



Jelen a jövő

Kerekasztal-beszélgetések az OTDK kapcsán. Első rész

Vendégek: Peter R. Schreiner és Gilberte Chambaud

Idén az ELTE Kémiai Intézete szervezte – 2021. május 17–19. között – a 35. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) Kémiai és Vegyipari Szekcióját. A közel 150 előadást tartalmazó program részeként négy kerekasztal-beszélgetésre került sor négy kémiai társaság vezetőjével a kémia jelenéről és jövőjéről, a kémiai kutatásokról, a kémia oktatásáról, valamint a kémia és a társadalom kapcsolatáról. A beszélgetéseket az ELTE TTK YouTube-csatornáján követhették élőben a szekció résztvevői a jelentős számú érdeklődővel együtt. Az egyenként 45 perces beszélgetések meghívott vendége a Német Kémiai Társaság (Gesellschaft Deutscher Chemiker, GDCh) regnáló elnöke, Peter R. Schreiner professzor, a Francia Kémiai Társaság (Société Chimique de France, SCF) nemrég leköszönt elnöke, Gilberte Chambaud professzor, az Amerikai Kémiai Társaság (American Chemical Society, ACS) soron következő elnöke, Angela Wilson professzor, valamint a Magyar Kémikusok Egyesületének (MKE) elnöke, Simonné Sarkadi Livia professzor volt. Most a német és a francia elnökkel folytatott beszélgetések szerkesztett változatát tesszük közzé, a másik két beszélgetés a Magyar Kémikusok Lapja következő számában jelenik meg.



Peter R. Schreiner

Peter Schreiner a giesseni Justus Liebig Egyetem Szerves Kémiai Intézetének professzora 2002 óta, a Német Kémiai Társaság (GDCh) megválasztott elnöke. Egyetemét dékánhelyettesként (2003–2006), dékánként (2006–2009) és tudományos rektorhelyettesként (2012–2015) is szolgálta. Schreiner professzor tudományos munkássága a szintetikus szerves kémia és a fizikai szerves kémia területére esik, különösen fontos hozzájárulásokat tett az organokatalízis, a nanogyémántok (diamondoidok), a mátrixizolációs spektroszkópia, az alagúthatás, valamint a gyenge kémiai kölcsönhatások területén. Nemzetközi kutatócsoportjában nemcsak német hallgatók és posztdoktorok dolgoznak nagy létszámban, de érkeznek oda kutatók Kínából, Iránból, Csehországból, Ukrajnából, valamint az USA-ból. Számos folyóirat főszerkesztője (WIREs Comput. Mol. Sci. és J. Comput. Chem.), társ-szerkesztője (Beilstein J. Org. Chem.) és szerkesztője a szerves kémia és a számítógépes kémia területén. 2013 óta tagja a Leopoldina Német Tudományos Akadémiának. Tudományos munkásságát nagyszámú kitüntetéssel és díjjal ismerték el, ebből kiemelendő a WATOC Dirac-érme (2003) és a legújabb, az Amerikai Kémiai Társaság (ACS) Arthur C. Cope kutatói díja (2021). Szabadidejében szívesen teniszezik.

Mészélne arról, alapvetően a saját hallgatói élményeire alapozva, hogy miként alakult ki a szerves kémia és az elméleti kémia iránt megnyilvánuló érdeklődése, mely ahhoz vezetett, hogy a kémia két ágából is PhD-t szerezzen? Hogyan befolyásolta ez a kettős érdeklődés tudományos karrierjét?

