

IRODALOM

- [1] Szalay Luca: Magyar Kémikusok Lapja, 2019 (74) 76–80.
- [2] Szögi László: Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története képekben, ELTE Eötvös Kiadó, 2015.
- [3] Szögi László (szerk.): Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története 1635–2002. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003.
- [4] Ladányi Andor: A középiskolai tanárképzés története, Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 2008.
- [5] Kósa László (szerk.): Szabadon szolgál a szellem. Tanulmányok és dokumentumok a száz esztendeje alapított Eötvös József Collegium történetéből (1895–1995), Gift Kft., Budapest, 1995.
- [6] Déri Márta visszaemlékezése: <https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/hist-chem/legenda/groh/grohd.html>.
- [7] Pais István, Sziráki György: Állattani közlemények (2003) 88/1, 5–10.
- [8] Újhelyi Sándor: Kémiai kísérletek gyűjteménye az általános iskolák dolgozó és levelező tagozata számára, Tankönyvkiadó, Budapest, 1957.
- [9] Szilágyi Mihály: Magyar Kémiai Folyóirat (2007) 113/1, 3.
- [10] Pais István: Kémiai előadási kísérletek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1955, 1963, 1965.
- [11] Pais István, Biczkó Ferencné: A kémia tanításának módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
- [12] Pataki László, Perczel Sándor: A kémia oktatásában használatos kísérletek leírása, Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
- [13] Pataki László, Hutter Anna: Fémikrokémiai kísérletek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [14] Rózsashegyi Márta, Wajand Judit: Új demonstrációs kísérletek a redoxi- és elektrokémiai folyamatok szemléltetésére, ELTE TTK Továbbképzési Csoportjának Kiadványa, Budapest, 1989.
- [15] Rózsashegyi Márta, Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991, 1994, 1998.
- [16] Rózsashegyi Márta, Wajand Judit: Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999.
- [17] Rózsashegyi Márta, Wajand Judit: A kémia tanítása (1993) 1/4.
- [18] Rózsashegyi Márta, Wajand Judit: Középiskolai Kémiai Lapok (2000) 27, 343–349.
- [19] Hobinka Ildikó, Riedel Miklós, Valkó Péter: New Line (Számítástechnika a kémia-oktatásban), OPI-kiadvány, Budapest, 1984.
- [20] Riedel Miklós, Tamás Klára: A kémia tanítása (1998) 3–4, 3–10.
- [21] Kiss Edina: A tanulók tévképzeteinek és fogalmi fejlődésnek vizsgálata a kémia néhány alapfogalma területén, PhD-értekezés, KLTE, 2008.
- [22] Főző Attila László: Számítógéppel segített kollaboratív és egyéni tanulást segítő módszerek a kémiaoktatásban, PhD-értekezés, ELTE, 2010.
- [23] Kajtar Márton: Változatok négy elemre, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [24] Nyilasi János: Általános kémia, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1975, 1980.
- [25] Nyilasi János: Szeretlen kémia, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1975, 1980.
- [26] Villányi Attila: Kémiai számítási feladatok módszeres feldolgozása, szakdolgozat, ELTE, 1981.
- [27] <http://www.ratztanarurdij.hu/>
- [28] <https://www.richter.hu/hu-HU/felelosseggvallalas/alapitvanyok/Pages/Alapitvany-Magyar-Kemia-Oktatasert.aspx> (Az internetes címek utolsó felkeresése: 2019. 03. 08.)

