasóinak. Bár a *mozaik* fogalmat itt természetesen metaforaként használom, érdemes egy rövid kitérő erejéig megállni a szó tulajdonképpen jelentésénél.

II.

A Magyar Nagylexikon definíciója szerint a mozaik " ... nedves vakolatba vagy cementbe vagy egyéb összetartó anyagba (például gipszbe) illesztett, különféle színű, apró méretű kő vagy üveglapocskákból, esetleg kavicsból készült díszítmény". A mozaik, mint a maga környezetét, kultikus helyeit széppé varázsolni igyekvő emberiség esztétikai örömeik nyújtására irányuló törekvéseinek egyik kifejezési eszköze, szinte egyidős magával az emberi kultúrával. Mi a mozaik mind fizikai, mind esztétikai szempontból is megnyilvánuló időállóságának kulcsa? Miért adhat betekintést ma is a Piazza Armerinába

látogatóknak a római élet és hitvilág színes világról a Villa Casale padlómozaikja, annak ellenére, hogy 1700 éves történetéből 800 évig földdel volt borítva? Mi a titka a ravennai Galla Placidia-mauzóleum kupolája csodálatos kék égboltjának és a rajta arany színben ragyogó csillagoknak, vagy a szomszédjában levő San Vitale-bazilika apszisában Justinianus császár és Theodora császárnő, valamint kíséretük színpompás öltözeke élethű színvisszaadásának? Miért csodálhatjuk több évszázados brutális lemeszelés után is a konstantinápolyi Hagia Sophia és a Chora-kolostor csodálatosan színgazdag krisztusábrázolásait? Honnan a 12. századi monrealei dóm szinte a teljes ó- és újszövetségi Bibliát bemutató mozaikkomplexuma háttérének arany ragyogása? Ezekre a kérdésekre az alkotók magasszintű művészetén túlmenően a kémia adhatja meg a választ.

Ez többféle megközelítést igényel. Vegyük ezek közül első helyre a mozaik készítéséhez felhasznált kövek és egyéb anyagok *mechanikai sajátosságait*. Természetesen itt feltétlenül fontos a szilárdság, keménység (főként padlómozaikok esetében), a kopásállóság (különösen a szabad téren elhelyezett mozaikok esetén), a csekély vízdékonyság. Hogyan biztosítható mindez? A

kulcsot a földkéreg kémiai összetételének rendkívüli változatossága adja meg. A világmindenség és ezen belül a földkéreg elemi összetételének kialakulását a *big bang*g visszamenően Marx György kiváló tanulmánya (Marx, 2001) írja le. A földkéreg két leggyakoribb eleme az oxigén (45,6 %) és szilícium (25,7 %). Ennek a két elemnek leggyorsabb (és a mozaikkészítésnél is jelentős) vegyülete a kvarc (SiO_2). Ennek szerkezetében nem $\text{O}=\text{Si}=\text{O}$ molekulákkal kell számolni, hanem olyan nagy szimmetriájú 3 dimenziós térhálóval, ahol a szilícium mind a négy vegyértéke oxigénhez, az oxigén két vegyértéke pedig szilíciumhoz kötődik. A tiszta kvarcnál sokkal elterjedtebbek annak olyan származékai, ahol a szilíciumatomok egy részét alumínium helyettesíti, és ennek következtében (az alumínium csak három vegyértékű!) további fémek (nátrium, kálium, kalcium, bárium stb.) lépnek be a kristályrácsba. Ezeknek, a földkéreg 92 %-át kitevő kőzeteknek és ásványoknak közös tulajdonságait nagyban meghatározza a szilícium- és oxigénatomok közötti kovalens kötés nagy stabilitása és a kristályrács többékevésbé szimmetrikus szerkezete. A mozaikkészítés szempontjából fontos tulajdonságok közül ezekre vezethető vissza egyebek között a megfelelően nagy keménység. Ez a klasszikus Mohs féle 1-10-es keménységi skálán 6-7-es értékkel jellemezhető. Ez biztosítja a megfelelő kopásállóságot, de ugyanakkor még viszonylag könnyen kialakítható a mozaik készítéséhez szükséges darabok nagysága és alakja. (Nagyobb keménységű ásványok esetén ez utóbbi már problematikus lehetne.) Erre az atomos szerkezetre vezethető vissza a kedvezően csekély vízoldékonyság is. Ugyancsak a kvarcból vezethetők le, illetve állíthatók elő a mozaikok készítésére később tárgyalt okokból kiválóan alkalmas üvegek, amelyek nem kristályos szerkezetűek: túlhűtött folyadékoknak tekinthetők. Bár a szilikát alapú atomrácsos

kőzetekhez képest keménységük és vízzel, valamint kémiai behatásokkal szembeni ellenálló képességük kisebb, kiterjedten alkalmazhatók mozaikkészítésre a kalcium-karbonát alapú kőzeteket, főként a márványt is.