Nem terveztem, hogy két PhD-t szerezzek. Azért alakult így, mert szerettem volna minél jobban megérteni a kémiát, ezen belül pedig a szintetikus szerves kémiát. Engem a mai napig lenyűgöz, hogy a szerves kémikusok mennyi mindent elő tudnak állítani, legyen szó új gyógyszerekről vagy természetes szénvegyületekről. Hallgatóként is azt gondoltam, hogy a szerves kémiai reakciók és a kapcsolódó molekuláris szerkezetek megértéséhez tisztában kell lennem a kémia elméletével. De az elmélet annak idején a kémia teljesen elkülönülő része volt. Mint tudjuk, van szervetlen, szerves, analitikai és fizikai kémia, és van az elméleti kémia. Ezeket mind elkülönülten kellett megtanulni, 30 éve legalábbis ez volt a helyzet Németországban. Már annak idején azt gondoltam, hogy a kísérlet és az elmélet összekötése rendkívül fontos és szükséges a kémiában is. Azt mondtam tehát magamnak, hogy meg kell tanulnom mind a szerves kémiát, mind a kvantumkémiát. Többen azt javasolták, hogy válasszak: elméleti szakember vagy gyakorló szerves kémikus szeretnék-e lenni. Én azonban úgy döntöttem, hogy nem választok, mindkettőt csinálni fogom. Sokan figyelmeztettek, hogy ez örültség. Én pedig azt mondtam, hogy nincs igazuk, csak kicsit több időt kell befektetnem a tanulásba, hogy mindkét terület alapjait elsajátítsam. Azóta is ezen az elven művelem a tudományt: keresem azokat a helyeket és helyzeteket, ahol szükség van egy társterület ismeretére ahhoz, hogy sikeresen haladjon előre a kutatás. Ez a hozzáállás napjainkban a szintetikus biológia területén is megfigyelhető, ami számomra a szerves kémia és a biokémia, illetve a biológia szimbiózisa. Ez a terület úgy alakult ki, hogy sok biológus felismerte, hogy az előrehaladáshoz szüksége van szerves kémiai ismeretekre. Ezzel párhuzamosan pedig számos szerves kémikus szembesült azzal, hogy sok mindent meg kell érteni a korábban oly távolinak tűnő biológiából. Azt gondolom, ez nagyban hasonló ahhoz, amit én végigvittem három évtizede. Tanácsként azt tudnám mondani minden hallgatónak, válasszon két tudományterületet, melyekről úgy látja, lazán kapcsolódnak, és kösse össze őket a saját kutatásai segítségével. Az eredmény semmiképpen nem fog elmaradni.



Laboratóriumában nagyon sok projekten dolgoznak egyszerre. Ha ki kellene választania egy projektet, amit legfontosabbnak tart akár saját maga, akár a kémia szempontjából, melyik lenne az?

Számomra mindig az a téma a legérdekesebb, amiről a legkevesebbet tudok és a legtöbbet szeretnék megtudni. Hangsúlyozni szeretném, hogy a kvantummechanika kémiai következményei még mindig nincsenek teljesen feltárva. Ismerjük és használjuk a molekulapálya-elméletet és pontos kvantumkémiai számításokat is tudunk végezni, de ennél többre is van lehetőség. Két téma is nagyon érdekel mostanában, mindkettő szorosan kötődik a kvantummechanikához. Az egyik a kvantummechanikai alagúthatás kémiai következményeinek vizsgálata, azaz olyan reakcióké, melyek nem egy gát „megugrásával”, hanem egy gáton történő „alagutazás” segítségével mennek végbe. Bár sokat dolgoztam a témán, nem mondhatnám, hogy minden részletében értem. A másik izgalmas terület a diszperziós kölcsönhatások megértése és azok szintetikus kémiai alkalmazása. Ebben az esetben az elektronfelhő spontán polarizációja zajlik le, és ez vezet a molekulák összekapcsolódásához. Ennek a kölcsönhatási folyamatnak sincs klasszikus megfelelője, így nagyon nehéz ezeket a hétköznapi kémiai fogalmak segítségével elképzelni, de mind az alagúthatásnak, mind a diszperziós kölcsönhatásnak megvannak a szintetikus következményei. Magam egyelőre mindkét esetben a leíró fázisnál tartok, de mindkét témakört rendkívül érdekesnek és hasznosnak tartom. Visszatérve a kérdésre, ha mégis egy területet kell megneveznem, akkor az a kvantummechanika szerkesztésére gyakorolt hatása lenne.

Egy nagy, nemzetközi kutatócsoport élén áll. Milyen megfontolások alapján választ kutatási témát a csoportba kerülő hallgatóknak?

Nagyon meggagdagnék, ha tudnám a tökéletes választ. Valójában nem én találok ki a csoportban művelt tudományos témákat, hanem a témák találnak meg engem. Sok tudományos előadásban említik meg az adott témát elindító briliáns gondolatot. Néha talán van is ilyen gondolat. A csoportomban azonban többnyire az történik, hogy egy adott témán dolgozó hallgató észrevesz valami furcsaságot, és megkérdezi róla engem. Ekkor át kell gondolnom, hogy ez valami olyan, amit azonnal értelmezni tudok, vagy olyan, ami tényleg meglepő, és a hagyományos eszköztárral könnyen nem magyarázható. Ezután el kell döntenem, hogy érdemes-e a feltáruló vonalon továbbhaladni. A helyes döntés meghozatalához tisztában kell lenni a tudományterület standard modelljeivel. Csak ezek ismeretében lehet megtalálni azokat az érdekes „apróságokat”, amelyek új tudáshoz vezethetnek el.

