

Laboratóriumban: a kémiai kutatás módszereinek fejlődése

In the Laboratory: The Development of Chemical Research Methods

Inzelt György

DSc, a kémiai tudomány doktora, professor emeritus,
Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Kémiai Intézet, Budapest
gyorgy.inzelt@ttk.elte.hu

Absztrakt

A hosszú 19. század legfontosabb történéseit vesszük górcső alá a kémia fejlődése és a kémikusok tevékenysége alapján. A kémia mint tudományág éppen e század elején kezdett önálló tudománnyá válni, az egyetemeken kémiai tanszékek alakultak. Kitérünk arra is, hogy a magyarországi változásokat hogyan határozta meg az aktuális politikai helyzet, mennyire tudott teret nyerni a kémiai tudomány elméletének és hasznosításának rohamos fejlődése, amely a hőtantól az elektromosságon keresztül a radioaktivitásig ívelt. Ismertetjük a század második felében megindult jelentős tudományos és ipari fejlődést Magyarországon, amelyben azután a belső politikai változások, majd az első világháború és az utána következő események hoztak tragikus változást.

Abstract

We will examine the most important events of the long 19th century in relation to the development of chemistry and the activities of chemists. Chemistry began to emerge as an independent scientific discipline at the start of this period, with chemistry departments being established at universities. We also discuss how the contemporary political situation in Hungary determined changes, and to what extent the rapid development of chemical science theory and application—ranging from thermodynamics to electricity and radioactivity—gained ground. We describe the significant scientific and industrial developments that began in Hungary in the second half of the century and were tragically interrupted by internal political changes, the First World War, and subsequent events.

Kulcsszavak: kémia, oktatás, kutatás, felfedezések, ipar

Keywords: chemistry, education, research, discoveries, industry

Bevezetés

A 19. századra értek be azok a korábbi változások, amelyek a humanizmusban gyökerestek, a felvilágosodáskor szökkentek szárba, és megrengették az emberi gondolkodást a környező világról. A ma is zajló tudományos-technikai forradalomhoz vezető útra az emberiség a 17. században lépett. A tudomány önfejlődésén kívül mindig is szerepet játszott a társadalmi berendezkedés, az uralkodó ideológia és a gyakorlati szükséglet is. Magyarország ebben az időszakban egy birodalom része volt, önállósága beszűkült. Ez pedig befolyásolta a kutatás és az elengedhetetlenül kapcsolódó

oktatás lehetőségeit, a külföldi kapcsolatokat, a támogatást, és a gazdaság (ipar, mezőgazdaság stb.) húzóerejét. E tanulmányban a kémiát vesszük górcső alá, és mutatjuk be az ösztönző és gátló hatások szerepét. A kor kémiai ismeretterjesztésének helyzetét, társadalmi fogadtatását, valamint az irodalomban való megjelenítését is megemlítjük. A Magyar Tudományos Akadémia alapításának 200. évfordulója kapcsán kitérünk az MTA szerepére is.

A kémia helyzete a világban és Magyarországon a 18. és a 19. század fordulóján

A kémikusok alapeszköztára nem sokban különbözött az alkímistákétól, a korábban kifejlesztett desztillálókészüléket, a kemencét, a fűjtatót, a mozsarat stb. ugyanúgy használták. Nagy jelentősége volt, hogy – főleg Antoine Lavoisier-nek köszönhetően – megjelent a mérleg mint alapeszköz. De a 17. század óta már volt levegőpumpa, légszivattyú, légnyomásmérő, hőmérő, fénymikroszkóp, fotométer és számos vegyszer (kénsav, salétromsav, sósav, timsó, szóda, hamuzsír, salétrom, Glauber-só, égetett mész, alkohol, ecetsav, borkősav stb.). Az ókorban ismert elemek (például arany, higany, ezüst, réz, vas, ólom, ón, antimon, kén, szén, arzén, illetve a középkorban felfedezett foszfor) mellett a 18. század végén új elemeket is sikerült felfedezni és előállítani. Ilyen volt a platina, a berillium, a cink, a cirkónium, az ittrium, a króm, a kobalt, a mangán, a nikkell, a molibdén, az urán, a volfrám, a hidrogén, a klór, a nitrogén és az oxigén, valamint a Müller Ferenc József által felfedezett tellúr (1772). Utóbbi az egyetlen olyan elem, amelyik Magyarországhoz kötődik: Müller, aki az erdélyi bányák igazgatója volt, egy ottani ércben mutatta ki. A 19. és a 20. században a vegyészek egyik fő projektje az új elemek felfedezése lett. Magyarországi tudósok ebben a vetélkedésben nem jutottak szóhoz. A hafnium az egyetlen elem, amelyet Hevesy György azonosított 1922-ben, de a felfedezést már Dániában tette.

