

Inzelt György

ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

Mengyelejev örülne: teljes az első hét periódus a táblázatban

Az Egyesült Nemzetek közgyűlése 72. ülészakán, 2017. december 20-án a 2019-es évet a kémiai elemek periódusos rendszere nemzetközi évének (International Year of the Periodic Table of Chemical Elements, röviden IYPT 2019) nyilvánította, elismerve azt a fontos szerepet, amelyet a kémia a fenntartható fejlődésben, az energiával kapcsolatos problémák megoldásában, az oktatásban, a mezőgazdaságban és az egészségügyben játszik. Nem véletlen a választás: Dmitrij Ivanovics Mengyelejev 150 évvel ezelőtt tette közzé a periódusos rendszerét. A Nemzetközi Kémiai Társaság (IUPAC) is felkarolta az ötletet, annál is inkább, mert a szervezet 2019 júliusában ünnepli a 100. születésnapját.

A jelenleg érvényes periódusos rendszert az **1. ábrán** mutatomb.

lagon három laboratórium volt képes ilyen kísérletek elvégzésére: az oroszországi Dubnában található Egyesített Nukleáris Kutatóintézet (JINR), az egyesült államokbeli Lawrence Berkeley Laboratórium, illetve a Lawrence Livermore National Laboratory (Nemzeti Laboratórium, LLNL), valamint a németországi Darmstadtban létesített Nehézionkutató Társaság (GSI Helmholtzzentrum Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH). Nemrég hozzájuk csatlakozott a japán Riken Nishina Center for Accelerator-Based Science, illetve az Egyesült Államokból a Tennessee államban található Oak Ridge National Laboratory és Vanderbilt University, Nashville. A bejelentések is innen származnak, és a felfedezések tekintetében ezek az intézetek egymásnak vetélytársai. A szabályok szerint az elismert felfedezőket javasolhatnak nevet. Mindenki igyekszik saját országának valamilyen városáról, országrészéről vagy tudósáról elnevezni az elemet. Ez eléggé kétséges gyakorlat, de ez már – sajnos – elég régóta így van. A darmstadtiak, akik 1981 és 1996 között a 107-es rendszámútól a 112-es rendszámúig szintetizálták az új elemeket, adták az utóbbi évtizedekben a hassium (Hessen tartomány), meitnerium (Lise Meitner), darmstadtium, röntgenium, copernicium neveket. Igaz, korábban Niels Bohrt is elismerték (bohrium). Az amerikaiak a társelfedezői a 113-as, 114-es, 115-ös, 116-os, 117-es és 118-as rendszámú szupernehéz elemeknek, ők adták a livermoriumnak, és még korábban a Z = 106 rendszámú seaborgiumnak, illetve ők nevezhették el a (Z = 117) rendszámú elemet tenneszinek. Az oroszok jegyzik a dubniumot (Z = 105), a fleroviumot (Z = 114), valamint legutóbb a moscoviumot (Z = 115) és az oganesson (Z = 118). Új szereplők a japánok, így országuk neve is nihonium formában felkerült a listára a Z = 113 elem esetében. Az angol – nemzetközi neveket – használom, mert nekem nem igazán tetszenek a magyarosítások, például: sziborgium, tenneszsin. Ugyanis nem tartom jónak a nevek torzítását, akár tudósról, akár földrajzi helyről van szó. A magyarosítók még egy fontos dolgot figyelmen kívül hagynak. Nevezetesen nem véletlen az, hogy az angol nevek hogyan végződnek. A tenneszine azért végződik „ine”-re és nem „iumra”, mert a halogének oszlopában található – vélhetően, de nem bizonyítottan kémiai tulajdonsága is ezekhez hasonló –, és ezeknek az elemeknek angol neve flourine, chlorine, bromine, iodine, astatine. Viszont magyarul fluor, klór, bróm, jód. Ugyanez a helyzet az oganessonnal, ami a nemesgázok (neon, argon, kripton) oszlopát zárja. Az „-ium” azért maradt meg a Z = 113 és a 115 rendszámú elemekre, mert az elsőtől a 16. oszlopig (csoportig) ez az elfogadott végződés, kivéve néhány rég-