A pandémiás helyzetet mindannyian átéltük és átéljük. A világjárvány egyik következménye, hogy a tudomány újra az érdeklődés homlokterébe került. Növekvő számban jelennek meg interjúk tudósokkal és kutatókkal, sőt a tudományos módszertan is gyakran szóba kerül. Mit gondol a kialakult helyzet előnyeiről és hátrányairól? Megváltozik a társadalom hozzáállása a természettudományhoz és ezen belül a kémiához?

A világjárvány kevés pozitívumainak egyike, hogy a közvélemény szemében felértékelődött a tudomány. Az emberek mélyen meg vannak győződve arról, hogy a kutatók az igazságot keresik, ez tevékenységük alapvető motivációja. Azt kutatjuk, hogy a természet hogyan működik, milyen mechanizmusok érvényesülnek. Általános bizalom érezhető a tudósok irányában – inkább, mint a politikusok irányában. Jó érzés látni, amikor például viroló-

gusokat és nem politikusokat kérdezik a pandémia kapcsán. De van a kérdéskörnek egy másik aspektusa, ami talán még fontosabb. A közvéleménynek el kell fogadnia, hogy a tudósok nem tudnak „megoldásokat” javasolni. Ők a helyzetet elemzik, például hogy az esetszám drasztikusan nő, és a kórházak egy idő után nem tudják ellátni a betegeket. Nem mondják meg ugyanakkor, hogy most vészhelyzet legyen, hogy maszkot kell viselni, vagy további korlátozásokat kell bevezetni. Ezeket a döntéseket a politikusoknak kell meghozni. A közvélemény el kell fogadja, hogy a kutatóknak nincsenek egyszerűen előhúzzható megoldásaik, de ők azok, akik segíteni tudnak a megoldások megtalálásában. Sajnálatos módon a kémia direkt módon nem került jobb helyzetbe a közvélemény szemében a pandémiás időszakban. Ennek oka, hogy a legtöbben nem tudják, hogy minden vakcina alapvetően kiemelkedő szinten teljesítő kémiai laboratóriumok terméke, az alapanyagok pedig vegyipari vállalatok termékei. Sokan gondolják úgy, hogy a gyógyszereket orvosok készítik, mert nekik jó az imidzsük a modern társadalomban. Azt gondolom, hogy el kell mondanunk, minél több helyen és minél többeknek, hogy a hétköznapiak tűnő kémia lát el bennünket azokkal a fegyverekkel, amelyekkel szembe tudunk szállni a Covid-19 vírussal.

Milyen tanácsokkal tudna szolgálni a tudományos előadások összeállítása és az eredmények prezentálása kapcsán?

A válaszom talán többeket meglep. A legtöbb embert valójában nem érdekli a kutatás során előálló nagyszámú adat, ábra és azok részletes prezentációja, engem sem. Sokkal inkább érdekel a kutatás mögötti történet. Hogyan jutott az előadó eszébe a kutatási téma ötlete, mik voltak az első gondolatai, milyen hipotézis alapján dolgozott? Meggyőződésem, hogy a hallgatóság különösen az emberi vonatkozások iránt érdeklődik. A jó tudományos prezentáció olyan, mint egy színházi előadás. Persze más a tárgya, de például itt is jelen van a katarzis, ami ez esetben a tudományos probléma megoldása. Lehet például beszélni a rosszfiúkról (mondjuk, a versenytársakról), akik gyorsabban próbálnak előállni a megoldással. Lehet hősről is mesélni: azokról a hallgatókról, akik a munka zömét végzik. És persze ott van a mesélő, aki maga az előadó. A hallgatóság a történetre szeret emlékezni. Gyerekkorunkból mindannyian emlékszünk mesékre, például a Grimm testvérek meséire. A maga módján a tudományos előadásnak is ilyennek kell lennie: történetnek, melyre lehet és érdemes is emlékezni.

Amint az életrajzából is kitűnik, számos szerepkörben szolgált és szolgálja a kémikus társadalmat hazájában és a világban. Mind kapcsán lehetnének érdekes kérdések, de most csak arról kérdezzük, hogy milyen tervekkel vette át a GDCh elnökségét.

