

KÉMIA A FÖLDRAJZTANÍTÁSBAN

CHEMISTRY IN GEOGRAPHY TEACHING

VARGA ANDREA

Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszék
raucsikvarga@geo.u-szeged.hu

Abstract

The periodic table of chemical elements is a common language for science, capturing the essence not only of chemistry, but also of earth sciences, including geography and geochemistry. This study provides chemical examples for project tasks in geography teaching.

Keywords: periodic table, geographical elements, economic geology, rare earth elements, diffusion, adsorption

Bevezetés

Az Egyesült Nemzetek Szervezete a 2019-es évet a Periódusos Rendszer Nemzetközi Évének nyilvánította, hiszen ekkor ünnepeljük a Mengyelejev-féle periódusos rendszer közzétételének (1869) 150 éves évfordulóját. *Dmitrij Ivanovics Mengyelejev* (1834–1906) orosz kémikus az ismert elemeket még atomtömeg alapján rendezte; a napjainkban elterjedt, úgynevezett hosszú periódusos rendszer azonban már az elemek elektron-szerkezetének törvényszerűségeit tükrözi (ATKINS, P. W. 1995, GREENWOOD, N. N. – EARNSHAW, A. 2004, WHITTEN, K. W. et al. 2014, VARGA A. 2019).

A periódusos rendszert nemcsak kémiai szempontból fontos ismernünk, hanem számos földtudományi kérdéskör (pl. ásványok összetétele, mállás, érctelepek képződése, természetes vizek kémiai összetételét meghatározó folyamatok, megújuló energiaforrások hasznosítása) magyarázatakor is segítségül hívhatjuk. Eredményesen használható az elemek és a belőlük képződő vegyületek kémiai tulajdonságainak megértésekor, így a földtudományok kémiai alapjait sem érthetjük meg előzetes tárgyalása nélkül (WHITE, W. M. 2002, GILL, R. 2015). Ennek megfelelően kapott helyet a Szegedi Tudományegyetem földtudományi képzéseiben (földrajz alapszak, földtudományi alapszak, földrajztanár szak) az általános és szerves kémiai háttérismeret bemutatásakor (VARGA A. 2019). A komplex természettudományos szemlélet kialakításához a földrajztanításba is becsempészhető a kémia, jelen tanulmány ehhez szeretne néhány egyszerű ötletet adni.

Elemi földrajz – földrajzi vonatkozású elemnevek

A természetben előforduló és a mesterségesen előállított elemek az atommagjukban található protonok száma, azaz a rendszám (jele: Z) szerint sorba rendezhetők. Az elem tehát azonos rendszámú atomok halmaza. Az elemeket a latin vagy görög nevükből származó rövidítéssel, a vegyjellel jelöljük. A középkorban még csak kilenc elemet ismertek (arany, ezüst, réz, ón, ólom, higany, vas, kén és szén), amelyeket többnyire valamelyik jellemző tulajdonságukról neveztek el; pl. arany, Au – *aurum*: sárga; ezüst, Ag – *argentum*: fénylő; réz, Cu – *cuprum*: ciprusi; ólom, Pb – *plumbum*: nehéz; higany, Hg – *hydrargyrum*: ezüstös víz (ATKINS, P. W. 1995, WHITTEN, K. W. et al. 2014). Ma már 118 az ismert elemek száma, és majdnem pontosan egynegyedüknek neve földrajzi vonatkozású (1. ábra, 1. táblázat). Mengyelejev munkásságának emléket állítva a 101-es rendszámú mesterségesen előállított elemet (Md: mendelévium) róla nevezték el (WHITE, W. M. 2013).

The image shows a periodic table of elements. Elements with geographical names are highlighted in red. Metalloids are highlighted in grey. The legend indicates:

- ☁️ gáz (20 °C-on)
- 💧 folyadék (20 °C-on)

 The legend also shows three boxes representing element types: white for non-metal (nemfém), grey for metalloid (félfém (metalloid)), and dark grey for metal (fém). An example shows Carbon (C) with atomic number 6 and its symbol in a box labeled 'vegyjel' and 'rendszám (Z)'.

1	2											10	11	12	13	14	15	16	17	18														
1	H	2	He																	2														
3	Li	4	Be											5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne									
11	Na	12	Mg				13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																
19	K	20	Ca	21	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
87	Fr	88	Ra	89	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112	Cn	113	Nh	114	Fl	115	Mc	116	Lv	117	Ts	118	Og
				58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu			
				90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr			

1. ábra. Elemi földrajz a periódusos rendszerben (ATKINS, P. W. 1995, GREENWOOD, N. N. – EARNSHAW, A. 2004, WHITTEN, K. W. et al. 2014 és VARGA A. 2019 nyomán). A földrajzi vonatkozású elemek vegyjele bordó színű. Érdemes megfigyelni, hogy egy kivétellel (Ge: germánium, félfém) valamennyi a fémek közé tartozik.