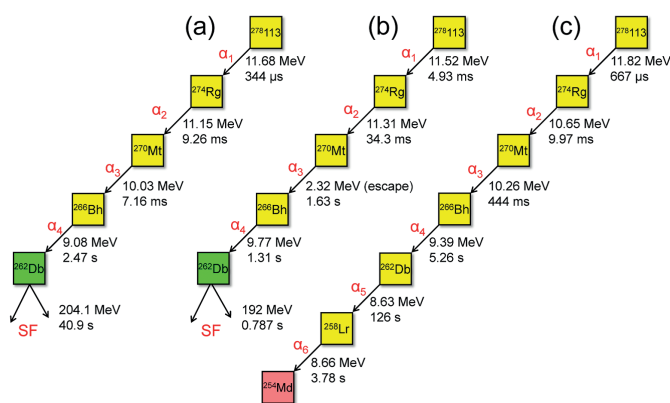
For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 20 November 2018. Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

1. ábra. Az elemek periódusos rendszere 2018-ban (<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>)

Sokat változott 150 év alatt. Sok új elemet fedeztek fel, és meghatározták atomtömegüket és más tulajdonságaikat. A sorok teljesé válásához pedig az kellett, hogy az IUPAC még négy elem előállítását elismerje. Korábbi cikkeimben már ismertettem, hogy ilyen aktusra milyen eljárásban kerül sor [1–4]. Olyan elemekről van szó, melyek élettartama rendkívül rövid, és létükre a bomlási folyamataikból lehet következtetni. Egy-egy bejelentés hitelességét a kémikusok, illetve a fizikusok nemzetközi szervezetei, az IUPAC és az IUPAP rendkívül gondosan mérlegeli. Az ebből a célból létrehozott bizottság, a Joint Working Party on Discovery of Elements (JWP) meghatározta azokat a kritériumokat, amelyek szerint a bejelentett felfedezéseket értékeli. Ezek közül a leglényegesebb az, hogy a kémiai elem felfedezése csak kísérleti úton történhet, az elemet elő kell állítani. Az utóbbi évtizedekben a vi-

mű céltárgyat. Ilyenkor az új atomok kisebb gerjesztési energiával rendelkeznek, ami csökkenti a termék hasadási reakciójának valószínűségét. A „hot fusion” reakciónál könnyebb, de nagyobb sebességre gyorsított ionokat repítenek a céltárgy felé, az utóbbi viszont egy nagyobb rendszámú elem. A keletkező magoknak nagy az energiája, általában 40–50 MeV, ezek könnyebben hasadnak vagy azonnal 3–5 neutron bocsátanak ki. A csoport ugyan 2004-ben publikálta, hogy sikerült előállítaniuk a 113-as rendszámú, 278-as tömegszámú elem 1 darab atomját, ezt azonban nem tudták meggyőzően megismételni. 2009-ben, miközben ^{248}Cm -ot ($Z = 96$) bombáztak ^{23}Na -mal ($Z = 11$) azt találták, hogy ^{266}Bh -ot állítottak elő, ez pedig a 113 rendszámú, 278-as tömegszámú elem bomlási sorának a tagja. Itt ugyan a 117-es elem keletkezett közvetlenül, de ennek bomlása során keletkeznie kellett a 113-asnak is. Tehát újraéledt a remény. Végül 2012 augusztusában „láttak” megint 113-as rendszámú, 278-as tömegszámú atomokat egy olyan bomlási sorban, ahol a lánc hat α -részecske egymás utáni kibocsátásával 254-es tömegszámú Md (mengenyelevium) keletkezett. (A hivatalos angol név: mendelevium, a magyar változat: mendelévium. Egyik sem túl szerencsés. Ezért használom magyar nyelvű szövegben a mengenyelevium nevet. A Менделеев név helyes átírása magyarra Mengenyelev. A szokásos angol átírás, a Mendeleev sem pontos. Helyenként használják a korábbi Mendelejev átírást is. Német cikkekben ő maga a Mendelejeff változatot használta, és így található a legtöbb német cikkben, könyvben.)