Fontos esemény volt, hogy 1777-ben az ország egyetlen egyeteme Nagyszombatból Budára, majd hét év múlva Pestre költözött. Mária Terézia rendeletben szabályozta az iskolarendszert és az oktatás tartalmát is. A természettudomány tanterve tartalmazta a kémiai alapismereteket is. Az egyetemen a kémia az 1769-ben alapított Orvosi Karon kapott helyet, ahol Botanikai-Kémiai Tanszék alakult (Szögi 2015, 14; Sinkovics 1985, 96–110). A tanszék professzora, Winterl Jakab, 1779/1780-ban és 1790/1791-ben az egyetem rektora jelentős tudósnak számított külföldön is. Az MTA alapításának ünneplésekor meg kell említenünk azt, hogy 1784-ben Winterl Magyar Tudós Társaságot (Hungarische Gelehrte Gesellschaft) szervezett, amely azonban egyetlen ülés után megszűnt, s mindössze egy folyóiratszám maradt utána. Az uralkodó által elrendelt munka volt a birodalom erőforrásainak kiaknázásához a vizek (gyógyvizek) vizsgálata, a növények gyűjtése, illetve az ásványi kincsek feltárása. Winterl és tanítványa, Kitaibel Pál is ezeken a területeken munkálkodott. Kitaibel jobbára külföldi minták alapján (sólepárlás, cukorfőzés répából, pálinkafőzés burgonyából, textilfehérítésre és fertőtlenítésre klórmész előállítás) dolgozott. Klórmész klóros víz formájában

Semmelweis Ignác használt először kézfertőtlenítésre, hogy a gyermekágyi lázat megelőzze. Winterlnél tanult I. Ferenc orvosa, Österreicher Manes József, aki egyszersmind Balatonfüred első fürdőorvosaként működött. Österreicher volt az első olyan zsidó vallású orvos Magyarországon, aki II. József császár türelmi rendelete folytán 1782-ben orvosdoktori fokozatot kaphatott (Inzelt 2020, 77–110).

I. Ferenc uralkodása idején visszavonta elődei számos haladó intézkedését, amelyek az oktatás területét is érintették. A francia forradalom eseményeitől megrettenve letért a felvilágosult abszolútizmus útvjáról, s ezzel nemcsak a magyarországi elnyomás politikáját erősítette, hanem elfordult attól a modernizációs iránytól is, amely más államokat – így Poroszországot, Oroszországot, Svédországot – gazdasági, tudományos és katonai tekintetben a nagyhatalmak sorába emelt. E döntések következtében a Habsburg Birodalom fokozatosan hátrányba került a nemzetközi küzdőtéren. Talán Svédország furcsa lehet a fenti felsorolásban. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy az új elemek felfedezői között milyen nagy számban találunk svéd tudósokat, világossá válik, miként válhatott az ország ténylegesen tudományos nagyhatalommá. 1739-ben megalapították a Svéd Tudományos Akadémiát, III. Gusztáv felvilágosult uralkodóként pedig átfogó társadalmi és gazdasági reformokat hajtott végre. Az 1477-ben alapított Uppsalai Egyetem ekkorra Európa legrangosabb felsőoktatási intézményei közé emelkedett. A kémia tudományában Torbern Olof Bergman, kora vezető analitikus vegyész, valamint Jöns Jakob Berzelius, a 19. század első felének egyik legjelentősebb tudósa emelkedett ki, akik munkásságukkal nemzetközi tekintélyt szereztek a svéd tudományosságna.

A Királyi József Műegyetem 1871-es, illetve a Kolozsvári Magyar Királyi Tudományegyetem 1872-es megalakulásáig a Pesti Királyi Tudományegyetem volt az ország egyetlen egyeteme. Ugyanakkor működött egy különleges rangú intézmény: az 1763-ban alapított selmeci Bányászati Akadémia, amely a kémia, különösen a fém-analitika területén nemzetközi elismertségre tett szert, és a korszak egyik legjelentősebb tudományos központjává vált. Meg kell jegyeznünk, hogy az intézmény több évszázados hagyományokra építhetett, hiszen Selmecebányán és környékén jelentős nemesfémkészletek álltak rendelkezésre. A fémek kinyerése és finomítása, valamint az ércek és pénzek összetételének meghatározása már régóta magas szinten művelt tevékenységnek számított. A Bányászati Akadémián olyan kiváló tudósok oktattak, mint Nikolaus Joseph von Jacquin, Born Ignác, Müller Ferenc József, Ruprecht Antal – utóbbi Németországban, illetve az Uppsalai Egyetemen Bergman professzor irányításával tett tanulmányutat (Szabadvány–Szőkefalvi-Nagy 1972, 81–94).