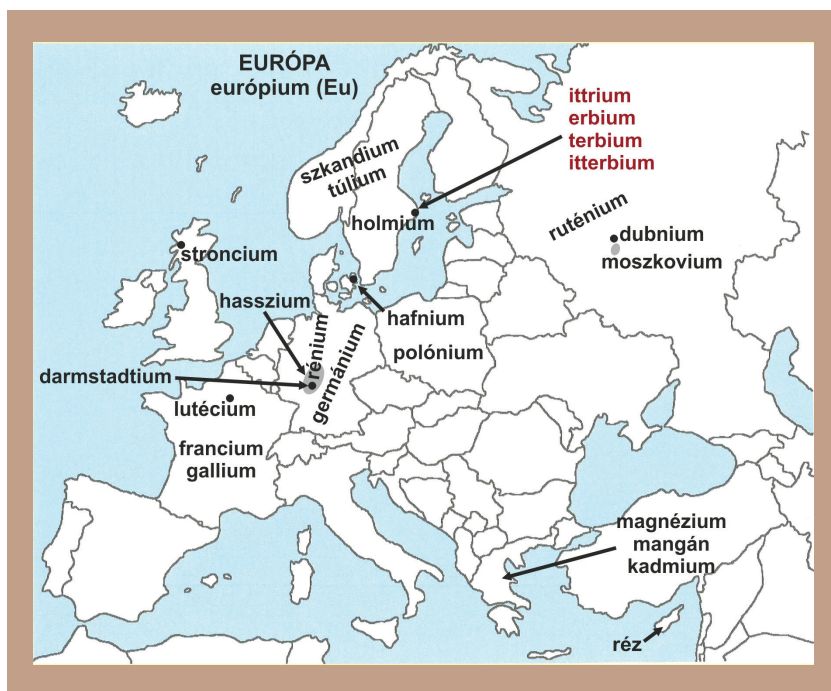
Z	Vegyjel	Név	Név eredete (földrajzi megnevezés)
12	Mg	magnézium	Az ókori görögországi (thesszáliai) Magnesiában lévő fehér földön (latinul <i>magnes carneus</i>) található ércekből állítható elő; <i>magnesia alba</i> (MgCO ₃ , magnézium-karbonát)
21	Sc	szkandium	Skandinávia, latinul <i>Scandia</i>
25	Mn	mangán	Az ókori görögországi (thesszáliai) Magnesiában található ércekből állítható elő; <i>magnesia nigri</i> (MnO ₂ , mangán-dioxid)
29	Cu	réz	Ciprus szigetén gazdag lelőhelye volt, latin nevét (<i>cuprum</i>) a sziget ókori nevééről (Kupros) kapta
31	Ga	gallium	1. Franciaország, latinul <i>Gallia</i> 2. Felfedezőjének neve (rejtetten magáról nevezte el): François Lecoq de Boisbaudran (a francia kakas, <i>le coq</i> , latinul <i>Gallus gallus</i>)
32	Ge	germánium	Németország, latinul <i>Germania</i>
38	Sr	stroncium	Strontian község, Skócia
39	Y	ittrium	Ytterby, svéd város Stockholm közelében
44	Ru	ruténium	Ruthenia (Oroszország középkori latin neve után)
48	Cd	kadmium	Kadmeiai föld, ókori Görögország (Théba)
63	Eu	európium	Európa (kontinens)
65	Tb	terbium	Ytterby svéd város Stockholm közelében
67	Ho	holmium	Stockholm, latinul <i>Holmia</i>
68	Er	erbium	Ytterby, svéd város Stockholm közelében
69	Tm	túlium	Thulium, Skandinávia régi neve
70	Yb	ytterbium	Ytterby, svéd város Stockholm közelében
71	Lu	lutécium	Párizs, latinul <i>Lutetia</i>
72	Hf	hafnium	Koppenhága, latinul <i>Hafnia</i>
75	Re	rénium	Rajna folyó, latinul <i>Rhenus</i>
84	Po	polónium	Lengyelország, lengyelül <i>Polska</i>
87	Fr	francium	Franciaország, franciául <i>France</i>
95	Am	amerícium	Amerika (kontinens)
97	Bk	berkélium	Berkeley, város, USA (a Berkeley-ben lévő University of California kutatóinak állít emléket)
98	Cf	kalifornium	Kalifornia, állam, USA (a Berkeley-ben lévő University of California kutatóinak állít emléket)
105	Db	dubnium	Dubna, oroszországi város (az itt található atommagkutató intézet kutatóinak tiszteletére)
108	Hs	hasszium	Hessen, németországi tartomány, latinul <i>Hassia</i>
110	Ds	darmstadtium	Darmstadt, német város
113	Nh	nihónium	Japán, japánul <i>Nihon</i>
115	Mc	moszkóvium	Moszkvai terület, Oroszország (megjegyzés: nem Moszkva, a város a névadó, hanem a régió)
117	Ts	tennesszium	Tennessee, állam, USA

1. táblázat. Földrajzi vonatkozású elemnevek (VARGA A. 2019 nyomán)

Európa földrajzának tanításakor – házi vagy szorgalmi feladatként, csoportmunkában szakköri vagy fakultációs foglalkozáson, természettudományos témahéthez kapcsolódva – érdemes kitérni a „periódusos birodalom” földrajzára, hiszen az 1. táblázatban szereplő 30 elemnévből Európa szolgáltatta a legtöbbet. Maga a kontinens is névadó (európium), de egyes országai (pl. Németország – germánium), tartományai (pl. moszkvai régió – moszkóvium), városai (pl. Ytterby – ittrium), sőt egy folyója (Rajna – rénium) szintén megtalálható a nevek sorában. A periódusos rendszer és egy térkép segítségével a földrajzi nevek és a róluk elnevezett elemek könnyen összepárosíthatók (2. ábra).