Az 5. ábrán bemutatott bomlási sorokat észlelték a Riken intézetben a $^{209}\text{Bi}(^{70}\text{Zn}, n)$ hideg fúziós reakció során a) 2004. július 23-án, b) és c) 2004. július 23-án, 2005. április 2-án és 2012. au-



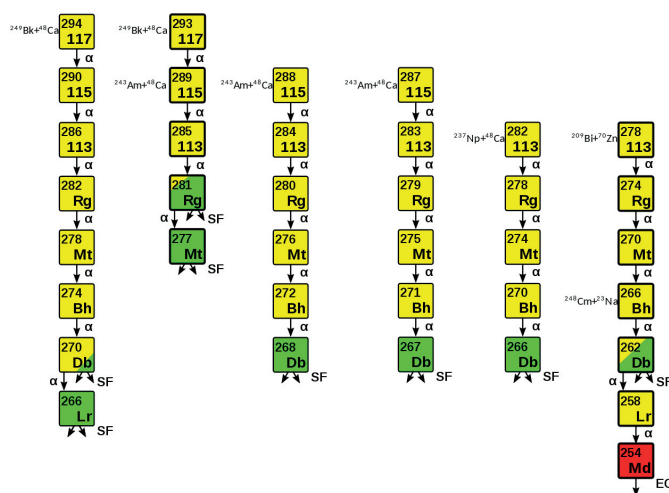
5. ábra. A 278-as tömegszámú, $Z = 113$ elem bomlási sorai
(P. J. Karol, R. C. Barber, B. M. Sherrill, E. Vardaci, T. Yamazaki: Pure Appl. Chem. (2016) 88(1–2), 139–153.)

gusztus 12-én. Az ábrán fel vannak tüntetve az észlelt α -részecskék energiái, az időközök és a töredékek spontán hasadási energiái, (SF = spontaneous fission). Ezek mind fontos adatok a bizonyítás szempontjából. Tulajdonképpen ezért is ítélték a japán csoportnak a felfedezés dicsőségét, és adták meg az elnevezés jogát, mert ők mérték ezeket az adatokat a legmegbízhatóbban, és az ő sémájuk illeszkedett a legjobban a korábban már feltárt bomlási sorokhoz. Az IUPAC elismerte, hogy az orosz és amerikai kutatók is előállították a 113-as rendszámú elemet, de a japánok eredményei voltak a legmeggyőzőbbek. Megjegyzendő, hogy Morita is Dubnában dolgozott, mielőtt Japánban megszervezte a saját kutatócsoportját. Szerepet játszhatott a döntésben, hogy el akarták ismerni a japán kutatók ez irányú erőfeszítéseit is. Magát a „cold fusion” eljárást is Jurij Oganeszján fejlesztette ki, ami-

nek kihozatali hatásfoka (tehát az, hogy hány atomot állítanak elő és azok élettartama milyen nagy, mielőtt elbomlanak) csökken az egyre nehezebb elemek előállítása során. Az előállított elemek ugyanis rendkívül radioaktívak, bomlékonyak. A nihonium legstabilisabb izotópjá a nihonium–286, ennek felezési ideje 10 másodperc.

Oganeszjánék ezért visszatértek a nagyobb energiákhoz („hot fusion”) és így tudták előállítani, az amerikaiakkal együttműködésben, a 114-es rendszámú elemet a neutronokban gazdag ^{48}Ca -ot és a neutronokban szintén bővelkedő aktinidákat (például plutónium–244) használva. A flerovium egyébként sokkal stabilabb, mint a nihonium, a lezárt protonhéj miatt. Ez az elem a kettős bűvös (mágikus) számú elemek közé tartozik. Ezek az elemek aránylag stabilisak, legalábbis ezen az időskálán.

2004-ben az orosz és amerikai együttműködő tudósok ismertették a 113-as elem előállítását a ^{20}Ca és a ^{95}Am reakciója során: ez a $Z = 115$ elem bomlásterméke. Ugyancsak valószínűsíthető volt a 113-as keletkezése a $Z = 117$ -es elemből (6. ábra).



6. ábra. A 113 rendszámú elem keletkezése a 117-es, illetve a 115-ös elem bomlási sorában (https://en.wikipedia.org/wiki/Nihonium#cite_note-20; P. J. Karol, R. C. Barber, B. M. Sherrill, E. Vardaci, T. Yamazaki: Pure Appl. Chem. (2016) 88, 139–153.)