Óriási fejlődés a világban – a pangás időszaka Magyarországon (1800–1860)

A 19. század első felében az ipar, a mezőgazdaság és a tudomány forradalmi fejlődésen (ipari, majd tudományos-technikai forradalmak) ment keresztül. Kezdetben a tudomány kisebb szerepet játszott, vagyis a meghatározó találmányok, például a textilipari gépek vagy a gőzgépek csak kisebb mértékben támaszkodtak a laboratóriumi

kutatások eredményeire. Ezt követően viszont a tudományos kutatások mutatták az utat az új lehetőségekhez vagy a már meglévő gépek, eszközök, módszerek, anyagok tovább-, illetve kifejlesztéséhez. A kémia csak az egyik, de meghatározó tudományág volt. 1800. március 20-án Alessandro Volta, a Paviai Egyetem professzora francia nyelvű levelet intézett Joseph Bankshez, a The Royal Society elnökéhez, amelyben bejelentette, hogy egy olyan eszközt szerkesztett, amelyik folyamatosan képes áramot szolgáltatni (Inzelt 2003, 13–19). Ezzel a felfedezéssel megszületett az elektromos áram és a kémiai áramforrás fogalma, s lehetővé vált, hogy elektromos árammal kémiai változásokat lehessen előidézni – az elektrolízis jelensége ekkor vált a tudomány számára megismerhetővé. Az elektromos áram több mint 200 éve alapvetően határozza meg az életünket. Jelentőségéről már Jókai Mór is ír 1870-ben a *Fekete gyémántok* című regényében, amelyben említi a Volta-oszlopot is. Az ő rajongó mondatánál mi sem tudnánk szebben kifejezni e találmány lényegét: „A villanydelej eszközlí e csodákat” (Jókai 1964, 210).

A 19. század első évtizedében Humphry Davy elektrolízissel egymás után állította elő az alkálifémeket és az alkáliföldfémeket, amelyeket a rendelkezésre álló redukálószerrel és a korábbi forrasztócsöves módszerekkel nem lehetett, ehhez már a leg-erősebb redukálószer, az elektron (elektromos áram) kellett. Davy kapcsán érdemes megemlíteni azt is, hogy a Davy-féle bányáslámpa sok ezer bányász életét mentette meg, ami az ipari forradalom energiahordozójának, a köszénnek a biztonságosabb bányászatát tette lehetővé.

Michael Faraday 1833-ban megalkotta az elektrolízis törvényeit. Faraday fedezte fel az elektromos indukciót, önindukciót, az elektromágneses árnyékolást, a fény és a mágneses tér közötti kölcsönhatást. 1808-ban jelent meg John Dalton *A New System of Chemical Philosophy* című könyve, majd 1911-ben Amedeo Avogadro törvénye, amelyek végül az atomelmélet győzelméhez vezettek. Az 1860-as években határozták meg az atom és a molekula fogalmát, és 1869-ben Dmitrij Ivanovics Mengyelejev megalkotta az elemek periódusos rendszerét. Az atomelmélet általános elfogadása csak a 20. század elején történt meg. A gázvilágítás bevezetésével a városi gáz elő-állításánál nagy mennyiségű kőszénkátrány képződött. Ezen melléktermék hasznosítása során értékes vegyületeket tudtak kinyerni. Ilyen volt az anilin, amelyből az első mesterséges textilszínezékeket állították elő, majd az első gyógyszereket is. Míg Európában a szerves kémia forradalmasította a vegyipart, Magyarországon a szerves kémia művelése igazából csak a 20. század elején kezdődött, Zemplén Géza 1913-ban alapította meg az első szerves kémiai tanszéket a Műegyetemen (Inzelt 2006, 48–64).

Mivel a 19. század a gőzgépek virágkorát jelentette, számos tudós fordult a hő természetének, valamint a hő és a mechanikai munka közötti átalakulás törvényszerűségeinek vizsgálata felé. Az évszázad közepére megszületett a század másik meghatározó tudományága, a termodinamika, amelynek első alaptörvénye az energiamegmaradásé, a második pedig a folyamatok végbemenetelének irányára ad útmutatást. Magyarországon lassan nyertek teret az új eszmék, eszközök, a nemzetközi kapcsolatok is beszűkültek. Az MTA alapítása sem hozott változást, ugyan két kémikus – Schuster

János 1830-ban és Nendtvich Károly 1845-ben – bekerült a tagok közé. A magyar kémiai szaknyelv kialakítása volt az egyik projekt, ami azonban végül sikertelen lett. Nem volt könnyű a vegyészeknek mások adatait, receptjeit használni a mértékegységek kavalkádjá miatt, mert még egy országon belül is különböző volt az adott mértékegység átszámítása. A probléma jelentőségére utalva példaként megemlítjük, hogy az atomsúlyok meghatározásának – ami a korszak egyik fő törekvése volt – egyik fő eszköze a tömegmérésen alapuló sztöchiometria volt. A tudósok javaslatára ezért terjesztette be Charles-Maurice de Talleyrand-Périgord a francia Nemzetgyűlésben 1790-ben az egységes méterrendszer bevezetését, amelyet a franciák be is vezettek 1795-ben. Magyarországon az 1874. évi törvény alapján végül 1876-ban került honosításra, azért ilyen későn, mert jakobinus találmánynak tartották!

