

## IUPAC-centenárium

Az IUPAC 2019-es centenáriumnán elhangzott előadásokról<sup>1</sup> szóló összeállításunkban **Sophie Carencó**, a Sorbonne/CNRS/Collège de France Kondenzált Anyagok Kémiai Laboratóriuma munkatársának cikke következik.

# A kreatív kémikus

**H**armincnégy éves kémikusként a nem jól definiált „pályája elején álló tudós” vagy másképpen a „fiatal kémikus” kategóriához tartozom: ez az a generáció, amely a kutatói állások nyomasztó hiányának idején nőtt fel, amit csak fokozott az impaktfaktor zsarnoksága [1]. Hogy kielégíthessük szenvedélyünket a kémia – csodái, lehetőségeinek gazdagsága, közös munkára sarkalló, jobb világ teremtésére alkalmas képessége – iránt, ez a grantok utáni véget nem érő kutatást eredményezett. Vannak közöttünk olyanok, akik még tanulmányaikat folytatják, mások utaznak a világban: posztdok-állásról posztdok-állásra vándorolnak, néhányan, a szerencsésebbek oktatói vagy tanszéki álláshoz jutottak, míg a többiek kutató-fejlesztő ipari csoportokhoz vagy start-upokhoz csatlakoztak vagy más utat választottak.

Én a szerencsések egyike vagyok. A CNRS (a Franciaországos Tudományos Kutatási Központ) kutatójaként biztos állásom van egy jó egyetemen, korán elnyertem kutatási grantokat, így szívemhez közel álló területen indíthattam saját projektet: a kicsi, nagy számban előforduló molekulák, például a CO<sub>2</sub> hasznosításának fokozását segítő nanorészecskék tervezését. Új vegyületeket állítunk elő nanoméretben, és módosítjuk azokat szerves ligandumokkal, hogy növeljük felületi reaktivitásukat – ezzel járulva hozzá, ha csak egy jótányival is, a klímaváltozás óriási kihívásához.

Arra is időt kell szakítanom, hogy olyan elvi kérdéseken gondolkozzam, mint: „Melyek a nanoskálájú anyag legfontosabb jellemzői, deszkriptorai?” A kémikusok évszázadok alatt alakították ki a molekulák leírására, ábrázolására szolgáló rendszerüket az íztől és a szagtól a molekulatömegig, azután kifejlesztették a képletek és az elektronpályák rendszerét (lásd az ábrát). Hatékony fogalmak születtek, mint például a korszerű „aromaticitás”: ma egy molekula releváns deszkriptora a  $\pi$ -elektronok száma. Ennek a felfogásnak a technológiai melléktermékei az új gyógyszer-molekuláktól a napelemekig terjednek. Ezzel szemben a nanokémia még a gyermekkorát éli: alig vagyunk a leírás szakaszában (összetétel, alak), talán csak néhány rendszer kivételével, mint pl. a plazmonikus nanorészecskék vagy a kvantum-pöttyök... Ez hajmeresztő! Nyitott látóhatár, hogy kinyújtózzunk, szabadjára engedjük a képzeletünket, és új eszközöket hozunk létre bolygónk lakóinak – például a nanorészecskéken alapuló teranosztikát, az intelligens energiahasznosító technológiákat, a kvantumszámítógépeket.

Minden ilyen „fiatal kémikus álom” megvalósításához – akár a nanotudományban, akár a kémia bármely ágában – kell valami: a kreativitás vagy pontosabban a kreatív gondolkodáshoz és a kreatív munkához szükséges tárgyi feltételek teljesülése a pálya során.

Véleményem szerint a szakmai karrier és a munkafeltételek mai fejlődése fojtogatja a fiatal kémikusok kreativitását. A pro-

jektek rövid távú támogatása [3]; a produktivitáson, semmint az eredetiségen alapuló értékelési rendszerek; az emberek néha konformista szerződötetése, amely nem nézi jó szemmel az interdiszciplináris profilt; a sokféle kötelezettség (adminisztratív feladatok, menedzsment, oktatás, bírálókat...) mind-mind olyan akadályok, melyek gátolják a kreatív munkát. A nagyon kedvező munkafeltételek ellenére egy napom most is tele van olyan feladatokkal, melyek rabolják a kreatív képességeimet: szemináriumok és bizottságok szervezése, eszközök rendelése és készülékek specifikálása, úrlapok kitöltése (adminisztráció, értékelő, utazási... mondd tovább), dokumentumok készítése különböző célokra (pl. folyóiratok és pályázati ügynökségek igényei kielégítésére), részvétel a laboratóriumi biztonsági körülmények megteremtésében és a betanításban... A legtöbb jogos feladat, de öszszességében kibírhatatlan. Ha le kellene írnom a munkakörömmel járó napi feladatokat, nemigen tudnám azt írni, hogy „ismeretek gyűjtése” vagy „tudományos kérdésekkel való foglalkozás”, hanem sokkal inkább azt, hogy „projekt-menedzser, tanácsadó, mentor, kommunikátor, bíráló és műszaki dokumentáció írója”.