Technológiai kihívások a 21. században: a ritkaföldfémek

A földrajzi vonatkozású elemnevek eredetét tanulmányozva érdemes kiemelni Ytterby svéd várost, hiszen nevéhez négy elem is köthető (1. táblázat): az átmenetifém ittrium (Y), valamint a ritkaföldfém terbium (Tb), erbium (Er) és itterbium (Yb). Kémiai és geokémiai értelemben ezek hasonló tulajdonságú, rokon elemek. Az Y és



2. ábra. Európához kapcsolódó földrajzi vonatkozású elemnevek (WHITTEN, K. W. et al. 2014, VARGA A. 2019).
A névadó városok helyét fekete pont, a régiókat szürke alakzat jelöli.

a szkandium (Sc) mellett a lantánt (La) követő 14 elem – ezüstös színű vagy halvány-sárga, viszonylag puha fémek –, a lantanidák (Ce: cérium, Pr: prazeodímium, Nd: neodímium, Pm: prométium, Sm: szamárium, Eu: európium, Gd: gadolínium, Tb: terbium, Dy: diszpróziium, Ho: holmium, Er: erbium, Tm: túlium, Yb: itterbium, Lu: lutécium) együtt alkotják a ritkaföldfémek tágabb csoportját (GREENWOOD, N. N. – EARNSHAW, A. 2004, WHITE, W. M. 2013, WHITTEN, K. W. et al. 2014, VARGA A. 2019). Ezek az elemek sokáig a kémiában is háttérbe szorultak, a 21. század technológiai kihívásai, a megújuló energiára épülő energiaszektor fokozatos térhódítása azonban egyértelművé tette fontosságukat (DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012; BRAUN T. 2018; PERRY, E. P. – GYSI, A. P. 2018).

A ritkaföldfémek általában nyomnyi mennyiségben (összesen néhány 10–100 g/t) fordulnak elő a földkéregben – részben erre utal az összefoglaló nevük –, valójában azonban nem ritka elemek, csak nem alkotnak olyan önálló ásványokat, amelyek a gyakori kőzetekben feldúsulnának (HARANGI SZ. et al. 2003, 2013). Átlagos gyakoriságukat jól jelzi, hogy a ritkaföldfémek gyakoribbak a földkéregben, mint az ezüst, közülük a lantán és a cérium gyakorisága még a rézét is meghaladja. Ez alól egyedül a prométium a kivétel, mert ez nem fordul elő a természetben. Számottevő mennyiségben az urán maghasadása során képződik, ezért a nukleáris reaktorok kiegészítő fűtőanyagában található meg (DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012, BRAUN T. 2018).

A ritkaföldfémek gazdasági jelentősége

A ritkaföldfémek felhasználása sokrétű, több iparágazatban – pl. energetika, fémipar, mikroelektronika, hadiipar, akkumulátor- és katalizátorgyártás, üveggyártás és kerámiaipar – kulcsszerepet tölt be ez az elemcsoport, mint olyan nyersanyag, ami jelenlegi ismereteink szerint mással nem helyettesíthető. A plazma- vagy LCD-kijelzők (pl. monitor, TV-képernyő) világító képpontjaihoz ritkaföldfém-vegyületekre van szükség (pl. vörös képpont: európium). Az energiatakarékos lámpákban, LED-ekben szintén a ritkaföldfémek fluoreszcens tulajdonságát hasznosítják. További felhasználási terület az optikai kábelek és a lézerek gyártása. A legerősebb permanens mágnesek előállításához is ritkaföldfém-ötvözetekre van szükség. Segítségükkel valósult meg számos elektronikai alkatrész (pl. merevlemezek, DVD-lejátszók, hangfalak) miniatürizálása. Neodímium-mágneseket legnagyobb mennyiségben a szélturbinák generátoraiban használnak fel (DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012, BRAUN T. 2018).