Két kémikusról viszont érdemes megemlékeznünk. Görgei (1848 előtt Görgey) Artúr 1845-től Josef Redtenbacher professzornál tanult Prágában. Görgey a zsisravak tanulmányozásával szerzett európai ismertséget, cikkei Justus Liebig *Annalen der Chemie* című folyóiratában jelentek meg. Ő maga vallotta, hogy a kémia nagyban segítette hadvezéri tevékenységét is: „Én katonai sikereimnek legnagyobb részét kémiai tanulmányaimnak, a bűvárkodás révén szerzett értelmi fegyelmeztségemnek köszönöm [...]. Kémiai tanulmányaim közben tanultam meg azt, hogy pusztá okoskodásaiban, sőt megfigyeléseiben is mily sokféleképpen csalódhatik az ember a valóság felől: de egyúttal azt is megtanultam, miféle módon lehet csalódásait sikeresen ellenőrizni, így a valóság felismeréséhez biztosan eljutni” (Than 1893, 161). Ilosvay Lajos pedig így méltatta 1907-ben: „Az első született magyar kemikus, aki a chemia világirodalmában nevét megörökítette” (Ilosvay 1907, 113). A másik nagy magyar kémikus, Irinyi János a bécsi Polytechnikumban tanult kémiát. A zajmentes és robbanásbiztos gyufa feltalálása (1836) tette ismertté a nevét. A szabadságharcban először katonaként szolgált, de Kossuth Lajos úgy gondolta, hogy – mint vegyész – a nagyváradi lőporgyár igazgatójaként nagyobb hasznára lesz a hazájának. A szükséges salétromot Kézdivásárhelyen állították elő.

Ebben az időszakban kezdődött meg a vegyi anyagokat előállító üzemek alapítása. E vállalkozások közül sok a gőzgépek kínálta technológiai lehetőségeket kihasználva nagyüzemekké fejlődött, míg mások éppen a gyors ipari növekedés és a nagyüzemi verseny következtében hanyatlásnak indultak vagy megszűntek. Ilyen volt Dercsényi János timsófőző üze­me (1800), Schrottenbach Lipót ólomkamrás kénsavgyártó üze­me, a salétrom- és hamuzsírgyártás (1808), Rómer István, aki megvette Irinyi gyufaszabadalmát, hipoklorit- és klórmészüzeme (1824), berlini kék gyártása Pozsonyban és csontszéngyártás Pesten (1830), a porcelángyártás kezdetei (1825) is ebbe az időszakba nyúlnak vissza. Hutter József szappangyárából (1831) lett később az Elida Magyar Illatszer és Pipereszappan Rt. (1917), majd a Caola. Kölle Károly alapította 1846-ban az első magyar ruganymézzagyárat, amely Schottola Ernő 1882-ben alapított gumiüzemével való egyesülése után Magyar Ruggyantaárúgyár Rt.-vé alakult. 1963-ban egyesítették más gumiipari cégekkel, és 1973-tól 2014-ig, megszűnéséig a Taurus Gumiipari Rt. nevet viselte (Móra–Próder–Gazda 2015, 53).

Kiemelkedő fejlődés 1860-tól 1914-ig

A politikai helyzet változásával – amelynek egyik meghatározó oka a Habsburg Birodalom katonai vereségeiben (1859, 1866) keresendő – a magyar egyetemi oktatásban is jelentős változások következtek be. A kémia oktatásában központi szerep jutott Than Károlynak, akit 1860-ban neveztek ki egyetemi tanárnak, abban az időszakban, amikor I. Ferenc József engedményeket tett a magyaroknak, és előírta a magyarul tudó professzorok alkalmazását. Than 1858 júliusában szerzett doktorátust Bécsben, Redtenbacher kémiaprofesszor tanszékén, majd csaknem öt évtizeden át volt a kémia professzora, s hosszú ideig az egyetlen Magyarországon, hiszen a Pesti Királyi Egyetemen kívül ekkor még nem működött más egyetem az országban (Beck 2008, 14–22). Thannak három olyan kutatása volt, amelyek okán számontartották a tudományos világban. Az egyik a vízanalízisek során levont következtetése, amely szerint ionegyenértékekben és nem vegyületek formájában kell megadni az oldott anyag összetételét (1864–1865). A karbonil-szulfid (COS, szénéleg-kéneg, szén-oxid-szulfid) előállítására és tulajdonságainak meghatározására is fontos munkája volt (1867), amiért elnyerte a rangos Ignaz L. Lieben-díjat. A harmadik a termikus disszociációval kapcsolatos korai munkája, amelyet a svéd kémikus, Svante August Arrhenius hosszan méltatott a Nobel-előadásában 1903-ban (Inzelt 2012, 32–37).

