

Varga Andrea: Geokémia olvasóleckék

1. olvasólecke

A GEOKÉMIA tárgya és kémiai alapjai: a periódusos rendszer és a periodikusan változó tulajdonságok

Az olvasólecke célja: a geokémia tárgyának bemutatása és természettudományos keretbe illesztése; a kapcsolódó kémiai alapfogalmak (elemek periódusos rendszere) tisztázása (a feldolgozáshoz szükséges idő kb. 40 perc)

Mi és mivel foglalkozik a geokémia?

A **GEOKÉMIA** (geochemistry), mint önálló tudományág a **geológia** (geology) és a **kémia** (chemistry) „házasságából” született. Ezt az elnevezést először **Christian Friedrich Schönbein** német-svájci vegyész (az ózon felfedezője) használta 1838-ban. A korai szakaszban azonban a geokémia és a kémia története nem különült el egymástól. **A geokémia tudományterületi elkülönülése és fejlődése alapvetően a 20. századra tehető.** Ebben kiemelkedő szerepet játszott a radioaktivitás tanulmányozása, az erre épülő korhatározási módszerek kifejlesztése, illetve a műszeres analitikai módszerek fejlődése.

A geokémia a kémia törvényszerűségeit és eszközeit használja fel a legfontosabb geológiai rendszerek (pl. földkéreg, óceánok kialakulása és fejlődése, nyersanyagok keletkezése és felhalmozódása) szabályozó mechanizmusainak értelmezésére.

Jelenleg a geokémián belül már számos szakterület különíthető el (pl. kozmokémia, magmás-geokémia, izotópgeokémia, hidrokeokémia, környezeti geokémia, biogeokémia, szerves geokémia stb.), és **a geokémia a 21. században a földtudományi kutatások egyik alapvető motorjának tekinthető.**



C. F. Schönbein (1799–1868)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christian_Friedrich_Sch%C3%B6nbein_Litho.jpg



A geokémia modern meghatározása

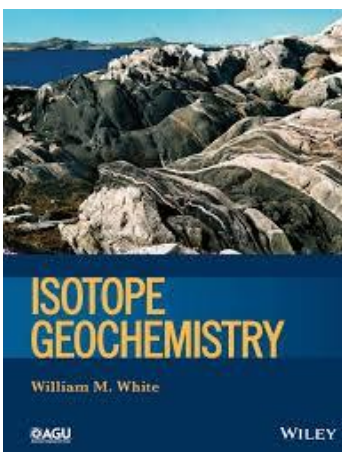
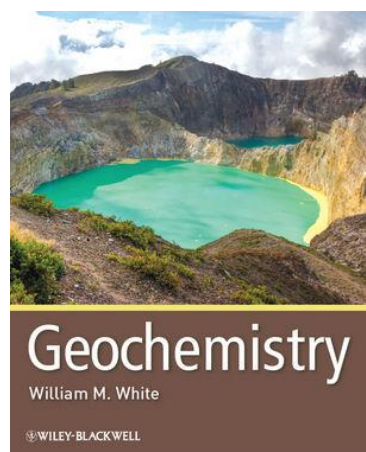
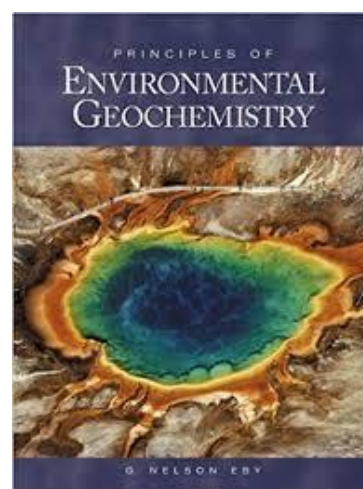
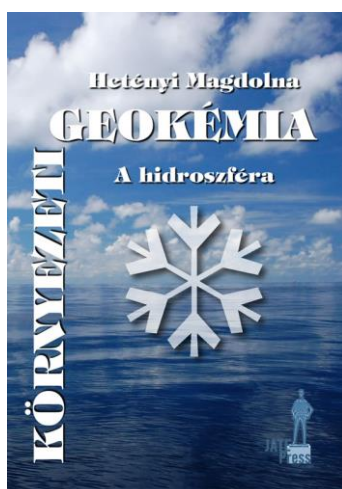
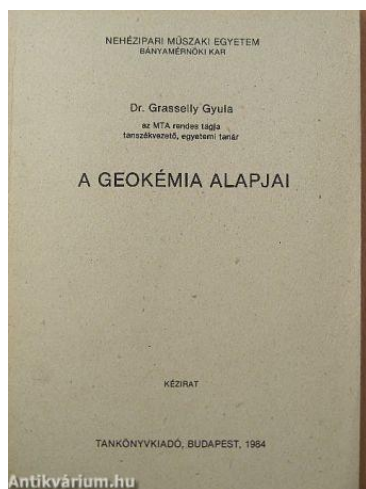
A magyarországi földtudományi (geológus) oktatásban a modern geokémiai módszerek a magmás kőzetek geokémiai vizsgálatának irányából terjedtek el (Harangi Szabolcs, ELTE).