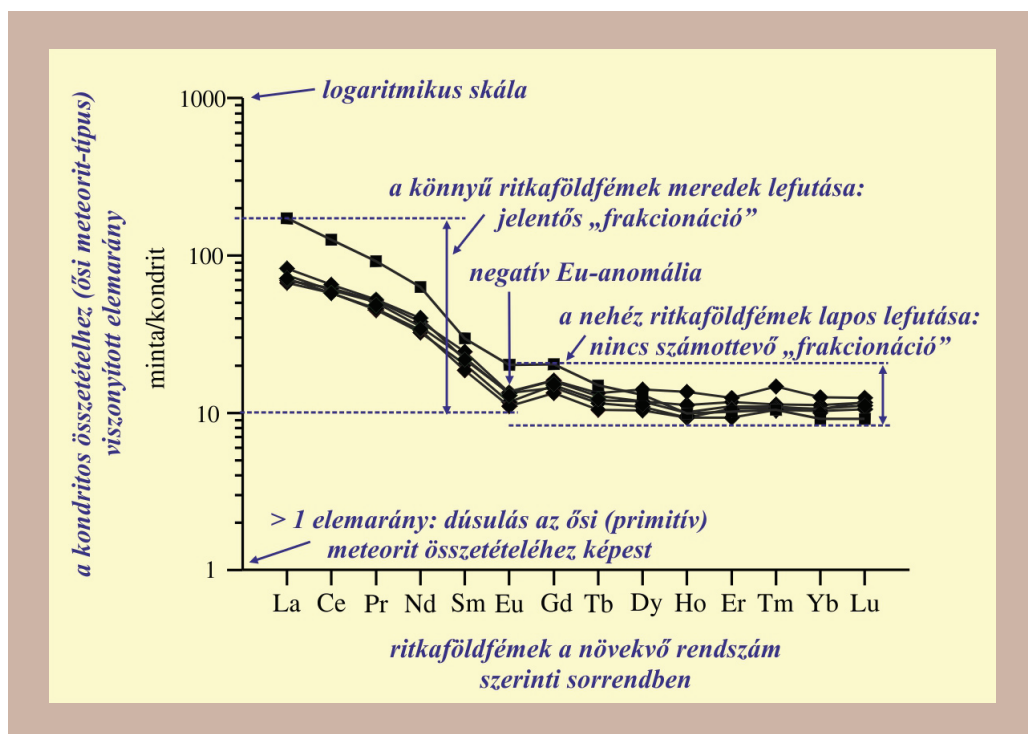
Gazdasági szempontból jelentős, azaz ércnek tekinthető ritkaföldfémtelepek speciális magmás előfordulásokhoz kapcsolódnak (pl. Bayan Obo és Maoniuping, Kína; Strange Lake, Kanada; Mountain Pass és Bear Lodge, USA; Olympic Dam, Ausztrália). Az ismert készletek jelentős része Észak-Amerikában, Afrikában (Namíbia, Malawi, Dél-Afrika), Ausztráliában és Délkelet-Ázsiában van. A Bayan Obo-érctelep a Föld legnagyobb ismert ritkaföldfém-telepe, ezért nem meglepő, hogy a világtermelés közel 97%-a Kínához kötődik (DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012, PERRY, E. P. – GYSI, A. P. 2018). A másodlagos ritkaföldfémtelepek a mállás, illetve az azt követő *üledékfelhalmozódás* eredményeként jönnek létre (pl. torlatos dúsulás). Az úgynevezett *ionadszorpciós telepek* (Kína) olyan másodlagos felhalmozódások, amelyek magmás kőzetek (elsősorban gránit) mállása során képződnek. Ennek során a gránit elsődleges ásványai (pl. földpátok, csillámok, cirkon, monacit, apatit) átalakulnak, részben feloldódnak, amit a ritkaföldfémek felszabadulása kísér. A mállástermékekben található agyagásványok – a rétegszilikátok egyik csoportja – képesek a felületükön megkötni, azaz *adszorbeálni* a ritkaföldfémeket (DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012).

Magyarországon nem ismert természetes ritkaföldfém-dúsulás, azonban a timföldgyártás melléktermékeként keletkező vörösiszapban feldúsulnak ezek az elemek, az ionadszorpciós telepekhez hasonlóan elsősorban adszorbeált formában, és gyenge savak segítségével kioldhatók. Az előzetes vizsgálati eredmények szerint a rétegszilikátokon megkötődött ritkaföldfémek mintegy 60%-a mobilizálható a vörösiszapból (Dobosi G. – Török K. 2012), ezért napjainkban kiemelt szerepet kapnak a gazdaságos kinyerésüket célzó kutatások (pl. VÍGH Cs. et al. 2016, M. TÓTH T. et al. 2018).

Ritkaföldfémek a földtudományokban: geokémiai jelentőség

A ritkaföldfémek földtudományi jelentőségét már a 20. század végén felismerte a modern geokémia (HARANGI SZ. et al. 2003). Ezek az elemek általában nem alkotnak önálló ásványt, hanem helyettesítő nyomelemként lépnek be gyakori és kőzetalkotó ásványok (pl. gránát, földpátok) kristályrácsába, ahol a hasonló ionméretű kalciumot vagy nátriumot helyettesítik. A ritkaföldfémek töltése általában +3, az azonos töltés és a hasonló ionsugár miatt a természetes rendszerekben mindig együtt fordulnak elő. A viszonylag nagy töltés miatt a ritkaföldfémek a vizes oldatokban kevésbé oldódnak, gyakran szilárd fázisokon (pl. a talajt alkotó komponensek) megkötődnek, ezért geokémiai szempontból immobilisnak tekinthetők. A ritkaföldfémek földtörténeti léptékben is felhasználhatók

az egykori geológiai folyamatok feltárására, képződmények közötti rokonság bizonyítására (*geokémiai korreláció*). Eredményesen alkalmazhatók a magmás folyamatok (pl. olvadékképződés) nyomon követésére, sőt a törmelékes üledékes rendszerekben (pl. agyagkő, homokkő) a szemcsék eredetének meghatározására is (HARANGI SZ. et al. 2003, 2013, 2015, DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012, WHITE, W. M. 2013, MÉSZÁROS E. et al. 2019, VARGA A. 2019). A genetikai információk feltárásához leggyakrabban speciális viszonyítási alap segítségével szerkesztett geokémiai elemeloszlási diagramokat használnak fel, erre mutat példát a 3. ábra.