A mechanikai tulajdonságok mellett a mozaikkészítés szempontjából másik, meghatározóan fontos sajátosság a felhasznált anyag *színe*. A földkéreg eddig említett alkotórészei tiszta állapotukban színtelenek. A szilárd anyagok esetén a szín kialakulásának ugyanis egy olyan jelenség az alapja, amely esetén az anyagra eső fehér (kevert) fénysugár bizonyos hullámhosszú komponenseit az anyag elnyeli, és a visszavert fénysugár már nem a teljes fehér fényt, hanem csak az el nem nyelt részt (az elnyelt rész komplexitását) tartalmazza. A szín eredményező szelektív fényelnyelés feltétele, hogy legyen az elnyelő anyag atomjaiban, ionjaiban vagy molekuláiban olyan elektron, amelyet a fehér fény egy bizonyos hullámhossztartományal jellemezhető komponense állapotból egy magasabb energiatartalmú pályára emelni (gerjeszteni) képes. Az eddig említett elemek túlnyomó része (szilícium, oxigén, szén, alumínium, nátrium) a periódusos rendszer első három periódusában helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy elektronjaik az igen stabilis *s*, illetve *p* pályán foglalnak helyet: olyan egyszerű vegyületekben, mint az említett ásványok/kőzetek, látható fénnel nem gerjeszthetők. Ugyanez vonatkozik az elektrongerjesztés szempontjából jelentőséggel bíró külső pályán csupán *s* elektronokat tartalmazó káliumra, kalciumra és báriumra is. A szín megjelenésének feltétele a vegyületek, ezek körében a könnyen gerjeszthető *d* elektronok jelenléte bizonyos elemek (króm, mangán, vas, kobalt, nikkél, réz stb.) atomjaiban, illetve ionjaiban. Ezeknek a fémeknek ásványai és ipari előállításukra szolgáló ércei is színesek. A mozaikok szempontjából még jelentősebb, hogy az említett színtelen szilikát alapú kő-

zetek, üvegek és a márvány is tartalmazhatja kis mennyiségben, kémiaiilag kötött formában ezeket a fémeket. Ezek színét befolyásolja a fém mennyisége, vegyértékállapota és kémiai környezete. Innen származik az ásványvilág és az ilyen módon mesterségesen is színezhető üvegek színeinek a mozaikok készítésénél messzemenően kihasznált csodálatos világa, ahol a kék szín általában kobalt vagy réz, a vörös szín vas, esetleg króm, a rózsaszín mangán, a zöld szín vas, króm, réz, esetleg vanádium, a sárga főként nikkell, a fekete szín pedig vas vagy mangán jelenlétének következménye. Az a tény, hogy az ásványvilág színei fémekhez kapcsolhatók, magyarázat ezeknek a színeknek rendkívüli állandóságára is. (A növényvilág hasonlóképpen elragadó színvilága egész más alapokon nyugszik: itt a szín alapját képező, könnyen gerjeszthető, ún. p-elektronok a szerves (szén) vegyületek bonyolult kötési rendszereihez rendelhetők. Ezek már közel sem ilyen ellenállóak a környezeti behatásokkal szemben: gondoljunk a virágok színváltozásaira a hervadás során, a nyári erdőknek őszibe fordulását kísérő csodálatos színekre.)

A különösen a bizánci mozaikoknál oly nagy jelentőségű arany díszítőelemek külön említést érdemelnek. Legyen ez akár színarany, akár az ahhoz színre és csillogásra nézve is nagyon hasonló ún. mozaikarany (kb. 2:1 arányú réz-cink ötvözet) a jellegzetes szín, az átlátszatlanság és csillogás oka az a tény, hogy fémek esetében a külső pályán levő elektronok könnyen gerjeszthető közös elektronfelhőt alkotnak. Az elektronfelhő és a benne elhelyezkedő atomtörzsek sajátos mechanikai tulajdonságokat (például nyújthatóság, kalapálhatóság) is kölcsönöznek a fémeknek. Ez az alapja a mozaikok nagy felületeinek beborítását lehetővé tevő, rendkívül vékonyra megmunkált aranyfűst előállításának is.

III.

Azért tettem ezt a kitérőt a bevezető gondolatok alapját képező metafora kémiai hátterének felvillantására, hogy ezzel is illusztráljam azt, hogy milyen mértékben hatja át a kémia a mindennapi élet szinte minden vonatkozását: még egy ilyen képzőművészeti kategória, mint a *mozaik* mögött is kémiai meggondolások sorát lehetett felsorakoztatni. Ezek a meggondolások természetesen ugyanúgy a kémia klasszikus ismeretanyagához tartoznak, mint ahogyan a mozaik a képzőművészet klasszikus (ókori, kora középkori) korszakának volt a jellegzetes kifejezési formája. Ugyanez ugyanígy vonatkozik azonban a 21. század emberének mindennapi életét, életminőségét, egészségét döntő mértékben meghatározó anyagokra, tárgyakra és folyamatokra is: mindezek mögött mindig megtalálható a kémia.