Már időszámításunk előttről is tudjuk, hogy egy új vezető mindig változtatásokat kezdeményez, mert az állandó változás azt a képzetet kelti legtöbbször, hogy a helyzet folyamatosan javul. Persze a változások sokakban keltenek frusztrációt. Így érdemes ügyelnünk arra, hogy mit változtatunk és milyen ütemben. Számos nagy tervem volt, amikor 2020. január 1-én elkezdődött a tevékenységem a GDCh elnökeként. Sajnos rövid időn belül, már márciusra kialakult a veszélyhelyzet a maga következményeivel. A GDCh-nak is sok problémával kellett megküzdenie, a legjelentősebbek talán a konferenciák és a képzések elnapolása kapcsán keletkeztek. Tehát ezekkel kellett először megbirkóznom. Nagyon nagy hangsúlyt szeretnék fektetni az egyesületi tevékenység digitalizációjára. Szeretném, ha a GDCh elő-



állna egy digitális alapú működést elősegítő alkalmazással; már jó úton halad a fejlesztése. Ez a társaság működésével kapcsolatos minden információt mobiltelefonon is elérhetővé tesz az érdeklődők számára.

Az Európai Unióban jelentős erőforrásokat csoportosítanak a nyitott tudomány (Open Science) elterjesztésére és a tudományos tevékenység ezzel kapcsolatos átalakítására. A nyitott tudomány több tekintetben alapvetően változtatja majd meg a kutatók munkáját. Mi a véleménye a nyitott tudományról, és miben látja annak legnagyobb előnyeit?

Magam is rendkívül fontosnak tartom a nyitottságot a tudományban. A tudományos tevékenység az egyik legszebb emberi tevékenység, ami nem ismer és nem ismerhet határokat. Az első kínai látogatásom során tapasztaltak jól példázzák ezt. Kínában sok kutatóval találkoztam, s volt közöttük egy, aki az enyémhez nagyon hasonló szerves kémiai területtel foglalkozott, de egyetlen szót sem beszélt angolul vagy németül. Sajnos én sem beszéllek kínaiul. Mindezek ellenére egy teljes órán át folytattunk rendkívül érdekes beszélgetést a kémia nyelvén, mely mindkettőnknek rendelkezésére állt. Szerkezeteket és képleteket írtunk fel, és pontosan értettük, hogy a másik mit és miért csinál. Ez csodálatos tapasztalat volt, és megtanított arra, hogy a tudományban tényleg nincsenek határok, a tudomány tényleg képes kapcsolatot teremteni emberek és civilizációk között. Ezt minél többeknek fel kellene ismernie. A nyitott tudomány egyik aspektusa a nyílt hozzáféréstől publikáció, az eredmények nyílt közzététele. A legtöbb országban, Németországban és az EU-ban mindenképpen, a tudomány jelentős részét az adófizetők pénzéből tartjuk fent, ezen az alapon is indokolt a nyílt hozzáférés igénye. Ha valaki nem is a szűk szakterületen tevékenykedik, gyakran szeretné látni és megérteni a tudományos eredményeket. Vegyük példának a koronavírus-járványt. Ahogy korábban mondtam, a kutatók az adatokat gyűjtik, és lehetőségeket vázolnak fel. Én nem vagyok virológus, de meg tudom kérdezni, hogy a fertőzési adatok esetében mit jelent például az exponenciális növekedés, és ezt értelmezhetem a magam számára. Ehhez hozzá kell férnem az eredeti adatokhoz. A nyitott tudomány tehát rendkívül fontos fejlemény, és előreviszi a tudományt. Kötelességünk a tudást átadni egymásnak, és a közös tudás viszi előre a társadalmakat.



Gilberte Chambaud

Gilberte Chambaud a párizsi École Normale Supérieure Kémia Tanszékének professzoraként dolgozott 1972 és 1992 között. Ezt követően a Paris-Est Marne la Vallée Egyetemen (ma a Gustav Eiffelről elnevezett egyetem része) töltött be professzori állást, 1992 és 2014 között. Aktív résztvevője volt a 2000-es évek európai tudománypolitikai folyamatainak. Meghatározó szerepet játszott az 1999-es Bologna-reform néven ismertté vált

döntést követő Tuning projektben, mely a felsőoktatási képzések európai szintű harmonizációjával foglalkozott. Gilberte Chambaud tudományos pályája során számos elismerésben részesült. Ezek közül kiemelendő, hogy 2007-ben a Francia Köztársaság Becsületrendjének lovagjává ültették, majd a francia Akadémiai Pálmák