Than több más területtel is foglalkozott, kielégítve az állami megbízásokat is: a vízanalízisek, gázabszorpciók, gőzsűrűség-, valamint szerves kémiai, analitikai kémiai, hőtani és spektroszkópiai vizsgálatok mellett többek között vizsgálta a karbonsav fertőtlenítő hatását és a világítógázt. Than 1860-ban lett levelező, majd 1870-ben rendes tagja az MTA-nak. Az Akadémia Matematikai és Természettudományi Osztályának 1887-től elnöke, 1907-től haláláig pedig az MTA alelnöke volt (Inzelt 2012, 36–37). De vajon miért nem lett Than Károly (1834–1908) olyan világhírű professzor, mint kortársa, Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1907), akivel élete időben párhuzamosan futott, és mindketten Robert Wilhelm Bunsennél voltak tanulmányúton? Az okot maga Than fogalmazta meg:

„Azonban viszonyaink között igen bőségesen van arról gondoskodva, hogy a kísérleti szaktudományokkal foglalkozóknak az önálló búvárlatokra a kellő idő és eszközök ne álljanak rendelkezésre. A múltból fennmaradt számos nyomasztó viszonyokon kívül, mindenféle gyűlések, ülések, bírálatok, szakértői és nem szakértői véleményadások, hivatalos jelentések stb. annyira igénybe veszik a tényleg kísérleti szaktudománnyal foglalkozók idejét, hogy ezeknek mindenekelőtt buerokratáknak, szakértőknek, társulati és bizottsági tagoknak kell lenni és legfeljebb tanárok lehetnek; de tudósok csak annyiban, a mennyiben ezen mindenféle és sok tekintetben meddő küzdelmekben még erejük és némi idejük marad fenn, ha még csakugyan maradhat a tudomány fejlesztésére.” (Than 1869; Inzelt 2012, 37–38)

A kiegyezéssel létrejött Osztrák–Magyar Monarchia hazánkban hatalmas gazdasági, politikai és szellemi fellendülést hozott. Gyárak, cégek sora alakult, fellendült a tudományos élet is, az emberek érdeklődtek az új, tudományos és műszaki ismeretek iránt. Than aktív szerepet vállalt a hazai tudományos élet szervezésében és a kémia népszerűsítésében. Közreműködött több tudományos folyóirat, köztük az 1895 januárjában indult *Magyar Kémiai Folyóirat* munkálataiban. Ugyanígy jelentős érdemet szerzett az egyetem új kémiai épületének 1872. évi felépítésében, amely korszerű laboratóriumokkal rendelkezett. A *Természettudományi Közlöny* (1869) a szakmai ismeretek bővítését és a nagyközönség tájékoztatását egyaránt szolgálta, akárcsak annak kiadója, a Természettudományi Társulat, amelynek előadásai fontos szerepet játszottak a természettudományos műveltség hazai terjesztésében. Meg kell említeni azt is, hogy a napilapoknak, például a *Vasárnapi Ujságnak* is volt tudományos rovata, amely széles körű társadalmi igényt elégített ki.

Than legfontosabb hagyatékának azt tarthatjuk, hogy tanítványok hosszú sorát nevelte, talán elég, ha néhány nevet említünk: Lengyel Béla, Fabinyi Rudolf, Ilosvay Lajos, Liebermann Leó, Winkler Lajos, Zemplén Géza, Buchböck Gusztáv, akik a következő generáció tanárai lettek, és továbbörökítették a Than által megteremtett oktatói és kutatói hagyományt. Ebben az időben a külföldi tanulmányok, tanulmányutak, munkavállalások általánossá váltak. A peregrinációra a magyar állam ösztöndíjat biztosított. Than a jó kémiai alapokat adta meg tanítványainak, akik későbbi szakterületeik mesterévé a kor legnagyobb külföldi professzorainak hatására váltak. A német (Heidelberg: Robert Wilhelm Bunsen, Gustav Robert Kirchhoff, Hermann von Helmholtz; Berlin, Göttingen: Emil Fischer, Walther Hermann Nernst; Lipcse: Wilhelm Ostwald) és a francia úti célok (Párizs: Charles-Adolphe Würtz, Marcellin Berthelot) voltak a legnépszerűbbek, de néhány kutató eljutott Angliába (Manchester: Ernest Rutherford) is. Than és tanítványai, tanársegédei mind voltak külföldön.