A kémia legjellegzetesebb területe az anyagok (vegyületek) molekuláinak egymással való ütközése során végbemenő, új molekulákhoz vezető *kémiai reakciók* tanulmányozása. Ezek a reakciók végbemehetnek homogén fázisban, amikor mindkét reakciópartner azonos, általában gáz- vagy folyadékfázisban van jelen. A heterogén reakcióknál vagy a két reakciópartner van különböző fázisban (szilárd-gáz, szilárd-folyadék, folyadék-folyadék stb.), vagy gáz- illetve folyadékfázisban végbemenő reakciók lejátszódását vagy legalábbis gyorsítását lehetővé tevő katalizátorok vannak más (szilárd) fázisban. A *katalízissel* Tétényi Pál, Lázár Károly, Paál Zoltán és Simándi László dolgozata foglalkozik. Mivel ezek a katalitikus reakciók az esetek nagyobb részében szilárd anyagok felületén játszódnak le, az utóbbi időben rendkívüli mértékben felértékelődött a *felületkémia* szerepe, ami Berkó András dolgozatának tárgya. Ennek a két területnek az elméleti érdekességükön túlmenő ipari jelentőségét nehéz lenne túlértékelni. A számtalan alkalmazási terület közül

különös jelentőségű az energiahordozó és üzemanyagipar. Ez utóbbi már átvezet az energetika területére, ahol teljesen újszerű megközelítésnek tekinthetők Oláh György és iskolájának legújabb kísérletei, amelyekről Oláh György és Ániszfeld Róbert számolnak be. A kémiai reakciók speciális fajtáját jelentik az óriásmolekulákhoz vezető *polimerizációs reakciók*. Ezek az egészségügy, öltözködés, közlekedés, bútortipar, építőipar és számos további területen hatalmas lehetőségeket teremtő *műanyagkémia* alapjai. Ennek a területnek néhány speciális vonatkozásáról (társított és erősített műanyagok) Pukánszky Béla tájékoztat.

Már eddig is többször esett említés a kémiai reakciókról, mint a vegyipar alapjairól. Ez felvet ökológiai problémákat is; az *ipari ökológia* fontos területével foglalkozik Szépvölgyi János dolgozata. Az ipari környezet-szennyezés problémáinak újszerű megoldását kínálja a „*zöld kémia*”, amivel összeállításunkban Horváth István Tamás foglalkozik.

A kémia döntően befolyásolhatja, javítja életminőségünket, egészségünket. Ezt célozza a gyógyszerkutatás és a gyógyszeripar. A korszerű *gyógyszerkutatással*, illetve abban a számítógépes gyógyszertervezés szerepével Kövesdi István, Dancsó András és Blaskó Gábor, a gyógyszerkutatás egy speciális ágával, a *gyógynövénykutatással* pedig Nyiredy Szabolcs foglalkozik. Az életminőséget jelentősen befolyásolja az elfogyasztott élelmiszerek egészségkárosító szennyezéseinek megfelelő kontrollja. Az *élelmiszerbiztonság* kérdései képezik a tárgyát Farkas József dolgozatának. Ennek biztosítása nagyszámú analitikai mérést igényel.

Az analitikai kémia magyar sikerterülete, az *(elektrokémiai) szenzorok* kutatása is sok szállal kötődik az életminőség javításához. Amint az Tóth Klára és Gyurcsányi E. Róbert dolgozatából is kitűnik, fő alkalmazási területük az orvos diagnosztika és a környezetvédelmi analitika. Ugyancsak a szélesebb értelemben vett analitika területére esik a *ciklotronoknak* a legújabb időkben széleskörű lehetőségeket megnyitó alkalmazása, ami Vankó György és Vértes Attila dolgozatának tárgya.

IV.

Szerény, mozaikszerű összeállításunk csak néhány, szinte önkényesen kiválasztott területet ölel fel a kémia színes világából. Ezekből is látható azonban, hogy a kémia önmagában és számos más tudománnyal szoros együttműködésben, azokba beépülve milyen nagy hatással van az egyetemes tudomány fejlődésére, és így hatása az emberiség életére is rendkívüli. Bizton mondhatjuk, hogy a kémia „*központi tudomány*”. Beck Mihálynak az összeállításunkat záró dolgozata részletesen foglalkozik ezzel a kérdéssel, amelynek Oláh György is külön fejezetet szentelt a közelmúltban magyarul is megjelent könyvében (Oláh Gy. 2002). Mind a kémikusok, mind pedig a társadalom szempontjából fontos feladat tehát, hogy a kémiát gyakran érő igaztalan támadások korában számot adjunk a *kémia és a társadalom* viszonyáról. Ezért zárják összeállításunkat Beck Mihály gondolatai erről a kérdéskörrel.

Kulcsszavak: *kémia, mozaik, ásvány, közet, központi tudomány*

IRODALOM

Marx György (2001). *Nukleáris történelmünk*. Vértes Attila (szerkesztő): *Nukleáris tudomány és a 20. század c. könyvében*. MTA, Bp., 13-35. old.

Oláh György (2002). *Életem és a mágikus kémia*. Better Kiadó, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 25-44. old.