



Technológiatranszfer

A LynXes Kft.



A 2026-os Analitikai Anketon Németh Zoltán olyan nagy energiafelbontású spektrofotométerek fejlesztéséről és alkalmazásáról tartott előadást, amelyek korábban elképzelhetetlenek voltak egy hétköznapi laboratóriumban. Rendezéseikről és a cégalapításról néhány hónappal később beszélgettünk Csillebércen.

Először nem is a cég, hanem a saját indulásáról szeretném kérdezni.

Többé-kevésbé tipikus történet az enyém. Vidéken születtem, ott érettségiztem, és az egyetem miatt jöttem Budapestre; az ELTE-n jártam vegyész szakra. Az egyetemen előbb-utóbb kialakul, mi érdekli a leginkább az embert. Az elég gyorsan kiderült, hogy a „lőgyölgetős kémia” nem az én műfajom; sokkal jobban izgatnak például a szerkezetvizsgálatok, a spektroszkópiák. Nagy szerencsém volt, mert a Magkémia Tanszékre kerültem – akkor az még külön tanszék volt, Vértess Attila vezetésével. Már diákként elkezdtem dolgozni Attilánál, aztán ott maradtam doktorandusznak, Mössbauer-spektroszkópiából írtam a PhD-dolgozatomat. Közben megismerkedtem Vankó Györggyel, aki szintén ott doktorizott. Mire igazán belejöttem a munkába, ő kiment Franciaországba, a nagy ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) szinkrotronhoz, és hét évig „beamline scientis”-ként – erre nincs jó magyar kifejezés – dolgozott a szinkrotronnál: nagy energiafelbontású röntgenspektroszkópiával foglalkozott. Megmaradt közöttünk a munkakapcsolat, Gyuri gyakran hívott Grenoble-ba, hogy diákként segítsék a berendezések építésében és a kutatásokban.

A szinkrotronok tipikus nagyberendezések, mostanában már harmadik generációs részecskegyorsítók. Eleinte az ütköztetés, a magfizikai kísérletek kedvéért gyorsították – elsősorban – a protonokat, elektronokat. De a körbe-körbe rohángoló részecskék röntgensugárzást bocsátanak ki, és minél nagyobb energiára pumpálták őket, annál vastagabb védőfalakat kellett a gyorsító köré építeni. Egy idő után rájöttek, hogy ha lyukat fúrnak ebbe a falba, irgalmatlan intenzitású sugárzást tudnak kivezetni, ami hasznosítható. Eleinte „parazita” üzemmódban kezdték el használni a gyorsítókat anyagvizsgálatra, de később már nem is az ütköztetés, hanem a kilépő nagy energiájú sugárzás, az anyag-

vizsgálat kedvéért építettek ilyen nagyberendezéseket. Itt dolgozott Gyuri – és amikor lejárt a szerződése, Nagy Dénes Lajos azt javasolta, jöjjön haza, alapítson kutatócsoportot a KFKI Részecske- és Magfizikai Intézetében (a mai Wigner Fizikai Kutatóközpont egyik elődjében). Így is lett, és Gyuri akkor áthívtam az egyetemről, ahol már adjunktusként dolgoztam.

A nagy lépést az jelentette, hogy elnyert egy ERC-támogatást, ami sajnos még mindig elég ritkaság nálunk. A projekt egyik pontjában az szerepelt, hogy itt, a Wignerben állít fel laboratóriumot, amely kifejezetten arra szolgál, hogy kitaláljuk, hogyan tudjuk a legügyesebben összerakni a röntgenspektrométereket – ezeket a szinkrotronoknál és az időközben megjelent szabad-elektron-röntgenlézerekkel akartuk használni.

Hogy működnek ezek a berendezések?