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_magmas_kozetek/ch04.html

A geokémia **integráló tudomány**ként szoros kapcsolatban van a föld- és környezettudományokkal, a planetológiával és a kémiai tudományokkal. Vizsgálja

- a kémiai elemek és izotópjaik relatív (viszonylagos) és abszolút koncentrációját a Földön (pl. atmoszféra, hidroszféra, litoszféra) és a Naprendszerben (pl. kőzetbolygók, gázbolygók és holdjaik);
- az egyes elemek (pl. hidrogén, oxigén, szén, szilícium stb.) eloszlási törvényszerűségeit a különböző földi és földönkívüli rendszerekben;
- a földfelszínen, a Föld belső szféráiban és a Naprendszerben zajló kémiai reakciókat.

Az így kapott információkat **geokémiai ciklusok**ba rendszerezi, valamint feltárja a geokémiai ciklusok folyamatait a múltban, illetve jövőbe mutató előrejelzéseket ad.



Geokémiai tárgyú
tankönyvek címlapjai

A kémiai ismeretek bázisa: a periódusos rendszer

Az **elemek periódusos rendszere** eredményesen használható az elemek és a belőlük képződő vegyületek kémiai tulajdonságainak megértésekor, így a geokémia kémiai alapjait, illetve az elemek geokémiai csoportosításának szabályait sem érthetjük meg előzetes tárgyalása nélkül.

A periódusos rendszer napjainkban elterjedt formájának („hosszú periódusos rendszer”) minden oszlopában (csoportok) olyan elemeket találunk egymás alatt, amelyek azonos számú vegyértékelektronnal rendelkeznek, ezért hasonló tulajdonságúak. A sorok (periódusok) az elektronhéjak fokozatos feltöltődését mutatják balról jobbra a rendszám növekedésével. Közvetlen összefüggés van a kijelölhető blokkok, az úgynevezett **mezők**, és az azokban található atomok elektronkonfigurációja között: az *s*-mező 2, a *p*-mező 6, a *d*-mező 10, és az *f*-mező 14 oszlopot tartalmaz, azaz mindig annyi oszlop található egy mezőben, ahány elektron maximálisan tartózkodhat az adott alhéjon.

héj	ns^1	ns^2	nemfém										félfém (metalloid)										fém										ns^2np^1	ns^2np^3	ns^2np^6															
	Ia 1	IIa 2																															IIIa 13	IVa 14	Va 15	VIa 16	VIIa 17	VIIIa 18												
K	1 H																																5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne												
L	3 Li	4 Be																															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar												
M	11 Na	12 Mg																															19 K	20 Ca	21 Sc	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
N	19 K	20 Ca	21 Sc	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																																
O	37 Rb	38 Sr	39 Y	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																																
P	55 Cs	56 Ba	57 La	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																																	
Q	87 Fr	88 Ra	89 Ac	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																																	

gáz
(20 °C-on)

folyadék
(20 °C-on)

vegyjel

6

rendszám (Z)

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103

Az elemek periódusos rendszerében gyorsan eligazodhatunk, ha ismerjük az atomok elektronszerkezetének kvantummechanikai értelmezését (pl. kvantumszámok meghatározása és jelölésük). Itt megtalálható:

<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Nevezetes elemcsoportok a periódusos rendszerben

A periódusos rendszer első két csoportja alkotja az s-mezőt. Az első csoport elemeinél egy elektron található a legkülső s-alhéjon (a vegyértékhéj elektronkonfigurációja: ns^1 , ahol n a főkvantumszám). Itt találjuk a hidrogént (H) és az **alkálifémek**et (pl. Li, lítium; Na, nátrium; K, kálium). A második csoportban az **alkáliföldfémek**et (pl. Mg, magnézium; Ca, kalcium; Sr, stroncium) találjuk meg (a vegyértékhéj elektronkonfigurációja: ns^2).

A p-mezőben elkülöníthető 6 csoport rendre eggyel több elektront tartalmaz a vegyértékhéjon (ns^2np^1 konfigurációtól ns^2np^6 konfigurációig). Hagyományos elnevezésük a következő: **földfémek** (pl. Al, alumínium), **szénsoport** (pl. C, szén; Si, szilícium), **nitrogénsoport** (pl. N, nitrogén; P, foszfor), **oxigénsoport** (pl. O, oxigén; S, kén), **halogének** (pl. F, fluor; Cl, klór; Br, bróm) és **nemesgázok** (pl. Ne, neon; Ar, argon; Kr, kripton).

The diagram shows a simplified periodic table with the following structure:

- Columns (Groups):** Ia, IIa, IIIb, IVb, Vb, VIb, VIIb, VIIIb, IXb, Xb, XIb, XIIb, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII.
- Rows (Periods):** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
- Color-coded blocks:**
 - Alkali metals (alkálifémek):** Green, Group Ia.
 - Alkaline earth metals (alkáliföldfémek):** Light green, Group IIa.
 - Transition metals (átmenetifémek):** Yellow, Groups IIIb to XIIb.
 - Metals (földfémek):** Pink, Groups I to X.
 - Carbon group (szén(C)-csoport):** Light pink, Group IV.
 - Nitrogen group (nitrogén(N)-csoport):** Light pink, Group V.
 - Oxygen group (oxigén(O)-csoport):** Light pink, Group VI.
 - Halogens (halogének):** Light pink, Group VII.
 - Noble gases (nemesgázok):** Light green, Group VIII.
- Lanthanide and Actinide series:** Shown at the bottom in separate boxes, labeled "lantánidák / ritkaföldfémek" and "aktinidák".

Az s- és a p-mező 8 oszlopát szokás főcsoportoknak (A csoport) nevezni. Az első (Ia vagy 1A) és a második (IIa vagy 2A) főcsoport alkotja az s-mezőt, a harmadik–nyolcadik főcsoport (IIIa–VIIIa) a p-mezőt. Itt megtalálható:

<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

A d-mezőben található (B csoport vagy mellékcsoportok, Ib–VIIIb vagy IB–VIIIb) elemeket összefoglalóan átmeneti elemeknek vagy **átmenetifémek**nek nevezik (pl. Fe, vas; Mn, mangán; Cu, réz; Ag, ezüst; Au, arany). Közös jellemzőjük, hogy tulajdonságaikat a belső, telítetlen d-alhéj fokozatos kiépülése határozza meg. Az átmenetifémek közül kiemelve, a periódusos táblázat alsó részén találjuk az f-mezőt. Az itt elkülönülő elemek a belső átmeneti elemek (f-átmeneti elemek). Az f-mező első sora a d-mezőben található lantán (La) után következik, ezért ezeket összefoglaló néven **lantanidák**nak vagy lantanoidáknak (lantánszerű elemek) nevezik; magyar megnevezésük: **ritkaföldfémek** (pl. Eu, eurórium). Az f-mező második sorát a d-mezőben található aktíniumot (Ac) követő **aktinidák** vagy aktinoidák (aktíniumszerű elemek) alkotják (pl. Th, tórium; U, urán).