Mialatt elismerem ezen feladatok fontosságát, erősen hiszek abban, hogy közösségként egyensúlyt kell találnunk ezek és a kreatív gondolkodásra szánt idő között [4]. Néhányan közülünk kiemelkednek egyik vagy másik fentebb említett területen. Azonban úgy tűnik, mindannyiunknak meg kell küzdenünk ugyanazzal az összes feladattal. Véleményem szerint ez veszélyezteti a „kreatív kémikus” magatartást: azt, hogy valaki hosszabb időt töltsön egyfolytában régi cikkek alapos olvasásával vagy olyan konferenciák anyagának hallgatásával, melyek kívül esnek szűk szakterületén, hogy gyökeresen új gondolatokkal álljon elő (még ha nem is divatosakkal), és hidakat építsen olyan tudományágak között, amelyek addig nem törődtek egymással. Ma ez nem fenntartható magatartás a kutatóintézetekben; így nem valószínű, hogy a kreatív kémikusok grantot nyernek el elképzeléseik megvalósítására, munkatársakat találnak és a tudományos közösség elismeri őket.

A kreatív kollégák kizárása veszélyes út: nincs többé a szokásostól eltérő gondolkodásmód, a tudományágak újramodellezése, nincsenek szikrák, melyek valóban rendbontó eredményekhez vezethetnek. Szélesebb aspektusból nézve, ha a kémia nem kérdőjelezi meg alapkonceptióit, például az említett deszkriptorokat, akkor élő tudomány helyett más tudományok által használt eszköztárrá válhat. Ennek társadalmi következményei lehetnek. A közvélemény és a politika már negatív képet alkot a kémiai anyagokról. Ne hagyjuk, hogy a kémikusokkal is ez történjen.

### Mit tehetünk?

Először is, javíthatjuk a változatosságot (korban, kulturális háttérben, nemből) a szerződéskötési (felvételi), értékelési, politikai-kialakító bizottságainkban. Például mellbevágó számomra, hogy

<sup>1</sup> <http://www.lactualitechimique.org/numero/442>

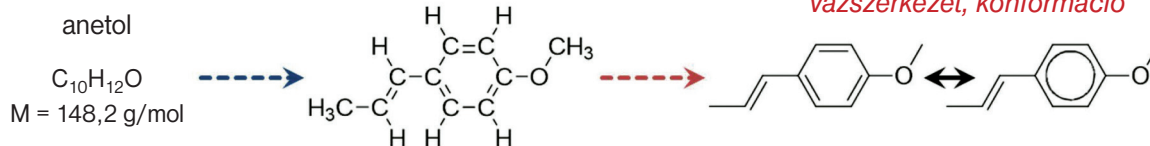


## Egy szerves kémiai fogalom: az aromaticitás

deszkriptor: íz, szag, szín

deszkriptor: a kidolgozott képlet

deszkriptor: a  $\pi$ -elektronok száma, vázszerkezet, konformáció



## Nanokémia

deszkriptor: összetétel, átmérő, alak

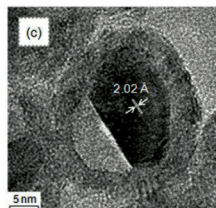
deszkriptor: sematikus ábrázolás

fejlettebb deszkriptor?

kétfémes nanorészecske



átlagos átmérő: 20 nm



Fent: A szerves kémiában a deszkriptorok évszázadokon át fejlődtek az íztől és a szagtól kezdve az olyan modern fogalmakig, mint az aromaticitás. Lent: A nanokémia deszkriptorai a nanorészecskék átlagos átmérője és összetétele, morfológiájuk sematikus leírásával [2]

a hosszú távú stratégiai döntések olyan csoportokban születnek, melynek tagjai nem fogják megélni döntéseik következményeit. Nem kérdőjelezem meg azt a szándékukat, hogy jó választ adjanak. Azonban észszerűnek látszik, hogy rendszeresen néhány 30-as, 40-es éveiben járó kollégát is meghívjanak, hogy részt vegyenek ezekben a döntésekben. A fiatal kémikusok között néhányan magukhoz ragadhatják a kezdeményezést vagy kedvezően válaszolhatnak egy ilyen felkérésre, még akkor is, ha ezzel pluszfeladatot vállalnak. Az is feltűnő számomra, hogy intézményeink aktívak az interdiszciplináris kutatások támogatásában (pl. speciális grantok révén), de a saját értékelési rendszerükben ezt nem díjazták. Próbálkoztál valaha is a saját területeden kívül eső folyóiratban publikálni? Ez rendszerint igen fájdalmas... Néhány szerkesztő ezt a kérdést interdiszciplináris folyóiratok indításával kezeli, de amíg az impaktfaktor a siker mérőszáma, addig ezek nem lesznek elegendők. Úgy vélem, a fiatal kémikusoknak, mint közösségnek, a felelőssége, hogy megragadják a gyorsan változó publikálási modell adta új lehetőségeket és „leszereljék” egy maroknyi folyóirat hegemoniáját [5].