A jól használható szabad-elektron-röntgenlézerek a 2010-es évek elején-közepén jelentek meg. Ezek a részecskegyorsítók, csak nem kör alakúak, mint a szinkrotronok, hanem lineárisak. Ugyanúgy mágnesekkel gyorsítják bennük az elektronokat, mint a szinkrotronokban, és meg is rezegtetik őket, hogy minél nagyobb legyen a kisugárzott energia. A röntgenlézerek nagyságrendekkel intenzívebb sugárzást keltenek, mint a szinkrotronok, de míg a szinkrotronból sok tíz, illetve száz pikoszekundumos impulzusok lépnek ki, ezekből a lézerekből már néhány tíz femtoszekundumosak. Ezzel három nagyságrendet nyerünk, ami a nagy időbeli felbontású vizsgálatok esetében rengeteget számít.

Vankó Gyuri elképzelése nyomán tehát abból indultunk ki, hogy a korábban megszerzett tapasztalatokra építve olyan berendezéseket állítunk elő, amelyekkel mind a szinkrotron, mind a röntgenlézer mellett nagy időfelbontású pillanatképeket kapunk, így a fotofizikai és fotokémiai reakciókat szinte valós időben követhetjük. Sikertült is jó berendezéseket építenünk, és mivel a világon nagyjából öt olyan berendezés van egyelőre, amely nagyon kemény, néhány tíz femtoszekundumos röntgenimpulzusokat generál, már kezdettől hívtak bennünket, hogy segítsünk az ottani kutatócsoportoknak a röntgenspektrométerek építésében és a kísérleti elrendezés kialakításában.

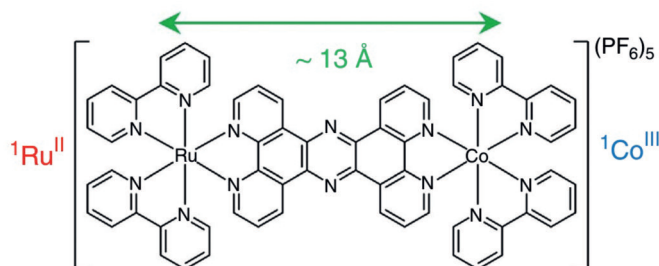
Milyen kísérletekre gondolunk?

Az első ilyen típusú kísérletem a japán röntgenlézernél volt, ahol a raktárban álló, korábban megrendelt alkatrészekből mi raktuk össze a röntgenspektrométert. A kísérletet vezető svéd kollégák olyan rendszert adtak kipróbálásra, amellyel a fotoszintézist modellezték. Fotoszintéziskor kulcsfontosságú lépés, hogy a klorofill fényabszorpció hatására elektront bocsát ki, amely egy másik molekulán landol. A modellrendszerben volt egy ruténium- és egy kobaltcentrum, amelyeket szerves ligandummal kötöttek össze. Meglőttük lézerrel, a ruténium elnyelte a fényt, az abszorpció





nyomán gerjesztett elektron „átkúszott” a kobaltra, aktiválta, amitől a kobalt reakciókat indított el. Ezt a fotoszintézis-modellt már jól ismerték, de a korábbi módszerekkel nem „látták”, mi történik a kobalttal a gyors folyamatban. A berendezésünkkel viszont folyamatosan követtük, ha nem is femtoszekundumos, de pikoszekundumos felbontással, hogy mikor érkezik oda az elektron, hogyan változik meg a spinállapota, hogyan változik a kobalt három vegyértékűről kettőre, hogyan változik meg körülötte a molekulaszerkezet: „molekuláris mozi” készítettünk. Ebből aztán *Nature Communications*-cikk is született (DOI: 10.1038/ncomms7359).