3. ábra. Speciális ritkaföldfém-eloszlási diagram mélyfúrásokból ismert dél-dunántúli szilur időszerű (~430–440 millió éves) agyagpala-rétegsor példáján (MÉSZÁROS E. et al. 2019). A kondritos összetétel olyan ősi meteorit összetételét jelenti, ami az illó komponensek (pl. gázok) kivételével a Naprendszer „ősanyagának” tekinthető. A kondritos összetétel a még belső szférák (mag, köpeny, kéreg) nélküli kőzetbolygók teljes kémiai összetételének felel meg. A geokémiai gyakorlatban ehhez viszonyítják a minták ritkaföldfém-tartalmát, ami a diagramokon látható görbék lefutásán keresztül (pl. egyes csoportok eltérő mértékű dúsulása, azaz frakcionációja; egy-egy elem kiugró viselkedése, azaz anomáliája) a földfejlődés nagyléptékű folyamatainak feltárását és leírását teszi lehetővé (HARANGI SZ. et al. 2003, 2013, 2015, DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012).

Oldott ionok mozgása és megkötődése a mállás során – egyszerű kémiai kísérletek földrajzi megközelítésben

A málláshoz kapcsolódóan a másodlagos ásványok képződése nem csak a ritkaföld-fémek telepszerű dúsulásáért felelős, fontos szerepet tölt be a talajzóna és a természetes vizek kémiai összetételének befolyásolásában is. A víz és a vízzel érintkező szilárd anyag között ugyanis speciális agyagmozgási (diffúzió), továbbá megkötődési folyamatok (pl. adszorpció, ioncsere) játszódhatnak le (HETÉNYI M. 1999, BÁRÁNY S. et al. 2011, VARGA A. 2019). Ezek a folyamatok a köznapi életünkben is jelen vannak, ezért felismerésük a természettudományos világkép kialakításához és az összefüggések elmélyítéséhez nélkülözhetetlen.

Az alábbiakban a fogalmak rövid meghatározását követően olyan egyszerű kísérletek leírása következik, amelyeket a földrajz tanítása során be lehet építeni az ismeretek átadásakor (pl. 9. osztály: a vízburok földrajza – vízszennyezés, felszín alatti vizek, a vizek öntisztulása; a Föld szerkezete és folyamatai – értelepek keletkezése, a talaj). Az önálló megfigyelésen keresztül ezek a kísérletek gondolkodásra készítetnek. Az ok-okozati összefüggések megfogalmazásával az elsajátított ismeretek maradandóbbak lesznek, ami a földrajzoktatásban is alapvető cél (FARSANG A. 2014). Mind a diffúzió, mind az adszorpció jelensége veszélytelen és könnyen beszerezhető anyagok segítségével egyszerűen szemléltethető. A javasolt vizsgálatok többsége akár otthon is elvégezhető.

A diffúzió

A diffúzió mint anyagmozgási folyamat a részecskék (pl. atomok, molekulák, ionok) hómórgás következtében kialakult, önálló mozgását jelenti gázokban (pl. légköri folyamatok; illatanyagok terjedése a mindennapokban), folyadékokban (pl. szennyeződések terjedése felszíni vagy felszín alatti vizekben) és szilárd anyagokban. Ez utóbbi esetben a diffúzió jóval lassabb folyamat, ami többnyire a szilárd anyagot tagoló határfelületek mentén játszódik le (pl. ásványok érintkezési határa egy kőzetben; hasadási síkok vagy ikerhatárok egy ásványon belül; törések, repedések), szerepe azonban megkerülhetetlen a szilárd fázisú átalakulási folyamatokban (pl. metamorf átkristályosodás). A diffúziós anyagáramot nem külső hatás (pl. légáramlat vagy keverés) hozza létre, hanem önként indul be, ha az adott rendszer különböző részein legalább egy összetevő koncentrációjában eltérés van. A diffúzió irányát tekintve a nagyobb koncentrációjú helyekről a kisebb koncentrációjú helyek felé irányul. A mozgás sebessége függ a hőmérséklettől (magasabb

hőmérsékleten gyorsabb a részecskék hőmozgása), valamint arányos a koncentráció különbségével. Ha elegendően hosszú idő áll rendelkezésre, az anyag részecskéi minden irányba egyforma valószínűséggel mozognak, idegen szóval diffundálnak mindaddig, amíg az összetevők eloszlása homogén nem lesz (BÁRÁNY S. et al. 2011, GILL, R. 2015, VARGA A. 2019).

Vizsgálatok a diffúzió szemléltetésére

1. vizsgálat

Anyagszükséglet: átlátszó, szintelen edény (pl. pohár, kancsó, főzőpohár), víz, teafilter.

A vizsgálat menete: óvatosan helyezünk egy teafiltert a pohárba vagy kancsóba töltött víz felszínére úgy, hogy az ne süllyedjen le! Figyeljük meg a változást (4. ábra)!