Talán nem lényeges az összes bizonyító kísérlet ismertetése, de egy új tényezőt, a Kínában, Lanzhou városában található Nehézion Kutatóközpont kutatóinak megerősítő eredményeit érdemes szóba hozni. A nihonium volt az első elem, amelynek ázsiai tudósok adtak nevet. Úgy véljük, hogy nem ez lesz az egyetlen.

A moscovium

A moscovium a periódusos rendszer 115. eleme. Vegyjele Mc. Jelenleg két izotópjá ismert: a ^{287}Mc és a ^{288}Mc . Az utóbbi 173 neutron tartalmaz. A 115-ös elem éppen az elméleti stabilitási sziget középpontjába esik. A dubnai és az amerikai kutatók egy közös projekt keretében ^{243}Am -ot bombázták ^{48}Ca -ionokkal. A keletkező 115-ös elem 100 ms alatt a 113-as elemre bomlott, amint a 6. ábra sémáján is látható. Kémiai tulajdonságaiban feltehetőleg a bizmutra hasonlít. Az első eredményeket 2003-ban érték el, de itt is hosszú út vezetett a meggyőző bizonyításig. 2009-ben a $^{249}\text{Bk} + ^{48}\text{Ca}$ reakcióban előállították a 117-es elemet, ami a 115-ös és a 113-as elemekre esett szét (6. ábra). E munkába kapcsolódtak be az Oak Ridge National Laboratory (ORNL) és a Vanderbilt Egyetem kutatói, akik a ritka és igen radioaktív berkéliumot szolgáltatták a kísérletekhez. 2012 és 2015 között ezeket a kísér-



leteket megismételték Dubnában, a svédek a Lundi Egyetemen, a németek Darmstadtban, majd végül a livermore-iak is. Ezen igazolások alapján az IUPAC és az IUPAP elfogadta az új elemek előállítását, és ekkor hozták nyilvánosságra, hogy a 113-as elemet a japánok, a 115-ös, 117-es és 118-as elemeket az orosz–amerikai együttműködés tagjai nevezhetik el. Hogy pontosabbak legyünk, a szokásos módon a kémikusok és a fizikusok közösen szokták bejelenteni a döntést. 2016-ban viszont, miután valahogy egy japán újságban már megjelent a hír a 113-as elemmel kapcsolatban, az IUPAC testülete úgy döntött, hogy akkor ők is haladéktalanul nyilvánosságra hozzák [5].

A tennessine

A tennessine a periódusos rendszer 117. eleme. Vegyjele Ts. Elvileg halogénnek kellene lennie – azért „-ine” a vége a nevének és nem „-ium” –, de relativisztikus hatások miatt feltehetően némileg eltérő kémiai tulajdonságokat mutat. Ezt az elemet is amerikai (ORNL) – orosz kooperációban állították elő 2010-ben, majd két évvel később sikeresen megismételték a kísérleteket. 2014-ben egy orosz–német kutatócsoport megerősítette az eredményeket. A kiindulási anyagokat és a bomlási sort lásd a **6. ábra** első két oszlopában. A történet 2004-ben kezdődött, amikor a dubnaiak együttműködést javasoltak az Oak Ridge-i kutatóintézetnek a 117-es elem előállítása céljából. Az orosz csoport ugyanis már évek óta folytatta aktinida (aktinoida) céltárgyak bombázását kalciumionokkal. Szerettek volna berkéliumot (berkeliumot) is használni, amely izotópjainak az ottani amerikai csoport volt az egyetlen előállítója a világon. Az amerikaiak viszont éppen beszüntették a nagyon drága berkélium–249 gyártását. Ez a kalifornium (kalifornium)–252 gyártásának egyik mellékterméke. Ezért arra vártak, hogy megrendelés érkezzen a kaliforniumra, ugyanis a 117-es előállításához szükséges mennyiségű berkélium közelítőleg 3,5 millió dollárba került. Eközben viszont nekiálltak a 118-as elem (amelyet 2002-ben éppen kalifornium céltárgy kalciummal való bombázásával állítottak elő) igazoló kísérleteinek elvégzéséhez. 2005-ben Oganesszján előadást tartott az ORNL-nél, ahol jelen voltak a kollégák a Lawrence Livermore National Laboratóriumból, akikkel már korábban együtt dolgoztak a 113–116-os és a 118-as elemek előállításán, valamint Joseph Hamilton a Vanderbilt Egyetemről, aki szintén együttműködő partnere volt Oganesszjának. Hamilton utánanézett, hogy az ORNL nagy fluxusú reaktorának van-e megrendelése kaliforniumra, de nem volt. Mindazonáltal vállalta, hogy figyel az ügyre, és 2008-ban jelentette a reaktor újraindítását. Össze is hozta a partnereket, tehát a JINR, az ORNL, a Vanderbilt Egyetem és az LLNL együttműködését. Oganesszján olyan nagyra értékelte a tevékenységét, hogy Hamiltont egyenesen a 117-es elem atyjának nevezte. Innen már az előre eltervezett módon tudták a kísérleteket folytatni, ami azután el is vezetett a várt eredményhez.