A japán kísérletben a RuCo-komplex PF6-sóját használták
(Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms7359)

Itthon egymás után építettük a berendezéseket, és mindig elmentünk a szinkrotronokhoz, röntgenlézerekhez, ahol a külföldi kollégákkal csináltuk a kísérleteket. Tulajdonképpen itthon gyakoroltunk, mert nagyjából mindenhol ugyanaz volt a forgatókönyv, mint a japánoknál: amikor megérkeztünk, akkor rögtönztünk valamit, és az összerakott berendezésen mértünk. De Vankó Gyuri azt mondta, itthon is állítsunk össze egy jó spektrométert, amit mindenhová magunkkal vihetünk. Megcsináltuk, vettünk hozzá sugárforrásnak egy kutyaközönséges röntgendiffrakciós csövet. És a berendezés ezzel az egyszerű forrással is olyan felbontást produkált, mintha nagy energiájú szinkrotronsugárzást engedtünk volna a mintára!

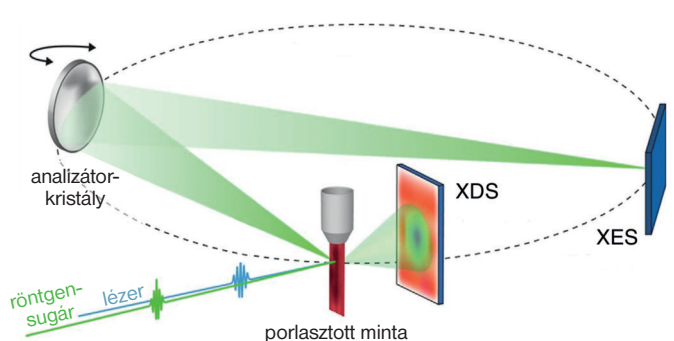
Ettől kezdve a nagy energiafelbontású röntgenspektroszkópiát a laborban is használhattunk, az év 365 napjában, nem csak a nagyberendezések mellett. Ezekhez a monstrumokhoz az ember csak úgy fér hozzá, hogy ír egy kétoldalas kutatási tervet, beküldi elbírálása, amelyre félveként kerül sor, és jó esetben adnak, mondjuk, három mérési napot a következő évre.

Minek köszönhető ez az ugrásszerű minőségi változás?

Egy ilyen berendezésnek három fontos része van: a forrás, az analízator és a detektor. A röntgensugarak az analízatorra, egy szilícium- vagy germánium-egykristályra kerülnek, ahol Bragg-reflexió következik be. A nagy felbontást az analízatorról a detektorra visszaverődő sugarakkal érjük el. Ez a technika némileg hasonlít a jóval ismertebb röntgenfluoreszcenciára. Ott hasonló forrást és hasonló detektort használnak, de az analízatorkristály kimarad, és csak a detektoron múlik az energiafelbontás. Ez tipikusan néhány száz elektronvolt, a mi „kristályspektrométerünké” pedig egy-két elektronvolt – két nagyságrenddel nagyobb. Az analízatoros elrendezést nem mi találtuk ki, ezt mindenhol a világon Hámos-féle (angolul von Hamos) elrendezésnek hívják – Hámos Lászlóról neveztek el, aki magyar kutató volt, de alapvető röntgenspektroszkópiai kutatásait már Svédországban folytatta, elsősorban geológiai mintákon. Ő meg is hajlított a analízatorkristályt, amely így a detektorra fókuszálja a visszavert sugarakat, és emiatt még hatékonyabb az elemzés.

Persze neki még nem voltak szilíciumkristályai az 1930-as

években, hanem például nátrium-klorid-analízatorokkal próbálkozott. Nekünk az a szerencsénk, hogy ugyanazt a szilícium-egykristályt használjuk, mint a félvezetőipar, másrészt a detekorteknológia is sokat fejlődött, és ma már csak a félvezető-alapú röntgendetektorok jönnek szóba. Sőt, ezekből is gyártanak már egészen piciket. Mi diszperzív spektrométert építünk: az egész spektrumot rávetítjük a detektorra, amelynek különböző pontjaira különböző energiájú fotonok érkeznek. A miénkben 50 mikron széles detektorchipek sorakoznak egymás mellett.