Raucsikné Varga Andrea Beáta

■ SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

A periódusos rendszer jelentősége a földtudományokban: a (geo)kémiai ismeretek bázisa

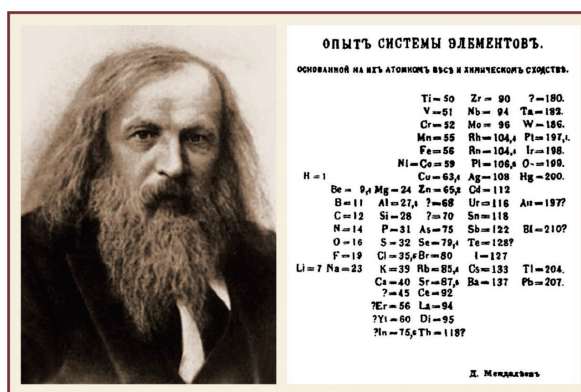
A periódusos rendszer: múlt, jelen, jövő

A periodicitás mint rendezési elv – történeti áttekintés

A természetben előforduló és a mesterségesen előállított elemek az atommag növekvő protonszáma, azaz a rendszám szerint sorozatba rendezhetők, ez a hosszú sor azonban csak részben tükrözi az elemek tulajdonságait (pl. növekvő atomtömeg). Bizonyos elemek hasonló kémiai tulajdonságú csoportokat jelölnek ki az elemek birodalmában, amelyhez az adekvát rendszerezési keretet a periódusos rendszer biztosítja [1, 2]. A periódusos rendszer – mind elméleti, mind gyakorlati szempontból – a kémia egyik kiemelkedő jelentőségű eszköze; sem a szeretlen kémia, sem a geológia (és a geokémia) kémiai alapjait nem érthetjük meg előzetes tárgyalása nélkül [3, 4].

A kémiai tulajdonságok ismétlődésének, azaz a periodicitás jelenségének központi szerepe miatt napjainkig számos (kb. 700) különböző periódusos táblázatot javasoltak, ezek közel 150 féle (al)típusba sorolhatók [3]. Valamennyi közül a legkiemelkedőbb az 1869-es Mengyelejev-féle periódusos rendszer (**1. ábra**). Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1906) orosz kémikus az addig

* A Periódusos Rendszer Éve alkalmából meghirdetett MKE-cikkpályázatra érkezett, nívódíjjal elismert dolgozat – egy egyetemi előadás írott változata. Az előadáshoz kapcsolódó kurzus: A földtudományok kémiai alapjai (földtudományi BSc-szak, I. évfolyam, I. félév). Az EMMI támogatásával (UNKP-18-4-SZTE-16).



1. ábra. Mengyelejev és az általa megalkotott, tömeg szerint rendezett periódusos rendszer

ismert 60 elemet atomtömeg alapján rendezte, ami periodikus változást mutat, ha a rokon kémiai tulajdonságú elemeket egymás alatt helyezük el. E rendezési elv segítségével megjósolta bizonyos elemek felfedezését. Ezeknek üres mezőket hagyott ki a táblázatában; sőt, várható tömegüket előre megbecsülte. Munkássága során a periódusos táblázat több formáját publikálta [1, 2, 3]. Noha az elektron későbbi felfedezését, majd az elektron-szerkezet összefüggéseinek feltárását követően az atomtömeg rendszerező szerepe háttérbe szorult, Mengyelejev meghatározó



döntő része a fosszilis energiahordozók (földgáz, kőolaj, kőszén) elégetéséből származik, ezért kiemelt kutatások övezik a környezetbarát energiatermeléssel kapcsolatos technológiákat. A hidrogén lehet a jövő egyik energiaforrása, hiszen égésekor csupán víz keletkezik. A hidrogénalapú gazdaságban az energia tárolása, szállítása cseppfolyós vagy gáz halmazállapotú hidrogén formájában történhet [9, 10, 11].

A hidrogén egyik potenciális előállítási lehetősége a szénhidrogének, különösen a metán bontása. A metán termikus vagy termokatalitikus bontásakor ugyanis szén (ami nanoszénként a folyamat nagy tisztaságú, értékes mellékterméke) és hidrogén jön létre, szén-dioxid képződése nélkül [3, 10, 11]. Másik lehetőség a hidrogén elektromos úton való előállítása vízből, azaz az elektrolízis. Ez a folyamat, illetve a nagy tömegben való tárolás technológiája már régóta ismert: hatalmas mennyiségű cseppfolyós hidrogént tárolnak szigetelt és hűtött tartályokban az űrprogramokhoz kapcsolódva, rakéta-hajtóanyagként [3, 9]. A tárolásnak azonban egyszerűnek, olcsónak és veszélytelennek kell lennie, ezért olyan rendszereket kell találni, amelyek könnyen elérhetőek, továbbá ciklusosan megismételhető módon számottevő mennyiségű hidrogént vesznek fel, illetve adnak le [9]. Néhány belső égésű motort már hatékonyan átalakítottak hidrogénalapú működésűre, a hidrogén gépkocsi-üzemanyagként való széles körű alkalmazása azonban még aktív kutatási terület [3].