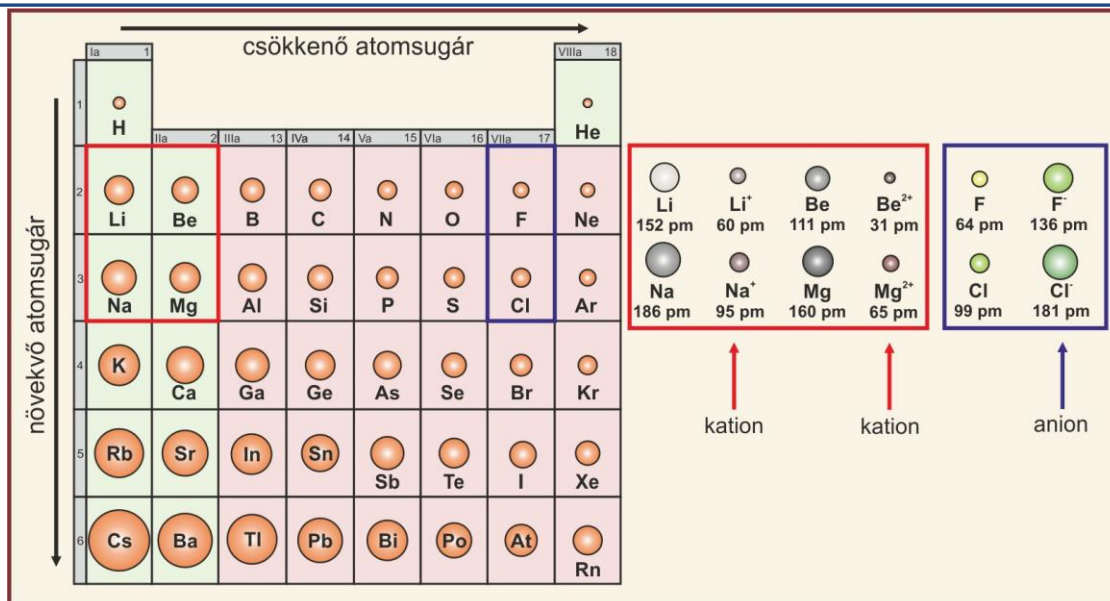
Periodikusan változó tulajdonságok

Az elemek ~80%-a fém, amint erre a csoportok összefoglaló nevei (**alkálifémek**, **alkáliföldfémek**, **földfémek**, **átmenetifémek**, **ritkaföldfémek**) is utalnak. A fémes jelleg változását a periódusos rendszerben elfoglalt hely szintén tükrözi: egy csoporton belül a rendszám növekedésével növekednek, egy perióduson belül a rendszám növekedésével csökkennek a fémes tulajdonságok.

A tömeg és a fémes jelleg mellett több fizikai és kémiai tulajdonság (pl. atomtérfogat, sűrűség, atom- és ionsugár, ionizációs energia, elektronaffinitás, elektronegativitás) is periodicitást mutat a növekvő rendszámmal.

A gömbnek tekintett – bár diffúz határú – atomokat méretükkel (átmérőjükkel vagy sugarukkal) jellemezhetjük. Az **atomsugár** a rendszám növekedésével egy perióduson belül általában csökken (kivétel az átmenetifémek között található), egy csoporton belül fentről lefelé haladva növekszik.