Vázlatosan: egy oldat nagy felbontású röntgendiffrakciós (XDS) és röntgenemissziós (XES) spektrumának felvétele

(Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms7359)

Tulajdonképpen minden a rendelkezésünkre állt a jó spektrométerhez – mondhatnám azt is, hogy jókor voltunk jó helyen, és jókor jött Gyuri ERC-támogatása, amellyel gyakorlatot szerezhettünk a műszerépítésben. Azon mi magunk is meglepődtünk, hogy milyen hatékonyan működik a laborban összerakott berendezésünk. A laboratóriumi röntgenforrás tíz nagyságrenddel gyengébb, mint egy szinkrotron – mégis gyönyörű spektrumot kaptunk a referenciamintákra.

A szinkrotron-röntgenforrás persze sok paraméterben különbözik a laboratóriumiától, és amikor láttuk, hogy működik az elgondolásunk, akkor elkezdtük a szinkrotron helyett a laboratóriumi röntgenforrásra optimalizálni a berendezést. A külföldi kollégákkal beszélgetve kiderült, hogy erre a megoldásra más is kíváncsi, más is szeretné a laborjában használni. Nagy dolog lenne, ha ebből a laboratóriumi gépből több százat, több ezret vagy akár tízezret lehetne gyártani, és minden egyes laborba oda lehetne állítani. Gyuri szokta mondani, hogy minden kutatólaborban lényegében ott van egy röntgendiffraktométer, és elférne mellette ez a fajta spektrométer is, amely több információt ad, mégsem drágább.

Az ilyen típusú léptéknövelés többnyire idegen a kutatóktól.

Igen, és a beszélgetésekből világossá vált, hogy nem nekünk kell mindenhová elmennünk, ott összebarkácsolnunk egy-egy gépet, hanem eladható terméket kell csinálnunk. Végül is átütő fejlesztésről van szó: egy olyan technológiát, amelynek az alkalmazásához eddig részecskegyorsító kellett, mi berakunk egy dobozba, amely a laboratóriumban is elfér. Ehhez a technológiatranszferhez alapítsunk egy spin-off vállalkozást, keressünk hozzá tőkét, növeljük a gép technológiai érettségét, és vigyük a piacra. Ennek érdekében született meg a LynXes Kft.

Nem volt könnyű menet. Nemcsak mi építettünk laboratóriumi röntgenspektrométert, hanem amerikai meg német kollégák is, egyet Seattle-ben, egyet Berlinben, nagyjából egyszerre. A németek jól elvannak a sajátjukkal, amely szintén Hámos-elrendezésű, és nem akarnak továbblépni. Az amerikaiak viszont pász-



tázó rendszert alkalmaztak, ők is alapítottak spin-off céget, amely persze rögtön kapott állami támogatást, befektetőket, és piacra tudott menni.

Mi ajánlottuk a berendezésünket az akadémiai szférának, mert igazából a kutatáshoz értünk, nem a vállalkozáshoz – öt év folyamatos vállvonogatással telt el. A Covid-járvány után elgurult a gyógyszerünk, és azt mondtuk, jó, akkor megcsináljuk egyedül.

Egy spanyol kolléga éppen megrendelt egy berendezést, 2021-ben bejegyeztettük Gyurival a céget, megvettük a drága alkatrészeket – és lemondták a megrendelést. Akkor már láttam, hogy vagy megpróbáljuk egyesével gyártani/eladogatni a berendezéseket, és majd szép lassan növekszik a cég, vagy megpróbálunk innovációs pályázati támogatást szerezni. Elkezdtünk pályázni a European Innovation Councilnél (EIC). Az egyik előpályázatunkról tudomást szerzett egy kolléga, aki látott benne fantáziát – ő lett az angyalbefektetőnk. Egyszerűen bekopogott hozzánk (a közelben dolgozik), adott pénzt az alkatrészekre, viszonylag kis részszedést kért, megígérte, hogy nem szól bele semmibe, és majd három év múlva meglátjuk, hova jutottunk.