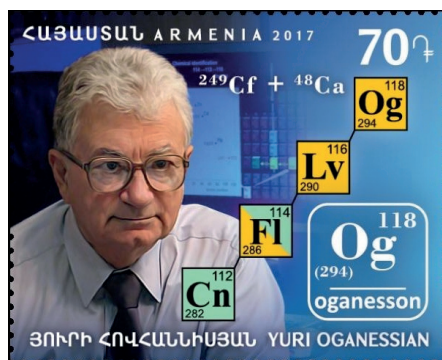
Az oganesson

Az oganesson a periódusos rendszer 118. eleme. Vegyjele Og. Rekord: a legnagyobb rendszámú és tömegszámú elem jelenleg. A nemesgázok oszlopában a radon alatt helyezkedik el, és zárja a periódusos rendszert.

Ennek az elemnek a felfedezéstörténete 2002-től 2015-ig tartott. Amint már az előzőekben kiderült, ez is az orosz–amerikai (Dubna–Livermore) közös erőfeszítések eredményeként jött létre.

Megint a kaliforniumtarget és a kalciumlövedék vált be.

Örményország szép bélyeget is kiadott az örmény származású



7. ábra. Örmény bélyeg Oganesszjánról

nagy tudós tiszteletére, amelyen a bomlási sor és a vegyjele is látható (**7. ábra**).

Jurij Oganesszján örmény szülőktől, de a Don melletti Rosztovban született. (Érdekes, hogy Fjorov, a dubnai intézet alapítója, előző főnöke, az intézet és a 114-es elem névadója is ott született.) Az Oganesszján család 1939-ben áttelepítették az örmény fővárosba, Jerevánba. Oganesszján itt járt iskolába, míg édesapja a fronton harcolt a II. világháborúban.

A Moszkvai Mérnökfizikai Intézetben (Egyetemen) végzett 1956-ban, és rögtön utána Dubnában kezdett dolgozni. Az egyetem hivatalos nevében az intézet szó szerepelt, Московский инженерно-физический институт, mint minden olyan orosz egyetemében, amelyik nem volt „universitas”. Moszkvában egyedül a Lomonoszov Egyetem volt egyetem (университет). 2009-től átszervezték a felsőoktatást, kutatóegyetemeket hoztak létre, azóta Национальный исследовательский ядерный университет, vagyis Nemzeti Magkutató Egyetem. Az intézetet katonai kutatásokra alapították 1942-ben, a szovjet atomprogramra is itt képeztek ki szakembereket. Nem nagyon lehetett hallani erről az egyetemről, annyira titkosnak számított. Sok kiváló tudós végzett, illetve tanított itt. 1950-ben itt diplomázott Nyikolaj Baszov (1922–2001), aki kvantumelektronikai kutatásaiért, a lézer és a mézer kifejlesztéséért kapott megosztott fizikai Nobel-díjat 1964-ben. Tanított az intézetben Igor Tamm (1895–1971), aki 1958-ban kapott megosztott fizikai Nobel-díjat.