Rendjének lovagja lett 2012-ben. 2015-ben a Francia Kémiai Társaság (SCF) elnökségébe választották, 2016 óta az Európai Akadémia választott tagja. Kutatási területe a molekulafizika és a számításos kémia. Tudományos munkássága változatos témákhoz köthető, ilyen a háromatomos Renner–Teller-rendszerek rezgési-forgási spektroszkópiája, anionok dinamikai vizsgálata, semleges és anionos szénláncokra vonatkozó stúdiumok, néhányatomos fémvegyületek elektronszerkezetének leírása és spektroszkópiái jellemzése, valamint kis molekulák kemi- és fiziszorpciója fémfelületen.

Kutatási témái közül melyiket tartja a legizgalmasabbnak vagy a legfontosabbnak saját érdeklődése vagy a kémia szempontjából?

Mindegyik kutatási témát izgalmasnak gondoltam a maga idejében, és ez ma sem változott. Az infravörös spektroszkópia molekulák azonosítására alkalmas, ujjlenyomat-jellegű információt szolgáltat. Ugyanez a technika az ultraibolya és a látható tartományban rövid élettartamú intermedierek azonosításában lehet különösen hasznos. A bolygók és az exobolygók kutatása kiválóan illusztrálja ezt, hiszen többnyire spektroszkópiái megfigyelésekre kell hagyatkoznunk. Izgalmasnak tartom a kis molekulák felületi megkötődését is. Ez kiemelkedően fontos mozzanat a katalitikus folyamatokban, a katalízis pedig az egyik legfontosabb eszköz a vegyész kezében. A katalízis a jövő kémiájában is kulcsfontosságú lesz, számos olyan kémiai probléma megoldását várhatjuk ezektől a kutatásoktól, amelyek az egész emberiség számára fontosak.

Hogyan változott a számításos kémia a karrierje során?

A számításos kémia, mint a neve is mutatja, számítással segíti a molekulák, mint kémiai entitások megértését. Megjósolja a molekulák egyensúlyi geometriáját és izomerjeik szerkezetét, megadja a molekula tulajdonságait, reaktivitását. Ez azért is rendkívül izgalmas, mert amit nem tudunk kísérletileg megfigyelni, azt megpróbálhatjuk kiszámítani. Ennek különös jelentősége lehet például a nagy reaktivitású specieszek esetében, amelyeket nem tudunk laboratóriumi körülmények között tanulmányozni, de számítógép segítségével már igen. Amikor én kezdtem a számításos kémia művelését, úgy 40-50 évvel ezelőtt, hatalmas, egész szobát betöltő számítógépeket használtunk, külön légkondicionálással, mert rengeteg hőt termeltek. Órákba telt, míg a szükséges számítási eredményt megkaptuk egy mindössze két atomot tartalmazó molekulára. Ugyanezt a számítást ma a másodperc töredéke alatt elvégzi a legközségesebb számítógép, ami nem mellékesen nagyságrendekkel kisebb méretű. A számítások skálája gyökeresen megváltozott, és ezzel új lehetőségek nyíltak, elérhetővé vált egészen komplex szerkezetek és folyamatok elméleti tanulmányozása. Ha azt a kérdést tesszük fel, hogy mi tette lehetővé ezt a változást, akkor elsőként kell említeni a számítástudomány és az elektronika elképesztő fejlődését. Ugyanakkor egyáltalán nem elhanyagolható jelentőségű az új számítási módszerek, az új algoritmusok, a vektorizáció, a programozással kapcsolatos vívmányok megjelenése. Ma ott tartunk, hogy minden kísérleti csoportnak van számításos kémiával foglalkozó tagja, mert működésük hasznosnak bizonyul a kémiai problémák megoldásában. A tudományos vizsgálódás fontos része a kísérleti és a számításos irányultságú kollégák együttműködése.

Meglátása szerint melyek ma a kémia legizgalmasabb, leginkább ígéretes területei?