Ezzel sikerült túlélnünk az első időszakot, utána pedig elnyertük az EIC Accelerator-támogatást; ez egy három lépcsőben elnyerhető innovációs támogatás utolsó eleme. Az első etapot termékfejlesztésben gondolkodó egyetemi konzorciumoknak szánják, amelyeknek valamilyen „proof of concept”-tel kell előállniuk a támogatás lejártakor. Ha ez megvan, akkor a következő, átmeneti támogatással a hátuk mögött felméri, hogy van-e piaci igény a fejlesztésre, és ha van, a harmadik, legnagyobb összeggel járó Accelerator-támogatás segíthet a sikeres cég kialakításában. Sokáig mi voltunk az egyedüli magyar nyertes cég – mert ebben a lépcsőben már csak cégek pályázhatnak, és négy-öt százalék a nyerési esély –, de szerencsére idén az eChemicles, Janáky Csabáké cége is megkapta a támogatást.



A csapat (balról): Szemes Éva, Vankó György, Németh Zoltán, Fehér Kata

A miénk most januárban járt le. Két évre szól, és abból lett minden, ami itt a laborokban és az irodában van. Az tudtuk, hogy a laboratóriumi berendezésből eladható terméket kell előállítanunk, de a vállalkozásról, a piacról fogalmunk sem volt. Ezért kezdettől fogva olyan kollégákat akartunk a csapatba vonzani, akik az üzleti életből jönnek, tudják, mi az a vállalkozás, mi az a pénzügy, mi az a piac, mi az a hirdetés. Szemes Évát korábban ismertük, mert pályázati menedzserként már dolgozott a Wigner-nél, ő pedig hozta magával a barátnőjét, Fehér Katát, aki szintén közgazdász, és marketinges tapasztalata is van. Nagyon ütőképes csapattá álltunk össze négyen.

A pályázati pénzből mérnököket is felvettünk, akik fantasztikus munkát tesznek le az asztalra. Nagyon féltém az elején, mert hiába jó Magyarországon a mérnökképzés, a számtalan neves cég felszívja a kompetens mérnököket. Mindenesetre feladtuk a hirdetést – olyan fiatalokat kerestünk, akiknek már van ötéves nagyvállalati tapasztalata –, és csőstől jöttek a jobbnál jobb jelentkezők.

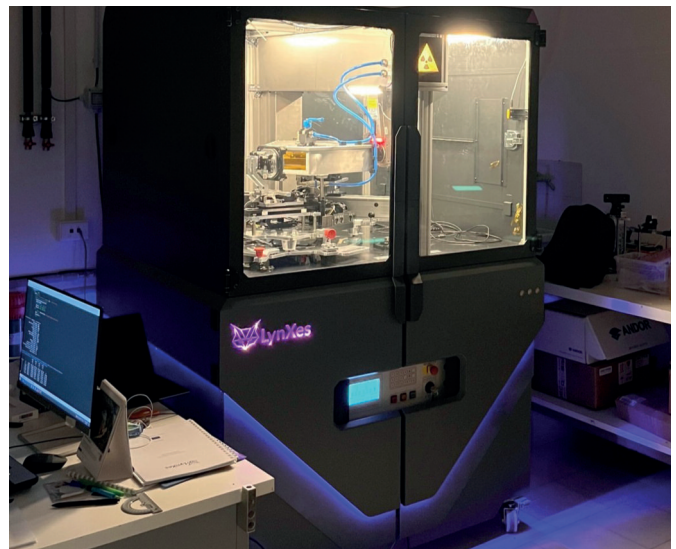
Olyan jó feltételeket kínáltak?

Dehogy! A pályázóknak elégük lett a nagyvállalatokból, ahol egész nap a számítógép előtt ültek, csak apró módosításokat javasolhattak, meetingeltek, prezentációkat készítettek. De tele vannak tettvágygal, újtási szándékkal. Imádom, hogy bemelegyünk a laborba, ahol csillogó szemű fiatal mérnökök mutogatják, mit csináltak – amit előtte persze gondosan megterveztek. Ők a legmodernebb szoftverekkel dolgoznak, nem csak fognak egy csomó alkatrészt, amit összezsavarnak, aztán megnézik, hogy működik-e a kütyü vagy sem. Ami aztán a berendezésen is meglátszik.