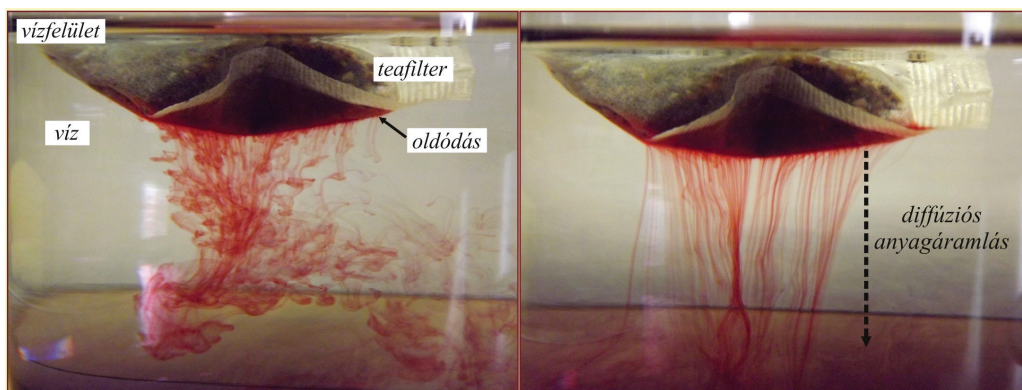
Időszükséglet: 3–5 perc.

Rövid értelmezés: a vízzel érintkezve a teafilterben található színezőanyagok beoldódnak a vízbe, a kialakuló koncentrációkülönbség pedig azonnal beindítja a diffúziós anyagáramlást.

2. vizsgálat

Anyagszükséglet: átlátszó, szintelen pohár, tömény szörp (cukorszirup), víz.

A vizsgálat menete: öntsünk a pohárba kb. egy ujjnyi tömény szörpöt, majd nagyon óvatosan csorgassunk rá vizet úgy, hogy lehetőleg ne történjen keveredés! Ehhez célszerű a szörpöt tartalmazó poharat kissé megdőnteni, és a vizet lassan, vékony sugárban a pohár belső falára csorgatni. Tegyük félre a poharat, majd vizsgáljuk meg a határfelület



4. ábra. A diffúzió megfigyelése folyadékban: a víz felszínére helyezett teafilterből a kioldódó festékanyag a vizes oldatba diffundál addig, amíg az összetevők eloszlása homogén nem lesz. A nagyobb sűrűségű (töményebb) oldatrész felül helyezkedik el, ezért a diffúzió viszonylag gyorsan lejtátszódik.

jellegét 1–2 óra, 5 óra, majd egy nap elteltével (5. ábra)!

Időszükséglet: az összeállítás néhány perc, a megfigyelés a várakozás miatt időigényes.

Rövid értelmezés: a kiindulási éles határfelület először kiszélesedik, elmosódott lesz (innen származik a „diffúz határ” kifejezés), majd teljesen eltűnik, a rendszer homogenizálódik.

Az adszorpció

Az adszorpció gáz (gőz), folyadék, illetve finoman elosztatott, azaz diszpergált szilárd összetevő megkötődése egy szilárd anyag (az úgynevezett *adszorbens*) felületén. Az adszorpció önként lejátszódó felületi jelenség, ami lehet tisztán fizikai jellegű (fizikai adszorpció vagy fiziszorpció), amikor gyenge másodrendű kötőerők lépnek fel a szilárd felület és a megkötött anyag részecskéi között; illetve kémiai jellegű (kémiai adszorpció vagy kemiszorpció), amikor a felületen kémiai reakció is lejátszódik. Az adszorpció általában megfordítható folyamat, ellentétje a deszorpció, amikor az adszorbens felületéről távozik a megkötött anyag (BÁRÁNY S. et al. 2011, VARGA A. 2019).

Az adszorpcióhoz szükséges szilárd anyag nagy aktív felülettel rendelkezik, gyakran porózus, lyukacsos szerkezetű. Az iparban ilyen a szilikagél (mesterségesen előállított szilícium-dioxid változat) vagy az aktív szén. A talajban, illetve az élővizek lebegő hordalékában hasonló tulajdonsággal rendelkeznek bizonyos alaktalan (amorf) vagy kristályos szeretlen vegyületek (pl. Fe^{3+} - és Mn^{4+} -oxidok és -hidroxidok, duzzadó agyagásványok, zeolitok). Az adszorpció egyik speciális esete az úgynevezett *ioncsere-adszorpció* vagy röviden ioncsere, amikor az oldat egyik ionja helyet cserél a szilárd felület valamelyik hasonló töltésű ionjával. Az ioncserének komoly szerepe van a vízlágyításban, a víz



5. ábra. A diffúzió megfigyelése folyadékban: a tömény szörp és a felette elhelyezkedő víz közötti határfelület eleinte éles, majd fokozatosan elmosódóvá (diffúzzá) válik. A nagyobb sűrűségű (töményebb) oldalrész alul helyezkedik el, ezért a diffúzió viszonylag lassan játszódik le (középső kép: fél nap múlva, jobb oldali kép: 2 nap múlva).

sómentesítésében, továbbá a nehézfém- és radioaktív ionok vizekből és talajból történő eltávolításában. Bizonyos agyagásványok (pl. az ún. szmektitiek) kiváló ioncserélő képességűek. A szmektitiek kristályrácsának rétegközi terében cserélhető kationok (pl. Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) és víz helyezkedhet el (HETÉNYI M. 1999, BÁRÁNY S. et al. 2011, VARGA A. 2019). A köznapi életben szintén találkozhatunk ilyen anyagokkal: nedvességmegkötő tulajdonságukat a háztartásban és a gyógyászatban is hasznosítják (6. ábra).