Az anyagtudományt, a szilárd testek tanulmányozását egészen fantasztikus lehetőségnek gondolom. Egy adott célra megterve-



zett anyag kívánatos tulajdonságai és szerkezete között szoros kapcsolat van. A repülőgépek törzsét például szén- és fémalapú szerkezet adja, amitől a gép könnyebb lesz és így csökken az üzemanyagfogyasztás. Vagy említhetjük a biokompatibilis anyagokat, amelyeket például csontpótlásra használnak. Ezek nagy, szerves vagy szervetlen alapú polimer szerkezetek. Ezek a területeken kétségkívül rengeteg a tennivaló, dinamikus fognak fejlődni. Számos összetett, mégis relatíve kis rendszert ismerünk, figyelemre méltó innovációs lehetőségekkel. Gondoljunk csak a gyógyszerekre. A hagyományos terápiában beszedjük a gyógyszereket, esetenként jó sokat, hogy az aktív komponens kifejtse a hatását. Ma már létezik olyan megközelítés, mely szerint a hatóanyagot egy érzékelővel együtt, mintegy borítékba csomagolva juttatják a vérbe, és a gyógyszer, mintegy parányi rakétaként, pontosan oda kerül a szervezetben, ahol a hatásra szükség van. A kémia egészen különleges és ígéretes területe a parányi, mégis összetett molekulák célszerű tervezése a tökéletes hatás eléréséhez.

Fontos tudatosítani a kémia és a vegyészek szerepét a nagy kihívásokra adott válaszok keresésében. Ilyen a környezetvédelem, amely a franciák számára hagyományosan fontos terület. Tudna erről mondani pár szót?

Kémikusként mindig fennakadok azon, amikor negatív színben tüntetik fel a vegyszereket, hiszen ezek elengedhetetlenek a mindennapi életünkhöz. Nem a vegyészeket vagy a vegyszereket kell kárhóztatni, hanem a káros mellékhatásokat megérteni és lehetőség szerint kiküszöbölni. Számos káros hatás a fogyasztói lét következménye. Ha elmegyünk a fodrászhoz, elképesztő mennyiségű hajsampont eresztünk a lefolyóba. De említhetjük a háztartással vagy a gépkocsihasználattal járó környezetszennyezést is. A karantén alatt a nagyvárosok környezetszennyezése például drasztikusan csökkent, mert kevesebbet az autóztunk. A vegyiparról szólva azt mondhatjuk, hogy manapság egyre szigorúbb szabályok vonatkoznak a vegyszerek előállítására és tárolására. Sajnos előfordulnak balesetek, mint a 2019-es libanoni eset, ami a műtrágya-alapanyagként szolgáló ammónium-nitrát gyártásával kapcsolatos. A nagy mennyiségben tárolt vegyület közelében tűz keletkezett, a hő hatására felmelegedett anyag pedig hatalmas robbanást okozott. Nagyon fontos hangsúlyozni, hogy nem a gyógyszer volt a ludas, hanem a gondatlan tárolás. A vegyszerek gondos bánásmódot igényelnek. A vegyészek és a környezet kapcsolatára számos pozitív példát említhetünk. A vegyészek aktívan dolgoznak a káros környezeti hatások visszafordításán, a vízszennyezés felszámolásán, a károsodott talaj regenerálásán. Említhetjük az anyag- és energiatakarékos megoldások irányába tett erőfeszítéseket, vagy az egészen kis koncentrációk detektálását. Fontos, mindennapi fogalomká vált az újrahasznosítás, ami egyes ritkafémek kapcsán is előtérbe került. Gondolnunk kell használati tárgyaink életciklusára, és ennek végén nem szabad egyszerűen a kukába dobni őket.

Kérjük, ismertessen meg bennünket a kutatás szerkezeti felépítésével Franciaországban. Mi az egyetemek és a kutatóintézetek szerepe, milyen kapcsolat van a két intézmény között?

Mint mindenhol a világon, Franciaországban is vannak egyetemek és vannak országos szinten szervezett kutatóintézetek. Az utóbbiak egyike a CNRS (Centre national de la recherche scientifique), ami általános profilú szervezet. Vannak ezenkívül valamely feladatra dedikált kutatóintézeteink is. A CNRS annyiban speciális, hogy napi működése az egyetemekkel különösen egybeforr. Ugyanazon a helyen dolgoznak az egyetem és a CNRS alkalma-

zásában álló kutatók, a kutatást pedig két forrásból finanszírozzuk. Körülbelül 150 kémiai laboratórium van Franciaországban, ezek változatos szerkezetben működnek. A CNRS országos szintű szervezése teszi lehetővé, hogy számottevő forrást biztosíthat egyes kiemelt projektekhez. Kialakítottak például egy számítógépcentrumot, olyan nagy teljesítményű eszközökkel, melyeket egy egyetem sem tudna megvásárolni. Az intézetekben az egyéni karrier követésének eltérő módjai az eltérő szerkezetből fakadnak. A CNRS-ben országos szintű testület értékeli a kutatói teljesítményt, egyetemi alkalmazottak esetén egyetemi szintű. A két rendszer között van lehetőség az átjárásra, és erre van is számos példa.