A termék mellett a céget is fel kell fejleszteni a piacra lépéshez: ki kell alakítani a cégstruktúrát, a működést. És egyáltalán nem utolsósorban ki kell építeni a piacot. Ez szintén óriási szakértelmet igényel; legalább akkora feladat, mint egy termék piacra vitele. Egy-egy berendezést el tudunk adni, mert tudjuk, kihez kell odamenni az oslói vagy a toulouse-i egyetemen – az elsőt olasz kollégák vásárolták meg, akiktől hasznos visszajelzéseket kapunk –, de ettől még nem leszünk sikeres cég. El kell menni a nagy cégekhez is, például a BASF-hez, az Egishez, mert vállalati környezetben kell eladnunk a termékünket – miközben ők évtizedek óta a Rigakutól meg a Bruker-től veszik az anyagvizsgáló eszközöket. Mi megpróbáljuk megismertetni velük a technológiát, hogy értsek, miért jó ez nekik, illetve folyamatosan kérdezzük, hogy tudjuk, mire kíváncsiak, és ahhoz igazítsuk a saját válaszunkat. Mert nem azt kell gyártanunk, amit mi jónak tartunk, hanem amire a piac igényt tart.

Most már úgy érezzük, mind a három területen nagy lépéseket tettünk előre. Az idén van a „piacra lépési időszakunk”, amikor már azt mondjuk, hogy kész a termék, bárki megrendelheti, és mi leszállítjuk, beüzemeltjük. Itt várhat ránk a „halál völgye”; ebbe olyankor sétál bele az ember, amikor jól felfuttatja a vállalkozását pályázati pénzből, de még nincsenek piaci bevételei – és

Mérésre készen





könnyen csődbe megy. Az az egyik megoldás az elkerülésére, hogy start-upnak tekintve magunkat külső befektetőket keresünk, akik még „belénk raknak” kétévnyi működési költséget, mi pedig öt év múlva már tényleg kiépítjük a piacot, és piacvezetők leszünk.

Közben végig a Wigner épületében dolgoznak.

Én a mai napig a Wigner Fizikai Kutatóközpont tudományos főmunkatársa vagyok, emellett a LynXes Innovation Kft. társalapítója és ügyvezetője. Nem magyar sajátosság, hogy kutatóként nagyon nehéz piacra lépni, de az utóbbi években már egyre több pozitív változást látok.

Nagyon sokat beszélgettem a főigazgatónkkal, Lévai Péterrel arról, hogy olyan rendszert szeretnénk kialakítani, ami mindenkinek jó. Az nagyon könnyen összejön, ami mindenkinek rossz, de nyilván nem erre pályázunk. Jó néhány évi beszélgetés után sikerült kitalálnunk egy win-win konstrukciót. Csak néhány elemét sorolom fel.

Szokták kérdezni, miért jó nekünk, hogy itt vagyunk. Például azért, mert van egy kiváló műhely, ahol könnyen le tudunk gyártatni darabokat; kis igazításokat is tudunk kérni, és ehhez nem kell CNC-esztergát vennünk. Ezekért a szolgáltatásokért persze fizetünk, de sokkal kevesebbet, mintha nekünk kellene műhelyt felállítanunk, és a Wigner is bevételhez jut.

Az is mindenkinek jó lehet, hogy ide tudjuk vonzani a hallgatókat, akik wignerese hallgatók maradnak, mert doktorit vagy diplomamunkát csinálnak, ugyanakkor látják, hogy nemcsak alapkutatás létezik, hanem technológiatranszfer is, amiből sokat tanulhatnak. És lelkesek, szívesen jönnek hozzánk.