A korszakban számos tudós fordult a gyakorlati alkalmazások felé, innovatív kutatást folytattak, és ipari vállalkozásokba kezdtek. A vegyészek előtt megnyíló új álláslehetőségek következtében dinamikusan emelkedett a vegyész- és vegyészmérnök-hallgatók száma az egyetemeken, ami az oktatói kar bővülését is maga után vonta. A növekedés nem csupán a kémiai képzésre volt jellemző: az egyetemi hallgatók teljes létszáma is jelentősen gyarapodott. A Budapesti Tudományegyetemen 1890 és 1914 között a hallgatói létszám 133,7%-kal emelkedett. Az oktatási infrastruktúra fejlesztése azonban jelentős anyagi terhekkel járt: az új egyetemi épületek kivitelezése, valamint a korszerű, nagy értékű műszerek és vegyi anyagok beszerzése komoly kiadásokat rótt az intézményre. Mindez azzal járt, hogy az államnak kellett a megemelkedett költségeket biztosítani, mert az eredetileg kapott egyházi vagyon és a későbbi adományok (az egyetemi alap), valamint a tandíjbevétel és a klinikai ápolási díjak jövedelmei már nem bizonyultak elegendőnek. 1893-ban az egyetemi alap jövedelmei az összes bevétel 71,7%-át tették ki, míg 1912-ben már csak 25,6%-át. Az állam viszont reformokat rendelt el az oktatás tekintetében, az egyetem gazdasági

hivatala a minisztérium irányítása alá került. A rektor utalványozási joga minimálisra csökkent (Sinkovics 1985, 240). Az 1900-as évek elejétől az egyetem autonómiája gyakorlatilag megszűnt.

Az elektrokémiával, a 19. század sikerágazatával Budapesten, de egész Magyarországon a század végéig kevesen foglalkoztak. Az áramforrások területén születtek eredmények. Schenek István és Farbaky István, a Magyar Királyi Bányászati és Erdészeti Akadémia tanárainak ólomakkumulátora kiválóan működött. 1885-ben az ő akkumulátoruk nyerte a bécsi Burgtheater világítására kiírt pályázatot számos neves külföldi cég előtt. Az olajlámpások után a 19. században jelent meg újdonságként a világítógáz. Európa nagyvárosaiban egymás után létesültek a gázlámpás, ún. légszuszrendszeresek. A világítógáz közcélú alkalmazására 1856. december 21-én került sor, amikor a Kerepesi úton először gyulladtak fel a gázlámpák.

Néhány évtizeddel később már több mint 10 000 lámpa világította meg Budapest utcáit, ám ekkoriban már megjelent az új energiaforrás, a villamos áram is. A fővárosban a villamos közvilágítás csak 1909-től működött rendszeresen, sőt egyes vidéki városok még meg is előzték e téren Budapestet. Ennek oka egyrészt az volt, hogy a gázgyárak és a kiterjedt gázlámpahálózat kiépítése hatalmas beruházásokat igényelt, másrészt a villanyvilágítás kezdetben költségesebbnek bizonyult, mint a hagyományos gázvilágítás. Különleges technikai átmenetet képviselt az 1896 májusában átadott budapesti földalatti vasút, amely a gőz- és villamos energia sajátos kombinációjával működött: az elektromos áramot gőzgéppel hajtott áramfejlesztő biztosította (Endrei–Jeszenszky 1993, 134–138).

Az innovatív vállalkozókon kívül az iparfejlesztéshez tőke és megfelelő jogi környezet szükséges. A jogi környezet szempontjából nagy jelentőségűek voltak az 1881-es és 1890-es iparfejlesztési törvények, amelyek kedvezményeket, például adómentességet adtak olyan üzemeknek, amelyek az országban új termékek gyártását vezették be. A tőke részben külföldről jött, részben az ebben az időben alakuló bankok biztosították. Az üzemek történetét megnézve azt láthatjuk, hogy az egyik út az volt, hogy egyéni (családi) vállalkozásként sikeres termékeket állítottak elő, és ezáltal lehetőségük volt a gyár továbbfejlesztésére. Igazán nagyüzemmé azonban csak akkor tudtak válni, ha részvénytársasággá alakultak, és további tőkét tudtak bevonni a fejlesztésbe. Ilyen példa a ma is sikeresen működő Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Rt. Richter laboratóriumában sikerrel állított elő állati szervekből kivont készítményeket. Ez tette lehetővé, hogy családi vállalkozásként gyógyszergyárat alapítson Budapesten, amely egyre többféle, profitot biztosító terméket állított elő. A részvénytársasággá alakulásra 1923-ban került sor, ami biztosította a tőkét további termékfejlesztésre és nemzetközi terjeszkedésre is. A másik út az volt, amikor a vállalkozónak már eleve tőkére volt szüksége. A Chinoin (1913-tól máig viseli ezt a nevet) jogelődjét, az Alka Vegyészeti gyárat 1910-ben Wolf Emil és Kereszty György alapította. Tíz-tizenöt dolgozóval kezdtek, gyógyszereket és fényképezési vegyszereket állítottak elő. Amikor saját tőkéjük nem bizonyult elegendőnek, Krausz Simon bankár biztosított számukra anyagi támogatást. Érdeemes megnéznünk, hogy Krausz hogyan emlékezik az eseményre:

„Egy napon dr. Reichenhaller Kálmán, volt vegytantanárom, fölkeresett és két ifjút mutatott be. Nem hiszem, hogy 25 évesnél idősebbek lehettek: dr. Wolf Emilt és dr. Kereszty Györgyöt. Jelezte, hogy ezek a legkiválóbb tanítványai, nagy tudású vegyészek. Gyógyszervegyészeti gyárat kezdeményeztek, amelyet szeretnének naggyá tenni, és rám gondoltak. Nyomban kihajtottam velük Újpestre. Valamelyik félreeső utcában, kis ház udvarában, hátul, valami fézszerzerűben működött a »gyár«. A laboratórium függönnyel volt elválasztva a »gyártól«. Lombikok, külön is és egymással összefűzve, csöveken kanálisba lefolyó különböző színű folyadékok tárultak szemem elé. Körülbelül 250 ezer koronára volt szükség. Én a két ifjú vegyésznek az összeget rendelkezésre bocsátottam.” (Krausz 1937, 105–106)

A betéti társaság 1912-ben alakult részvénytársasággá. Állatgyógyászati szereket és hatásos görcsoldókat szabadalmaztattak. Az 1920–1930-as években az inzulin és a C-vitamin gyártása hozott szakmai és anyagi sikereket, majd az antibakteriális Ultraseptyllet érték el igazi áttörést. A magyar gyógyszeripar két megteremtője közül Richtert a nyilasok a Dunába lötték, Wolfot Németországba deportálták, túlélte, de korai halálában ez is szerepet játszott.

A 19. század végén és a 20. század elején paradigmaticus felfedezések történtek. Ilyen volt a röntgensugárzás (1895) és a radioaktivitás (1896). Ilosvay Lajos 1905-ben Szilárd Béla könyvéhez írt bevezetőjében ezt a mondatot találhatjuk: „Bámulattal szemléljük a testek önsugárzását...” (Ilosvay 1905, 1). Az új jelenség, a radioaktivitás lenyűgözte a kutatókat, de egyúttal megrepesztette a fizika és a kémia korábban szilárdnak és már-már befejezettnek vélt épületét. Az úttörők között első ízben találunk nőket (Götz Irén, Róna Erzsébet), akik előtt egyre több országban kezdtek megnyílni az egyetemek kapui. Hevesy György neve mindmáig fémjelzi a magyar tudományosság hozzájárulását az új korszak formálásához. Az ő munkásságát Nobel-díjjal is jutalmazták. Az *Ujság* 1913. június 29-i számában a „Mezotórium 106 ezer koronáért” címmel közölt cikk arról számolt be, hogy a főváros fedezte a vásárláshoz szükséges összeget, míg a megvásárolt rádiumsót kórházak kapták meg kísérleti célokra. Hasonló módon már viszonylag korán beszereztek röntgenkészüléket is az I. Számú Belgyógyászati Klinika számára, amely 4000 koronába került (Radnóti–Inzelt 2009, 17).

A hosszú 19. század a haladásba és a fejlődésbe vetett optimizmus korszaka volt, amikor általános meggyőződéssé vált, hogy az ember és a társadalmi viszonyok folyamatosan tökéletesednek. 1895 körül megváltozott a politikai helyzet. Ebben az évben Eötvös Loránd az MTA közgyűlésén tartott elnöki beszédében többek között a következőket mondta: „Egy nehéz akadály áll itt utunkban, bizonyos elzárkózottság a világ tudományától, amelyben élünk, s ami annál veszedelmesebb, amely különösen napjainkban, nemzeti feladataink egyoldalú felfogása folytán, közvéleményünkben majdnem népszerűvé vált” (Eötvös 1895, 321). Amiről szó van, az „[a] nemzetieskedő hengegés. Az a bizonyos kirekesztő hazafiság” (Nemeskürty 1987, 249).