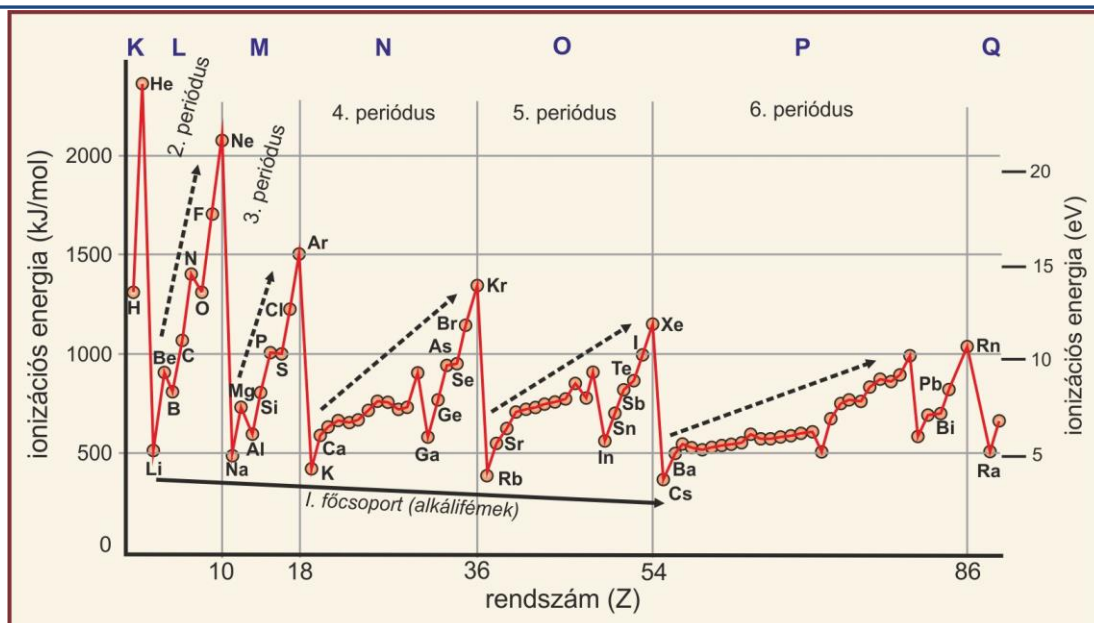
Amennyiben egy elektromosan semleges atom elektront ad le, vagy elektront vesz fel, elektromos töltéssel rendelkező **kationná** vagy **anionná** alakul. Az ionok méretét az **ionsugár** jellemezhetjük. A töltés növekedésével a kation sugara csökken, hiszen az atommagban a változatlan számú pozitív töltésű proton a kevesebb számú elektront nagyobb erővel tudja magához vonzani. A kationok mérete mindig kisebb, az anionok mérete viszont nagyobb, mint a megfelelő semleges atomok mérete. Az ionsugár kitüntetett szerepet játszik számos geokémiai tulajdonság meghatározásában (pl. a szilárd, kristályos anyagok térrácsában megfigyelhető elemhelyettesítés; a koordinációs szám; az oldhatóság; a diffúziósebesség).



Az atomok és néhány ion méretének változása a periódusos rendszer főcsoportjaiban. Itt megtalálható: <http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Az atomokról nagy energia (pl. ütközések) hatására elektronok szakadhatnak le. Az **ionizációs energia** ahhoz szükséges, hogy a semleges atom leglazábban kötött elektronját eltávolítsuk (jele: E_i ; mértékegysége: kJ/mol). A folyamat hatására kationok jönnek létre. A periódusos rendszer első főcsoportja (*alkálifémek*) tartalmazza azokat az elemeket, amelyek első ionizációs energiája a legkisebb, így a legnagyobb kationképző hajlammal rendelkeznek. Egy héjon belül az első ionizációs energia értéke növekszik a rendszámmal (az adott periódusban balról jobbra nő). Egy csoporton belül a rendszám növekedésével csökken. Minél távolabb helyezkedik el a vegyértékelektron az atommagtól, annál kisebb energia szükséges a leszakításához. Az alkálifémek és az alkáliföldfémek reakcióképes kationképzők (ionos kötést létesítenek), aktivitásuk a csoporton belül fentről lefelé fokozódik.

Az anionok képződése egyes elemeknél energia-felszabadulással jár, másoknál a folyamat lejátszódásához energiát kell befektetni. Az **elektronaffinitás** az elektronfelvétel során felszabaduló vagy befektetendő energia (E_a vagy E_{ea} ; mértékegysége: kJ/mol). Hatására a semleges atomokból negatív töltésű ionok, anionok képződnek. Az elektronaffinitás szintén periodikusan változik a rendszám függvényében: a halogéneké és az oxigéné erősen negatív (energia szabadul fel az elektronfelvételkor), azaz ezek kiváló anionképzők. A zárt héjjal vagy alhéjjal rendelkező elemek (pl. nemesgázok, alkáliföldfémek) aniont spontán módon (önként) nem képeznek.