A Wignernek a szolgáltatásbérletből is származik bevétele, mi pedig a KFKI-telephelyen – ahol rengeteg nagyszerű kutató és mérnök dolgozik, évtizedes tapasztalatok halmozódtak fel – más laborokba is át tudunk menni a kérdéseinkkel; ebből a szempontból is a legjobb helyen vagyunk.

Nyugaton szintén azt látom, hogy az elmúlt négy-öt évben külön épületeket húznak fel az egyetemek és a kutatóintézetek mellé – kizárólag a spin-off cégeknek. Az emberek segíthetnek egymásnak, és jönnek a hallgatók, akik látják a technológiát, átvesszik az új szemléletet.

Az új berendezéseket itt, a Wignerben is felhasználhatjuk a kutatásokhoz – ez szintén kettős haszon.

Mit gondol, hol tartanak majd öt-tíz év múlva?

A gyors növekedést nagyon szem előtt tartjuk; az a célunk, hogy mielőbb létrehozzuk a laboratóriumi nagy energiafelbontású röntgenspektrométerek ipari felhasználásának piacát – ilyen piac egyelőre nem létezik. Szeretnénk egymással kompatibilis portfóliót és piacot kialakítani, és ezen a piacon szeretnénk piacvezetők lenni. Európában jelenleg egyedül mi árulunk ilyen spektrométert.

Említettem már az amerikai versenytársakat. Ők az egyetemi szférában mozognak, mi viszont a legelejétől úgy terveztük a spektrométert, hogy ipari felhasználásra is alkalmas legyen, és az ipari kutatás-fejlesztési felhasználói réteget akarjuk megteremteni. A mi fejlesztésünk igazából abban segít, hogy az ipari kollégák fejleszthessék a saját termékeiket.

Mire használhatja az ipar a spektrométerüket?

Sok mindenre. Az első két terület, amelyet megcélzottunk, az akkumulátorfejlesztés és a zöld kémia. Az akkumulátorok terén például a katódfejlesztés jöhet szóba, a jobb összetétel kialakítása, a hatékonyság, az élettartam növelése. A nagy energiafelbontású spektroszkópia az akkumulátorban lejátszódó folyamatok megértésében segíthet.

A zöld kémia esetében abból indulunk ki, hogy töménytelen műanyag szemetünk van és rengeteg fosszilis energiahordozót használunk föl – óriási a környezetszennyezés.

Ugyanakkor jónéhány cég például PET-palackból szeretne dízelolajat gyártani, amihez katalizátor kell, és hiába tudják nagyjából, milyen reakciókat használnának, ezek a folyamatok még nem nagyon működnek. A hagyományos laboratóriumi műanyagvizsgáló eszközökkel többé-kevésbé látják, hogy megy-e a folyamat vagy sem, de arról nagyon kevés információjuk van, hogy mi történik pontosan a katalizátorral, hogyan zajlanak a kémiai reakciók. A röntgenspektrométerünkkel menet közben monitorozhatják a reakciókat vagy akár az akkumulátorcellát.

Sok lépcsőt kell még végigjárunk, de sokat már magunk mögött hagytunk. Nekem most a cégvezetés hozta el ugyanazt a tanulási folyamatot és kihívást, mint korábban a kutatás. **sv**

A kémia hónapja

A Magyar Tudományos Akadémia 200 éves jubileumát ünneplő „Sokszínű tudomány” programsorozatban szeptember volt a kémia hónapja. Ebből az alkalomból két könyv is megjelent. A *Kalandos kémia – A mutáns mumus titka* a Harry Potter-univerzumba illeszti bele a hetedik–nyolcadik osztályos kémiai tananyag nagy részét – új fantasy-regényt alkotva. A *Két évszázad molekulái a Magyar Tudományos Akadémián* a kémia nyelvén meséli el az Akadémia eddigi történetét. A kötetek pdf formában is letölthetők.

Kalandos kémia – A mutáns mumus titka

<https://pea.lib.pte.hu/handle/pea/98050>

Két évszázad molekulái...

<https://real.mtak.hu/244686>