Másodszor, el kell érni, hogy minél több anyagi forrást vonjanak be a kutatásba és az oktatásba [6]. A fiatal kémikusok hozzájárulhatnak, hogy a tudósok visszaszerezzék a társadalom bizalmát: a tudomány tisztessége jó kezdet ehhez, de a fiatal kémikusok aktívabbak is lehetnek a különböző szervezetekben, hogy azok lobbizzanak a tudomány érdekében [7] (pl. a kémiai társaságok [8], a szakmai hálózatok). A társadalmi hálózatokban való jelenlét, annak elmagyarázása, hogy mi a tudományok feladata, a vitákban való részvétel és a hamis hírek, áltudományos nézetek eloszlatása szintén sokat segít, ha elég sokan vagyunk elkötelezettek ez iránt. A pályájuk elején álló kémikusoknak fel kell készíteni a fiatalabbakat a következő generáció aktív mentorálásával és a kutatói karrier akadályain való átsegítéssel.

Végül, minden kémikusnak élnie kell minden olyan lehetőséggel, amikor növelhetjük azokat az értékeket, amelyek alapján a munkánkat megítélik és értékelik. A kreativitás sohasem lesz gyakorlati tevékenység [9]. Lényegénél fogva tétovázást, belső küzdelmet, felépítést, majd lebontást követel meg. Különböző sze-

mélyiség típusokat igényel. A tudósok között mi, kémikusok vagyunk azok, akik anyagokat, molekulákat alakítunk a kezünkkel, majd sok időt töltünk el saját alkotásaink vizsgálatával. Ezt a kiváltságot magunkra is alkalmazhatjuk: bátorítsunk nem tipikus karrier-utakat, üdvözljük azokat, akik átlépik a tudományterületek határait, és növeljük az olvasási és együttműködési készségeket, hogy minél több kreatív kémikust üdvözölhessünk. ●●●

### MEGJEGYZÉSEK

- [1] „Az impaktfaktorok tulajdonított jelentőség manapság teljesen abszurd [...] Az, hogy egy cikk jelentőségét annak a folyóirat impaktfaktora alapján ítéljük meg, amelyben közzéték, teljesen nonszensz” – írta Peter Göllitz, az Angewandte Chemie szerkesztője 2012-ben. *Angew. Chem. Int. Ed.* (2012) 51, 9704.
- [2] Az itt bemutatott példát a következő cikkből vettük: Carencio, S. et al.: *Small* (2015) 11, 3045.
- [3] Franciaországban a CNRS Kémiai Intézete nemrégén közzétett egy cikket, amely figyelmet fordít az önálló rövid távú támogatási rendszer veszélyeire és rámutat a felfedező, „blue sky” kutatások támogatásának szükségességére: *L'Act. Chim.* (2019) 436, 15.
- [4] Ez minden korosztály kutatásaira vonatkozik, és tudományterületektől függetlenül érvényes megállapítás, amit számos újabban publikált cikk támaszt alá. Lásd pl. Johnson A. C., Sumpter J.: *Nature* (2019) március 22., Woolston C.: *Nature* (2017) 546, 175.
- [5] A tudományos közlés szabályai gyorsan átalakulnak. A „Plan S” jó példa a politika beavatkozására ebbe a területbe ([www.coalition-s.org](http://www.coalition-s.org)). A fiatal kémikusok hálózatai, mint amilyen a Global Young Academy, kíváncsiak ennek a következményeire a következő néhány évben. <https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2018/10/YA-Statement-on-Plan-S-FINAL.pdf>
- [6] Ez a pont kulcskérdés nemcsak a kémia, de az összes tudományág számára. A Global Young Academy friss felmérése kimutatta, hogy milyen nehézségekkel kell szembenéznie a fiatal kémikusoknak világszerte. [https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2015/06/GYA\\_GloSYS-report\\_webversion.pdf](https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2015/06/GYA_GloSYS-report_webversion.pdf)
- [7] „A fiatal emberek a fenntartható fejlődés kulcsfontosságú” az ENSZ szerint ([www.un.org/press/en/2015/ga1648.doc.htm](http://www.un.org/press/en/2015/ga1648.doc.htm)). A fiatalok akadémiai politikai tanácsokkal, tudományos kommunikációval és kapacitásépítéssel kívánnak ehhez hozzájárulni. <https://globalyoungacademy.net/wp-content/uploads/2017/10/Statement-RoleYoungAcademies-SDGs-Oct2017.pdf>
- [8] Néhány példa a fiatal kémikusok hálózataira: az International Younger Chemist Network (IYCN) független szervezet és szorosan együttműködik az IUPAC-kal; a European Young Chemists Network (EYCN) a EuChemS fiatal kémikus divíziója; a Francia Kémiai Társaságban a „Réseau des jeunes chimistes” az országos társaság tagságának kb. 40%-át jelenti.
- [9] A tudósok esetében, hasonlóan a művészekéhez, az alkotói rutin emberről emberre változik, de a kreatív munkához pihenésre és csapongási időre van szükség, ami nem produktív. Ezt illusztrálja a következő infografika, amely szemléletesen mutatja be híres emberek napi rutinját: <https://podio.com/site/creative-routines>