Az első ionizációs energia változása a rendszám függvényében. Itt megtalálható:

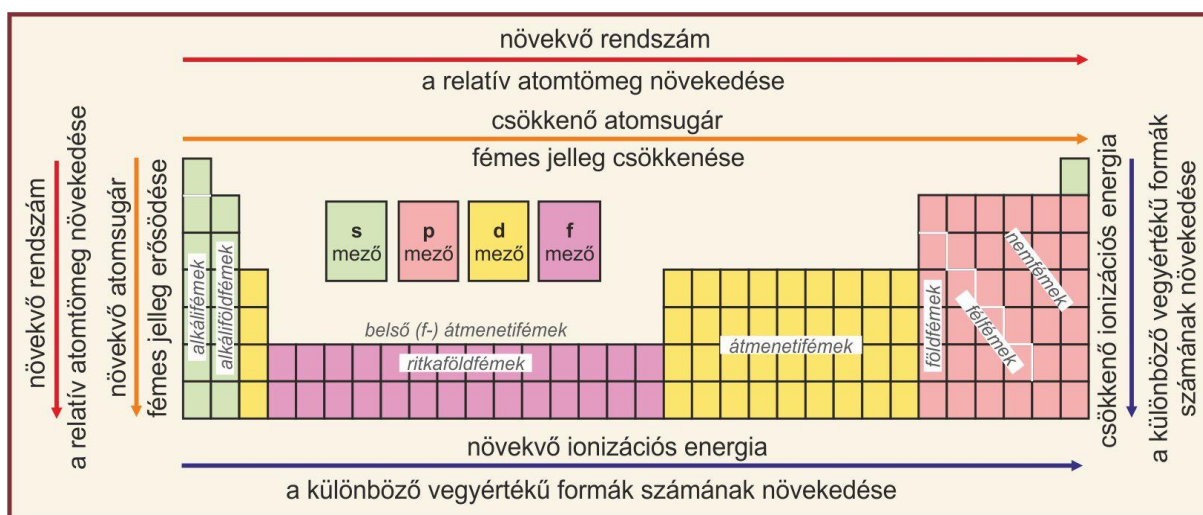
<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Az **elektronegativitás** (jele: EN) a kémiai kötést létesítő atomok azon képessége, hogy a molekulán belül, a szomszédos atomoktól elektronokat vonzanak magukhoz (*Pauling-féle meghatározás*). A kötött atom elektronvonzó képessége periodicitást mutat, egy periódusban a rendszám növekedésével balról jobbra nő; illetve egy csoporton belül fentről lefelé haladva gyengén csökken. A Pauling-féle elektronegativitás mértékegység nélküli relatív szám; a fluor (F) elektronegativitása választott, értéke: 4,0. Az elektronegativitás segítségével a kémiai kapcsolat jellegét, a kötés természetét tudjuk leírni.

Az elektronszerkezettel szorosan összefüggő tulajdonságok meghatározzák az elemek fémes jellegét (*fémek, átmenetifémek, félfémek vagy metalloidek, nemfémes elemek*), továbbá a kémiai reakciókban betöltött szerepét. Azoknak a kötéseknek a számát, amit valamely atom egy molekula vagy vegyület részeként létesíthet, **vegyérték**nek nevezzük. A kémiai reakciók során a kapcsolódó atomok arra törekednek, hogy a stabil nemesgáz konfigurációt éri el. Az alkálifémek vegyértékheján egy elektron található, ezért egy kémiai kötést képesek létesíteni, azaz egyvegyértékűek. Az alkáliföldfémek kötés létesítésekor kétvegyértékűek.

A kis ionizációs energiájú elemeknél a vegyérték megegyezik a vegyértékhejon található elektronok számával. Az alumínium vegyértéke három, a szén és a szilícium általában négy, míg a foszfor ötvegyértékű.