Tamm részt vett a szovjet atomprogramban, beleértve a hidrogénbomba kifejlesztését is. Igor Kurcsatov (1903–1960) szovjet fizikus nevét is érdemes megemlíteni a szovjet atomkutatásokkal kapcsolatban. Őt bízta meg az Állami Honvédelmi Bizottság az atombomba létrehozásával. Ő állította üzembe az első ciklotront és az első atomreaktort is. A magyar Wikipédia így ír: „Nevét nemcsak a Kurcsatov Intézet, hanem a 104-es rendszámú transzurán elem is őrzi, amit kurcsatóviumnak neveztek el.” Egy ideig tényleg így volt, de a 104-es elem végleges neve rutherfordium lett, és Kurcsatov nevét nem őrzi elem. Ugyanis az illetékes IUPAC bizottság javaslatait az IUPAC tanácsa nem fogadta el, és háromévi vita után az eredetileg javasolt nevek közül többet megváltoztattak 1996-ban [1].

Az IUPAC

Egy nemzetközi kémikus szervezet létrehozására való igény már az 1860-as, Karlsruheban rendezett első vegyészkongresszuson felmerült. Azt is azért hívták össze, mert már nagy zavar volt a fogalmak kö-





rül, például hogy mi a molekula, mi az atom, valamint egységesíteni kellett ezek elnevezését. Nemzeti szervezetek már voltak, legkézenfekvőbbnek ezekből látszott létrehozni a nemzetközi szervezetet. Az International Union of Pure and Applied Chemistry (Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Szövetség) végül 1919-ben jött létre. Az elméleti és ipari szakemberek kommunikációjának elősegítésén kívül az egységes nevezéktan megalkotása volt a fő cél. Ebben tényleg jelentős lépést sikerült tenni az idők folyamán, főleg, ha leszámítjuk a túlzásokat, például a triviális nevek kiirtására irányuló törekvéseket. Noha az ötletgazdák a megfelelő bizottságokban erős nyomást gyakoroltak a vegyésztársadalomra, nem sikerült elérni, hogy például az acetont egy kémikus proprán-2-on-nak hívja vagy ezt írja az üvegre a laboratóriumában.

Az elemek nevét nem egységesítették. Például a nátrium és a kálium angol neve még most is sodium és potassium, ami az eredetire utal (mi a német módot követjük azután, hogy nyelvújítási törekvések a kémia területén nem váltottak ki nagy lelkesedést). De legalább a vegyjelek egységesek, és a képleteket is azonosan kell írni. Ugyanilyen fontos volt az IUPAC szerepe abban, hogy egységes mértékegységrendszert használjanak a vegyészek, hogy meghatározza a fogalomrendszert, vagyis a fogalmakat (például mi a nyomás, a diffúziós együttható vagy az elektródpotenciál) és hogy mindenki azonos mértékegységet használjon. Az sem véletlen, hogy a fizikai mennyiségeket dőlt betűvel írtam, ez is IUPAC-előírás. Az IUPAC egyik fontos feladatának tartja, hogy a nagyközönséget hitelesen tájékoztassa a kémia eredményeiről és társadalmi hasznáról.

Az IUPAC folyóirata a *Pure and Applied Chemistry*, amiben

szakcikkekén kívül megjelennek a bizottságok összefoglalói, ajánlásai, vitaanyagai. A *Chemistry International* inkább hírújság, interjúkat közöl, eseményeket, személyi ügyeket ismertet, de érdekes összefoglalók is találhatóak benne, valamint felhívja a figyelmet az aktuális, megvitatandó témákra, például az új elemek elnevezéséhez is hozzá lehet szólni. Az egyes kémiai diszciplínákhoz kapcsolódóan könyveket jelentetnek meg, amelyekben a fogalmak definícióját és elnevezését tárgyalják, a mennyiségek jeleit, mértékegységeit és más irányadó információkat közölnek.

Az IUPAC konferenciákat szervez és támogat. 1991-ben volt IUPAC-kongresszus Budapesten neves előadók, többek között John von Polányi (1929–, megosztott kémiai Nobel-díj, 1986) részvételével. Az igazi munka a bizottságokban és a munkabizottságokban folyik. Én sok évig tagja voltam az Elektroanalitikai-Elektrokémiai Munkabizottságnak, majd a Fizikai Kémiai Bizottságnak. Az olyan alapfogalmak meghatározásáról is hosszú vita folyt, mint az elektród, az elektródpotenciál, a pH. Éppen az alapfogalmaknak definíciója igen nehéz, viszont elengedhetetlen. Fontos, hogy egy (kémiai) nyelven beszéljenek a vegyészek. Így értjük meg egymást.