Körülbelül a 18. századtól kezdve Franciaország nagyszámú tudóst adott a világnak, közülük Antoine Lavoisier az egyik legismertebb. Véleménye szerint miből fakadt ez az elképesztő tudományos potenciál Franciaországban?

Magam is próbáltam a kérdés hátterét felderíteni. Azt találtam, hogy XIV. Lajos, a Napkirály minisztere, Colbert áll a jelenség mögött. Colbert a király egy erős kezű, nagy hatású minisztere volt, aki sokat tett az ipari infrastruktúra kialakítása érdekében. Ő maga hozott létre manufaktúrákat, például üvegyártásra, szövetkészítésre és -festésre. A manufaktúrák felállításához és működtetéséhez innovációra, végső soron tudósokra volt szüksége. Ezért hozta létre Colbert a tudományos akadémiát, amit formálisan természetesen a király alapított meg 1666-ban. Létrejött egy tudományos közösség, a rákövetkező évszázadban például tag volt Lavoisier is, akit sajnós a francia forradalom során elvesztettünk. A 18. századra jellemző, hogy szinte minden tudós az ipar irányításával létesített intézményekben valamelyikében dolgozott. Különösen fontos terület volt például a „porgyártás”. A legfontosabb a puskaporgyártás volt, ami a salétromon (kálium-nitrát) alapult. De fontos területet képviseltek a mezőgazdaságban hasznosítható „porok” is. Az ország gazdag volt, ezért a tudományos kutatás jó minőségű eszközöket kapott. A nagy pontosságú mérleggel egyre kisebb és kisebb tömegeket lehetett megmérni, ennek pedig fontos szerepe volt az elemek felfedezésében. Az elemek felfedezése önmagában fantasztikus vívmány. Meg kell említeni, hogy az oxigén felfedezését Lavoisier-hez kötjük, de valójában Priestley is felfedezte ezt az elemet. Lavoisier tulajdonképpen már egy laboratóriumnak nevezhető műhelyben kísérletezett a 18. században. Ez az a kor, amikor az alkímia kémiává nőtte ki magát, ekkor teremtették meg a molekula és az elem fogalmát. Újabb francia példa Sainte-Claire Deville munkája az alumínium kapcsán. Ő is laboratóriumban dolgozott már a korábbi, alkímista pincékkel szemben; ennek jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni. Lavoisier fiatal asszisztense, du Pont de Nemours eleinte együtt kutatott Lavoisier-val, majd 1802-ben alapított egy porok gyártásával foglalkozó üzemet. Ez az üzem hatalmas vegyipari konszernné fejlődött az idők során, azzá, amit ma DuPont néven ismerünk. A családfát tekintve du Pont tehát Lavoisier tudományos gyermeke. Összefoglalva: a jelenség hátterében az húzódik meg, hogy a tudomány és az ipar kéz a kézben jártak, ami rendkívüli mértékben elősegítette az innovációt.

Hogyan alakul ma a tudomány és az ipar képvisellete a Francia Kémiai Társaságban? Egy korábbi interjúban a Francia Kémiai Társaság rövid jellemzésére három szót használt, ezek az információ, a hirdetés/promóció és a képvisellete. Ki tudná fejteni bővebben, mit ért ez alatt?

Kezdjük az információval. A kémiai társaságok országosan fogják össze a kémiával foglalkozó közösséget. Fontosnak tartom,