Vizsgálatok az adszorpció szemléltetésére

1. vizsgálat

Anyagszükséglet: 2 db átlátszó, szintelen pohár, szűrőkarika-állvánnyal, tölcsér, szűrőpapír, keverőkanál (vagy üvegbot), porított orvosi széntabletta, színes vizes oldat (pl. ételfestékkel megfestett víz, gyümölcsstea).

A vizsgálat menete: öntsünk egy pohárba kb. kétujjnyi színes oldatot, tegyük bele kb. 2–4 elporított széntablettát, és jól keverjük fel! Egy óra elteltével szűrjük le az aktív szén oldatot (szuszpenziót)! Figyeljük meg a szűrletet, és értelmezzük a lejátszódott jelenséget!

Időszükséglet: az összeállítás néhány perc, a várakozás miatt kissé időigényes kísérlet.

Rövid értelmezés: a szűrést követően kapott oldat halvány színű, vízszerű folyadék lesz. Az aktív szén megkötötte a színes oldatból a színyanyagokat, adszorpció ment végbe.

2. vizsgálat

Anyagszükséglet: 2 db átlátszó, szintelen pohár, keverőkanál (vagy üvegbot), 1 tasak „Smecta”, színes vizes oldat (pl. gyümölcsstea).

A vizsgálat menete: az egyik pohárba töltsünk gyümölcssteát, a másikba szórjuk bele a Smecta-tasak tartalmát, ami gyakorlatilag nagy tisztaságú agyagásvány (szmektit)! Az

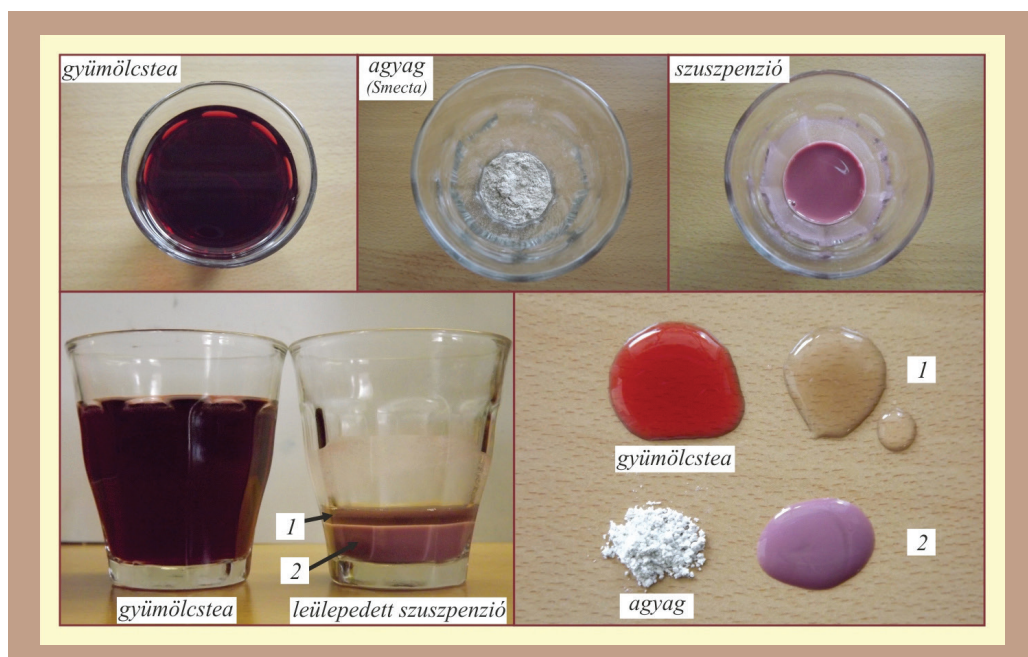


6. ábra. Egyszerű adszorbensek a háztartásban és a gyógyászatban. A szilikagéllal (mesterséges SiO_2 változat) töltött tasakok a nem kívánt nedvességet kötik meg (pl. cipők, táskák, elektronikai eszközök mellé helyezve). A széntabletta (aktív szén) és a „smecta” (természetes eredetű, tisztított agyagásvány, szmektit) hasfogó hatású, kiváló vízmegkötő anyagok, ezért hasmenés tüneteinek kezelésére alkalmazhatók.

agyaghoz keverjük kb. 5 teáskanál gyümölcssteát, hogy közepes sűrűségű szuszpenziót kapjunk! Egy óra elteltével figyeljük meg a szuszpenziót! Hasonlítsuk össze az agyagos szuszpenzió felett elhelyezkedő oldat színét a kiindulási gyümölcsstea színével (7. ábra)! Időszükséglet: az összeállítás néhány perc, a várakozás miatt kissé időigényes kísérlet. Rövid értelmezés: a felkevert szuszpenzióból kiülepedik az agyag, ami megköti az oldatból (gyümölcsstea) a színyanyagokat. Az így keletkezett új oldat ezért szinte vízszerű lesz.