A nagy elektronegativitású elemeknél (pl. oxigén, fluor) a vegyérték azt az elektronszámot jelenti, ami az adott atom vegyértékhéjáról hiányzik ahhoz, hogy a stabil nemesgáz konfigurációt elérje. Az oxigén kétvegyértékű (kétszeresen negatív töltésű aniont képez), a halogének kémiai kötés kialakításakor egy vegyértékkel szerepelnek (egyszeresen negatív töltésű aniont képeznek). A periódusos táblázat központi részén található elemek (pl. átmenetifémek), illetve a p-mező nehezebb elemeinek (pl. S, kén; As, arzén) vegyértéke a környezet oxidációs állapotától függően változhat, ami gyakran nem vezethető le a periódusos rendszerben elfoglalt helyükből. **Minden különböző oxidációs állapot eltérő vegyértéknek felel meg.** A természetben gyakori vas (Fe) például elektronleadással (azaz oxidáció hatására) kétvegyértékű ferro-ionná (Fe^{2+}), vagy háromvegyértékű ferri-ionná (Fe^{3+}) alakulhat; vannak azonban olyan elemek, amelyek jóval több vegyértékkel szerepelhetnek.



Jellemző tulajdonságok periodikus változása a periódusos rendszerben. Itt megtalálható:

<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Önellenőrző kérdések (periódusos rendszer):

1. Hányadik főcsoportban találhatók a földfémek?
2. Hogyan nevezzük az első főcsoport elemeit?
3. Mely elemek alkotják a d-mezőt?
4. A periódusos rendszerben hol találjuk a ritkaföldfémeket?
5. A periódusos rendszerben hol találjuk (melyik főcsoportban) a nemesgázokat?
6. Mi a töltése (előjel, vegyérték) az alkálifém-ionoknak?
7. Melyik a két legfontosabb aktinida (aktinoida) elem?

8. A periódusos rendszer melyik mezőjében találjuk az átmenetifémeket?
9. A periódusos rendszerben hol találjuk (melyik főcsoportban) az alkáliföldfémeket?
10. A periódusos rendszerben hol találjuk (melyik főcsoportban) a halogéneket?
11. A periódusos rendszer mely csoportjai alkotják az s-mezőt?
12. A periódusos rendszer hány főcsoportja tartozik a p-mezőbe?
13. Hány oszlop (csoport) található a periódusos rendszer d-mezőjében?
14. Hány oszlop (csoport) alkotja a periódusos rendszerben az f-mezőt?
15. Hogyan nevezzük az f-mező első sorát alkotó elemeket összefoglaló néven?
16. Hogyan nevezzük az f-mező második sorát alkotó elemeket összefoglaló néven?
17. Milyen vegyértékkal alkotnak vegyületeket a halogének?
18. Milyen vegyértékkal szerepelnek az alkálifémek a vegyületeikben?
19. Milyen vegyértékkal szerepelnek az alkáliföldfémek a vegyületeikben?
20. Milyen kémiai kötést létesítenek vegyületeikben az alkáli- és alkáliföldfémek?

Hasznos olvasnivalók a periódusos rendszer témájában:

Varga A. (2019): Híd a kémiához. A földtudományok általános, szerves és fizikai kémiai alapjai. Egyetemi tankönyv (elektronikus tananyag), Szegedi Tudományegyetem, TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged

<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Varga A. (2019): A periódusos rendszer jelentősége a földtudományokban: a (geo)kémiai ismeretek bázisa. Magyar Kémikusok Lapja 74/9, 282–285.

http://real-j.mtak.hu/12756/28/MKL_2019.szeptember_1-36.oldal.pdf#page=20

Varga A. (2019): Kémia a földrajztanításban. Geometodika: Földrajz Szakmódszertani Folyóirat 3/3, 5–18.

<https://geometodika.hu/2019/09/05/kemia-a-foldrajztanitasban/>

https://geometodika.hu/wp-content/uploads/geometodika_2019_03_tanulmany_1_VA.pdf

További ajánlott és felhasznált irodalom:

Atkins, P. W. (1995): A periódusos birodalom. Utazás a kémiai elemek földjére, Kulturtrade Kiadó, Budapest

Gill, R. (2015): Chemical Fundamentals of Geology and Environmental Geoscience, Wiley-Blackwell

Grasselly Gy. (1995): A geokémia alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolci Egyetem Bányamérnöki Kar

Greenwood, N. N., Earnshaw, A. (2004): Az elemek kémiája I–III., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, Második, javított kiadás

White, W. M. (2013): Geochemistry, Wiley-Blackwell