hogy országos szinten, saját nyelven, élő kémia valósuljon meg minden országban. Az anyanyelven folyó információcsere nagy jelentőségű a fiatalok karrierjének kezdetén, de a kémia társadalmi kommunikációjában is elsődleges. Számunkra fontos, hogy van francia nyelvű lapunk, és tudom, hogy a Magyar Kémikusok Egyesületének is van magyar nyelvű magazinja. A hirdetésre/promócióra áttérve: ez társaságunk egyik vívmánya az utóbbi években. Sikertől felvettünk a rendszeres kapcsolatot a politikussal. Parlamenti szakértő munkacsoportot alakítottunk, amely áttekintő tanulmányokat készít a jövő anyagairól, vagy éppen a környezeti kihívások megoldásáról. Igen fontosnak tartom, hogy a politikusok és a szakértők között élő kapcsolat legyen. A képviselővel kapcsolatban a nemzetköziséget is említeni kell. Európában több mint 20 évvel ezelőtt kialakult egy szövetség az Európai Kémiai Társaság keretén belül. Rendszerszintű kapcsolatban állunk más országok kémiai társaságaival, legutóbb épp az USA és Kína kémiai társaságaival írtunk alá új szerződést. A fiatalok számára külön hálózatot hoztunk létre a Francia Kémiai Társaságon belül. A fiataloknak sajátosak a szempontjaik, és más kommunikációs csatornákat használnak. Lehetőségeket teremtünk a fiatalok számára utazásra, kapcsolatteremtésre, más országok életvitelének megismerésére, mindezt virtuálisan is, de lehetőleg inkább személyesen, a dolgok fizikai valójában.

Mi a szerepe az interdiszciplinaritásnak a mai kémiában? Képes vajon a kémiához távolról vagy távolról sem kapcsolódó képzéssel rendelkező kutató hozzátenni a ma kémiájához?

Az interdiszciplinaritás ma alapvető, nem véletlenül mondjuk a kémiát központi tudománynak. A kémia tárgya, az anyag az élet minden területén fontos. Gondolhatunk a közlekedésre, az energiatermelésre és -tárolásra vagy az orvoslásra. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy az interdiszciplinaritás azután következik, hogy egy tudományterületen megvetettük a lábunkat. Nem tudunk igazán jelentőséget alkotni, ha nem rendelkezünk szilárd alappal a saját tudományterületünkön. Meg kell legyen a saját tepünk, amit értünk, ahol megvannak a tapasztalataink, és csak ezután lehet új irányokba elindulni. Természetesen vannak átfogó

témák, és ezek természetesen interdiszciplinárisak. Ilyenek a társadalom egészét közvetlenül érintő kérdések, mint az energia vagy a környezet. Nemrégiben új osztályt nyitottunk a Francia Kémiai Társaságban, amely az energia területével foglalkozik. Ez az első interdiszciplináris témájú osztály a Társaságban. Amikor a CNRS-ben voltam, komoly vita folyt arról, hogy szükség van-e interdiszciplináris intézetekre. Végül azért nem hoztunk létre ilyeneket, mert a CNRS egészen szoros szervezeti kapcsolatban áll az egyetemekkel, amelyek diszciplináris szerkezetben oktatnak. Maradtunk annál, hogy elsődleges a szaktudás megszerzése, ezután következik a határterületek feltérképezése, azok új nyelvezetének elsajátítása.

Mit és hogyan érdemes középfokú szinten oktatni a kémia tárgy keretében? Hogyan tudjuk fenntartani a felnövekvő generáció érdeklődését, a figyelmet új és érdekes területek felé fordítani a kémiában?

Franciaországban komoly küzdelem árán sikerült elérni a 19. században, hogy a kémia oktatása megjelenjen a mérnöki tudományokat oktató iskolákban. Napjainkban mintegy 20 kémiára specializálódott középiskola működik Franciaországban. A fiatal generáció figyelmének elnyeréséhez és megtartásához a kísérleti kémiára alapozó oktatásra van szükség. Akkoriban, amikor beiratkoztam az egyetemre, mindenki azt kérdezte, vannak-e tapasztalataink a kísérleti munkában. Azt gondolom, hogy a kísérletezésnek meg kell jelennie középiskolai szinten, mert ebből nagyon sokat lehet tanulni. Én is végeztem pH-val kapcsolatos, analitikai jellegű kísérleteket középiskolában. Úgy emlékszem, aszpirint is szintetizáltunk, talán mert az egyszerűen kivitelezhető kémiai reakció. Középiskolás szinten lehet foglalkozni a színekkel, játszani a hajsamponnal vagy szintetikus polimert készíteni két komponensből. Franciaországban már voltak ilyen irányú kezdeményezések, de azt hiszem, ez az a terület, ahol még rengeteg a tennivaló. A természetes nagyon fontos számítástudomány is mind nagyobb teret kap a kísérletes természettudomány kárára. Ezen a modern trenden mindenképpen el kell gondolkoznunk.

Császár Attila, Szabados Ágnes, Szalai István

35. OTDK Kémiai és Vegyipari Szekció

Képek a díjkiosztóról