Köszönetnyilvánítás

A Szegedi Tudományegyetemen a tanulási eredmény alapú tananyagfejlesztést az EFOP-3.4.3-16-2016-00014 azonosító jelű pályázat AP2 programja támogatta, melynek keretein belül a földrajztanárképzésben is alkalmazott „Híd a kémiához” elektronikus tankönyv készült. A szerző témavezetői és geokémiai korrelációs munkáját a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BO/266/18) és az Emberi Erőforrások Minisztériuma Új Nemzeti Kiválóság Programja (UNKP-18-4-SZTE-16) támogatja.



7. ábra. Adszorpció agyagásványok felületén: a gyógyászatban alkalmazott „Smecta” segítségével otthon is megfigyelhető a felületi megkötődés. Ez a kísérlet segít elképzelni a természetes vizek öntisztulási folyamatát. A Smecta-porból (agyag) és a gyümölcssteából készített szuszpenzió kb. 1 óra elteltével két részre különül el: a „megtisztult” víz (1) lesz felül, a kiülepedett agyag (2) alul. Összehasonlítva a kiindulási anyagok és a termékek színét, egyértelmű, hogy az agyag megkötötte a színyanyagokat.

Irodalom

- ATKINS, P. W. 1995: A periódusos birodalom. Utazás a kémiai elemek földjére. – Kulturtrade Kiadó, Budapest. 153 p.
- BÁRÁNY S. – BAUMLI P. – EMMER J. – HUTKAINÉ GÖNDÖR ZS. – NÉMETHNÉ SÓVÁGÓ J. – BÁDER A. 2011: Fizikai kémia műszakiaknak. – Elektronikus tankönyv. Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc. 763 p.
- BRAUN T. 2018: Kritikus helyzetben a világ ritkaföldfém-ellátása. Mítosz vagy valóság? – Magyar Kémikusok Lapja 73. 4. pp. 120–126.
- DOBOSI G. – TÖRÖK K. 2012: Ritkaföldfémek geokémikus szemmel. – Magyar Tudomány 173. 5. pp. 541–553.
- FARSANG A. 2014: Földrajzi kísérletek és modellek. – GeoLitera, SZTE TTK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged. 140 p.
- GILL, R. 2015: Chemical Fundamentals of Geology and Environmental Geoscience. – Wiley-Blackwell, Oxford. 267 p.
- GREENWOOD, N. N. – EARNSHAW, A. 2004: Az elemek kémiája I–III. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 1834 p.
- HARANGI SZ. 2015: Vulkanok. A Kárpát–Pannon térség tűzhányói. – GeoLitera, SZTE TTK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged. 482 p.
- HARANGI SZ. – SZAKMÁNY GY. – JÓZSA S. – LUKÁCS R. – SÁGI T. 2013: Magmás kőzetek és folyamatok – gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához. – ELTE Természettudományi Kar, 566 p. http://www.eltreader.hu/media/2014/05/Magmas_kozetek_READER.pdf.
- HARANGI SZ. – LUKÁCS R. – RAUCSIKNÉ VARGA A. – SZAKMÁNY GY. – TÖRÖK K. 2003: Elemek természetes geokémiai eloszlása és elemzési módszereik. – Kézirat. ELTE TTK Közöttani és Geokémiai Tanszék, Budapest. 150 p.
- HETÉNYI M. 1999: Környezetgeokémia I. A hidroszféra. – JATEPress, Szeged. 156 p.
- M. TÓTH T. – SCHUBERT F. – RAUCSIK B. – BENCsik A. 2018: Az almásfüzitői vörösiszap ásványtani és geokémiai jellemzői. – Az asztenoszfératól az atmoszféráig. 9. Közöttani és Geokémiai Vándorgyűlés Absztrakt kötet, Budapest. pp. 111–112.
- MÉSZÁROS E. – VARGA A. – RAUCSIK B. – BENKÓ Zs. – HEINCZ A. – HAUZENBERGER, C. A. 2019: Provenance and Variscan low-grade regional metamorphism recorded in slates from the basement of the Tisza Mega-unit (SW Hungary). – International Journal of Earth Sciences 108. 5. pp 1571–1593. <https://doi.org/10.1007/s00531-019-01720-y>
- PERRY, E. P. – GYSI, A. P. 2018: Rare earth elements in mineral deposits: speciation in hydrothermal fluids and partitioning in calcite. – Geofluids, Article ID 5382480. 19 p. <https://doi.org/10.1155/2018/5382480>
- VARGA A. 2019: Híd a kémiához. A földtudományok általános, szerves és fizikai kémiai alapjai. – Egyetemi tankönyv. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. 305 p. <https://doi.org/10.14232/eta.2019.2088>
- VÍGH Cs. – KISS J. – SÁRI K. 2016: Bányászati hulladékkezelő létesítmények kritikus anyagtartalma és

potenciálbecslési lehetőségei. – Itt az idő! Kőzettani–geokémiai folyamatok és azok geokronológiai vonatkozásai. 7. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés Absztrakt kötet, Debrecen. p. 109.

WHITE, W. M. 2013: Geochemistry. – John Wiley & Sons. 672 p.

WHITTEN, K. W. – DAVIS, R. E. – PECK, M. L. – STANLEY, G. G. 2014: Chemistry. – Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont. 1190 p.