Ritkaföldfémek: a szélturbináktól a geokémiai korrelációig

Az f-mező elemeinek első sora – a lantánt követő 14 elem – alkotja a „lantanoida” (lantánszerű) vagy lantanida elemeket. Ezeket a d-mezőben található lantánnal (La) együtt a szoros értelemben használt ritkaföldfémek összefoglaló néven szintén gyakran említik. A lantanidák a következők: cérium (Ce), praeodímium (Pr), neodímium (Nd), prométium (Pm), szamárium (Sm), európium (Eu), gadolínium (Gd), terbium (Tb), diszprózium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), túlium (Tm), itterbium (Yb) és lutécium (Lu). A ritkaföldfémeket általában két csoportra osztják, megkülönböztetik a könnyű (La–Sm) és a nehéz (Gd–Lu) ritkaföldfémeket [1, 2, 3, 4, 6]. A Ce a legkönnyebb ritkaföldfém, olvadáspontja 798 °C. A legnehezebb ritkaföldfém a Lu, ennek olvadáspontja több mint kétszer nagyobb (1663 °C). A lantanidák ezüstös színű vagy halványárga (Eu, Yb) fémek, viszonylag puhák, keménységük a rendszám növekedésével növekszik. Tágabb (geo)kémiai értelemben a rokon viselkedés miatt az ittriumot (Y) és a szkandiumot (Sc) is a ritkaföldfémek közé sorolják [3, 4, 6, 12, 13].

Elnevezésük egyrészt különleges tulajdonságaiknak köszönhető („ritka”), másrészt a „föld” szó az oxidvegyületekre (fém-oxidok) utal. Gyakorisági szempontból a ritkaföldfémek nem tekinthetők ritka elemeknek, azonban általában kis koncentrációban (ppm és ppb nagyságrend) vannak jelen a földkéreg kőzetében, illetve a kőzetalkotó ásványokban. Ez alól a prométium kivétel, mert ez a radioaktív elem nem fordul elő a természetben, az urán maghasadása során képződik, reaktorok kiegészítő fűtőanyagában található meg [3, 4, 6, 12].

A ritkaföldfémek kémiai jelentősége sokáig teljesen eltörpült a „legekben bővelkedő” hidrogénhez képest. A modern társadalom rohamos léptekkel változó technológiai igénye azonban felhívta a figyelmet a ritkaföldfémek egyedülálló és megkerülhetetlen szerepére. Különleges jelentőségüket az adja, hogy kivételes mágneses és vezetőképeségi tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért a lágú és képlékeny ritkaföldfémek számos fejlett techno-

lógiai alkalmazásban nélkülözhetetlenek. Ritkaföldfémekre van szükség a szélturbinák, a hibrid fűtőelemes akkumulátorok, az okostelefonok, a merevlemezek, a „lapos” képernyők gyártásához. A neodímium mágneses tulajdonságai adtak lehetőséget arra, hogy a számítógépek merevlemezeinek és hangszóróinak méretét jelentős mértékben csökkentsék. A neodímium és ötvözetei a korszerű haditechnikában (cirkálórakéták, okosbombák, drónok) szintén komoly szerepet kapnak [6, 12].