Az első világháború és az azt követő események hazánkra és polgáira, így a tudósokra nézve is szomorú következményekkel jártak. A fiatalabb kémikusokat, orvosokat, fizikusokat behívták katonának (Polányi Mihály, Szent-Györgyi Albert a fronton, Szily Pál, a mesterséges pufferoldatok felfedezője járványkórházban orvosként dolgozott, Hevesy György galvanizáló üzemben, Kármán Tódor repülőgépfeltesztésen dolgozott, Murányi Iván, a Lysoform fertőtlenítő feltalálója hősi halált halt 1916-ban (Inzelt 2020, 210–231).

A háborús éveket a tudósok is megszenvedték. Liebermann Leó így írt 1925-ben: „Abból a 23 évből, ami eltelt azóta, hogy átvettem a közegészségtani tanszéket, 11 év a háborúra és a háború utáni rettenetes évekre esik, amelyekben a laboratóriumi normális üzem fenntartása is óriási nehézségeket jelentett” (Kótai 2019, 253). A háború után kényszerűségből távozott sok természettudós, akiket eltávolítottak az egyetemekről, vagy a fiatalabbak meg sem kezdhették egyetemi tanulmányaikat. Később ez megnyitott egy új típusú peregrinációt, amikor magyar ment magyar származású professzorhoz külföldre. Például a későbbi Nobel-díjas Wigner Jenő Polányi doktorandusza volt.

Kossuth Lajos a következőket írta a Természettudományi Társulatnak: „minden mozzanatok közt, melyek egy Nemzet szellemi felemelkedésére s közmívelődésére közre hathatnak, a természettudományok mivélése az, amely korunkban a mint legnélkülözhetetlenebb, s a létért küzdés nagy versenyterén az önfeltartásra leghatályosabb: úgy maradandó következményeiben a társadalomra legáldásosabb is” (Kossuth 1876, 451). Kossuth üzenete ma is érvényes. Miként a hosszú 19. század tudományos és technikai történéseinek megismerése és megértése a 21. században is irányítúként szolgálhat a tudományos jövőnk tervezéséhez.

Irodalomjegyzék

- Beck Mihály (2008). *Than Károly élete és munkássága*. Piliscsaba: Magyar Tudománytörténeti Intézet.
- Endrei Walter – Jeszenszky Sándor, szerk. (1993). *Technikatörténet 1760–1960*. Budapest: ELTE.
- Eötvös Loránd (1895). „Elnöki megnyitó beszéd”. *Akadémiai Értesítő* 6/6, 321–325.
- Ilosvay Lajos (1905). „Előszó”. In: Szilárd Béla. *Radium és radioaktivitás*. Budapest: Mai Henrik és fia.
- Ilosvay Lajos (1907). „A kokuszdióolaj szilárd és folyékony zsírsavjairól. Görgey Arthur-tól”. *Magyar Chemiai Folyóirat* 13, 113–115.
- Inzelt György (2003). *Kalandozások a kémia múltjában és jelenében*. Budapest: Vince Kiadó.
- Inzelt György (2006). *Vegykönyhájában szintén megteszi. A kémiáról és más dolgokról*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Inzelt György (2012). *Mély kútforrása a bölcsességnek. Esszék a természettudomány világából*. Budapest: L'Harmattan Kiadó.
- Inzelt György (2020). *Természettudomány háborúban és békeidőben. Kémikusok, találmányok, felfedezések*. Budapest: Typotex Kiadó.
- Jókai Mór (1964). *Fekete gyémántok*. Jókai Mór összes művei. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Kossuth Lajos (1876). „Kossuth Lajos levele a Természettudományi Társulathoz”. *Természettudományi Közöny* 8, 451.
- Kótai István (2019). „Egy elfelejtett kémikus: Liebermann Leó”. *Magyar Kémikusok Lapja* 74, 7–8.
- Krausz Simon (1937). *Életem*. Budapest: Cserépfalvi.

- Móra László – Próder István – Gazda István (2015). *A magyar kémia és vegyipar kronológiája 1800–1950*. Budapest–Piliscsaba: Magyar Tudománytörténeti Intézet.
- Nemeskürty István (1987). *A kőszívű ember unokái*. Budapest: Magvető Könyvkiadó.
- Radnóti Katalin – Inzelt György (2009). „»Bámulattal szemléljük a testek önsugárzását...« Az atomkorszak magyar úttörői”. In: Vértes Attila, szerk. *Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 69–106.
- Sinkovics István, szerk. (1985). *Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története 1635–1985*. Budapest: ELTE.
- Szabadváry Ferenc – Szőkefalvi-Nagy Zoltán (1972). *A kémia története Magyarországon*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Szögi László (2015). *Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története képekben*. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.
- Than Károly (1869). „Előleges vegytani közlemények”. *Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* 3, 103–104.
- Than Károly (1893). „Egy magyar hadvezér mint chemikus”. *Budapesti Szemle* 74, 161.