IRODALOM

- [1] Inzelt Gy., *Természet Világa* (2001) 164–168.
- [2] Inzelt Gy., *Természet Világa* (2003) 565–566.
- [3] Inzelt Gy., *Természet Világa* (2005) 204–208.
- [4] Inzelt Gy., *Magyar Kémikusok Lapja* (2013) 3–6.
- [5] Sajtóbejelentés 2016. november 30-án: IUPAC Announces the Names of the Elements 113, 115, 117, and 118.
- [6] P. J. Karol, *Chemistry International* (2017) 39, 10–14.
- [7] Hofmann, S. N. Dmitriev, F. Fahlander, J. M. Gates, J. B. Roberto, H. Sakai, *Pure Appl. Chem.* (2018) 90, 1773–1832.

Tudománytörténeti mozaikok Moszkvából

(Hargittai István, Hargittai Magdolna: *Moszkvai séták a tudomány körül*, Akadémiai Kiadó, 2018)

A „Moszkvai séták a tudomány körül”, Hargittai István és Hargittai Magdolna most megjelent könyve a „Budapesti séták” és „New York-i séták” folytatása. Bár az emlékművek alapján reális tudománytörténet nem rekonstruálható, nagyon sokat megtudhatunk a tudomány oroszországi, illetve szovjetunióbeli kiváló műveiről. A könyv elolvasása során történelmi ismereteink is felelevenednek a különféle politikai rendszerek ellentmondásairól. Hargittai István 1961 és 1965 között a moszkvai Lomonoszov Egyetemen tanult, és ott szerzett kémikusi diplomát. A Hargittai házaspár együtt is, és külön-külön is többször járt Moszkvában különféle tudományos együttműködések és kísérletek elvégzése kapcsán. Kiterjedt moszkvai baráti körrel rendelkeznek. 2016 szeptemberében kifejezetten azért jártak Moszkvában az MTA támogatásával, hogy jelen könyv elkészítéséhez beszerezzék a még hiányzó anyagot.

A könyvbemutatón mindkét laudáló, Dalos György és Domokos Gábor kiemelte, hogy a Szovjet Tudományos Akadémia, és így a szovjet tudomány története is, az 1920-as évektől kezdve szenvedéstörténet, hiszen különféle gyötrelmes idők váltogatták egymást, ugyanakkor tudományos szempontból mégis páratlan siker-történet. Stratégiai okokból a – hadi- és később az úriparban is hasznosítható – matematikai és különösen a fizikai tudomá-



nyok fejlesztésében voltak érdekeltek a különféle kormányzatok. Az is előfordult, hogy a börtönbe zárt tudósokat megdolgoztatták, illetve hagyták kibontakozni, vagy éppen a kivégzéstől menekültek meg felfedezéseik révén. A kutatók sokszor nem főállásban, hanem szabadidejükben, kedvtelésből dolgoztak. Magyar tudósok is nevelkedtek a szovjet „iskolák”-ban. Az ered-

ményeket nyugati folyóiratokban publikálni nem lehetett (bűn volt), ráadásul szabadalmi rendszer sem volt. Nagyon sok méltán híres tudósnak állítottak emléket szobrok formájában. Ugyanakkor nem minden súlyos egyéniség emlékét őrzi ilyen alkotás. Ráadásul olyanok is kaptak szobrot, akik nem érdemelték volna meg, de a szovjet rendszer elvtelen és lojális támogatói voltak. Éppen a helyzet bonyolultsága miatt kaphatunk árnyalt képet a szovjet-orosz politikai rendszerekről.

A könyv fő fejezetei a következők: 1. A Tudományos Akadémia, 2. A Lomonoszov Egyetem, 3. A Földtudományi Múzeum, 4. Mérnökök és technológusok, 5. Orvosi város, 6. A Tyimirjavez Akadémia, 7. A Novogyevicsi temető, 8. Járjuk a várost.

A Tudományos Akadémia kapcsán egyrészt Igor Kurcsatov említhető, akit az amerikaiaktól kémkedéssel szerzett adatok is