A ritkaföldfémek ipari felhasználásakor általában nem tiszta elemekre van szükség, hanem egy vagy több ritkaföldfém más elemekkel (pl. vas, nikkell, ón, gallium, tantál) együtt használnak fel. Az így kapott ötvözetek a korábbi technológiákkal előállítottakhoz képest erősebbek, kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek. Látszólag nagyon kis mennyiségre van belőlük szükség, de a célok eléréséhez nélkülözhetetlenek, ezért emlegetik őket „fűszer”-fémekként vagy „vitaminokként” [12].

A ritkaföldfémek földtudományi jelentőségét a 20. század végén a modern geokémia ismerte fel. A ritkaföldfémek vegyületeikben ionos jellegű kötésekkel létesítenek, töltésük általában +3. A Ce és az Eu a környezet oxidációs állapotától függően azonban eltérő iontöltéssel (+4, illetve +2) rendelkezhet, tehát e két ritkaföldfém változó vegyértékű. Általában nem önálló ásványt alkotnak, hanem helyettesítő nyomelemként lépnek be gyakori és kőzetalkotó ásványok kristályrácsába (pl. gránát, földpátok: plagioklász). Reduktív körülmények között az Eu^{2+} ionsugara és töltése a Ca^{2+} tulajdonságainak felel meg, ezért helyettesíti azt a plagioklászban. A viszonylag nagy töltés miatt a ritkaföldfémek a vizes oldatokban kevésbé oldódnak, ezért geokémiai szempontból immobilisnak tekinthetők. Természetes rendszerekben (talaj-, illetve kőzetalkotó ásványok) mennyiségük hosszú időn keresztül megőrződik, ezért földtörténeti léptékben is felhasználhatók az egykori geológiai folyamatok feltárására, képződmények közötti rokonság bizonyítására. Földkéregbeli gyakoriságukat tekintve a nyomelemek közé tartozó ritkaföldfémek természetes eloszlási törvényszerűségei a termodinamika segítségével modellezhetők, érzékenyen jelzik a földtani környezet változását, ezért genetikai információkat szolgáltatnak. Eredményesen alkalmazhatók a magmás folyamatok (pl. olvadákképződés) nyomon követésére, illetve a földfejlődés nagy léptékű folyamatainak leírására [4, 13].

IRODALOM

- [1] Atkins, P. W.: A periódusos birodalom. Utazás a kémiai elemek földjére. Kulturtrade Kiadó, Budapest, 1995. 153.
- [2] Whitten, K. W., Davis, R. E., Peck, M. L., Stanley, G. G.: Chemistry. Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA, 2014. 1190.
- [3] Greenwood, N. N., Earnshaw, A.: Az elemek kémiája, I–III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004. 1834.
- [4] White, W. M.: Geochemistry. Wiley-Blackwell, 2013. 668.
- [5] Koch, S., Sztrókay, K.: Ásványtan I–II., 5. kiadás. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994, első kiadás: 1955.
- [6] Gill, R.: Chemical Fundamentals of Geology and Environmental Geoscience. Wiley-Blackwell, Oxford, 2015. 267.
- [7] Varsányi Z-né: A földtudományok kémiai alapjai. Szegedi Egyetemi Kiadó, Szeged, 2009.
- [8] Moore, P., Nicolson, I.: A Nap és bolygói. A Világegyetem Enciklopédiája. Helikon Kft., Budapest, 1992. 127.
- [9] Schiller, R.: Hidrogén, az elemek királya. A kémia születésétől az energetika jövőjéig. Typotex Elektronikus Kiadó Kft., Budapest, 2013. 319.
- [10] Abbas, H. E., Wan Daud, W. M. A.: International Journal of Hydrogen Energy (2010) 35, 1160–1190.
- [11] Ashik, U. P. M., Wan Daud, W. M. A., Abbas, H. E.: Renewable and Sustainable Energy Reviews (2015) 44, 221–256.
- [12] Braun, T.: Magyar Kémikusok Lapja (2018), 73, 4, 120–126.
- [13] Harangi Sz. (szerk.): Magmás kőzetek és folyamatok – gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához, ISBN 978-963-284-478-7, <http://elte.prompt.hu/elkeszult-tananyagok> (2013)