



Je li periodni sustav elemenata doista periodičan?

N. Raos*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Ksaverska c. 2, p.p. 291
10 001 Zagreb

|| Sažetak

Periodni sustav elemenata je po imenu i naravi periodičan, no njegova se periodičnost ne može jednostavno, matematički definirati. Uz osnovnu periodičnost po skupinama uočavaju se i druge vrste pravilnosti, poput dijagonalne sličnosti, sličnosti među skupinama (n) i ($n + 10$) te povezanosti elemenata "konjičevim skokom". Složenost PSE-a odražava se i u njegovim mnogobrojnim i raznovrsnim grafičkim prikazima ("tablicama") koji naglašavaju specifične odnose među elementima.

|| Ključne riječi

Nastava kemije, PSE, periodni sustav elemenata, elektronska konfiguracija

Uvod

Periodičnost periodnog sustava elemenata (PSE)^{1,2} njegovo je bitno obilježje. On nije tek jedna od mnogih mogućnosti logične i sustavne klasifikacije kemijskih elemenata, nego je izraz temeljnog prirodnog zakona, zakona periodičnosti, kojeg Mendeljejev u drugom dijelu *Osnova kemije* (1870.) definira ovako: "Svojstvo jednostavnih tvari, a također i svojstva njihovih spojeva, nalaze se u periodičkoj ovisnosti (ili, izrazivši se algebarski, čine periodičku funkciju) o veličini atomskih težina elemenata."³

Stoga je periodni sustav ujedno i prirodni sustav elemenata, termin kojim se Mendeljejev rado koristio. Taj se zakon očituje, kako ruski kemičar ukazuje u svom prvom radu⁴ (ovdje je preneseno u nešto skraćenom obliku), u sljedećem:³

1. Niz elemenata po rastućoj atomskoj težini pokazuje izrazitu periodičnost svojstava.
2. Slični elementi, ili su bliski po atomskoj težini (platina, iridij, osmij), ili im ona ravnomjerno raste (kalij, rubidij, cezij).
3. Redosljed elemenata ili njihovih grupa odgovara takozvanoj atomičnosti [valenciji] što se vidi primjerice u nizu Li, Be, B, C, N, O, F.

4. Elementi najrašireniji u prirodi imaju malu atomsku težinu, ali oštro izražena svojstva. Vodik, najlakši element, slučaj je za sebe.
5. Atomska težina veličinom određuje svojstva elemenata: spojevi srodnih elemenata, na primjer sumpora i telura, razlikuju se zbog razlike u atomskoj težini. Isto tako spojevi klora i joda.
6. Treba očekivati otkrića dosad nepoznatih elemenata, na primjer onih sličnih aluminiju i siliciju.
7. Neke sličnosti elemenata otkrivaju se usporedbom njihovih atomskih težina.

Upravo je otkriće triju novih elemenata koje "treba očekivati" (predzadnja točka), galija (Mendeljejevljeva ekaaluminija), germanija (ekasilicija) i skandija (ekabora) u godinama nakon objavljivanja prvih tablica, dovelo do općeg prihvatanja zakona periodičnosti i periodnog sustava.^{5,6} To je i bio osnovni razlog da se otkriće periodnog sustava pripiše Mendeljejevu, premda je bila riječ – kako pokazuju novija istraživanja – upravo o školskom primjeru kolektivnog otkrića.⁷

No nije sve išlo glatko. Bilo je elemenata čije je postojanje bilo predviđeno, no nikada nisu otkriveni. To je bila posljedica prije svega toga što se periodičnost povezivala s relativnom atomskom masom, a ne s protonskim brojem, fizičkom veličinom koja još nije bila poznata.⁸ Potom su se počeli redati najrazličitiji prikazi periodnog sustava, a s njima i pokušaji da se skupine i periode drugačije uredi. Uz tablice s dugim, kratkim i dvostrukim periodama, pojavili

* Dr. sc. Nenad Raos
e-pošta: raos@imi.hr

DOI: 10.15255/KUI.2015.029
KUI-44/2016
Stručni rad
Prispjelo 29. svibnja 2015.
Prihvaćeno 5. srpnja 2015.

plemenite plinove ili zemnoalkalijske metale? Koliko ovise svojstva elemenata o njihovoj elektronskoj konfiguraciji? Može se organizirati i radionica (istraživački miniprojekt) radi izvođenja periodnog sustava iz energije ionizacije elemenata.¹⁸

Sve to na kraju vodi do temeljne spoznaje o naravi prirodnih zakona. Oni se ne izvode iz osnovnih postavki (deduktivno), kao što se u matematici teoremi izvode iz aksioma, nego proizlaze iz svijeta iskustva, koje se onda koliko je to moguće opisuje matematičkim jezikom. Periodičnost periodnog sustava elemenata stoga nije posljedica "zakona periodičnosti", onako kako ga je shvaćao Mendeljejev, nego je uzgredna posljedica elektronske konfiguracije atoma, točnije načela popunjavanja atomskih orbitala.

Popis kratica i simbola

List of abbreviations and symbols

- PSE – periodni sustav elemenata
 – periodic system of elements
- l* – azimutni kvantni broj
 – azimuthal quantum number
- n* – redni broj skupine / glavni kvantni broj
 – group number / principal quantum number

Literatura

References

1. J. W. van Spronsen, *The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years*, Elsevier, Amsterdam, 1969.
2. E. R. Scerry, *The Periodic Table. Its Story and Its Significance*, Oxford University Press, Oxford, 2007.
3. D. Grdenić, *Povijest kemije*, Novi Liber i Školska knjiga, Zagreb, 2001., str. 746.
4. D. Mendelejeff, Über die Beziehung der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente, *Z. Chem.* **12** (1869) 405–406.
5. N. Raos, Periodni sustav u Hrvata, *Kem. Ind.* **60** (12) (2011) 633–638.
6. N. Raos, Pan-Slavism and the periodic system of the elements, *Bull. Hist. Chem.* **37** (1) (2012) 24–28.
7. E. Scerry, The discovery of the periodic table as a case of simultaneous discovery, *Phil. Trans. Roy. Soc. A* **373** (2015), doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0172>.
8. N. Raos, Povijesni pristup u nastavi kemije: periodni sustav elemenata, *Kem. Ind.* **64** (3-4) (2015) 169–172, doi: <http://dx.doi.org/10.15255/KUI.2015.001>.
9. J. D. Clark, A new periodic chart, *J. Chem. Educ.* **10** (1933) 675–676, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed010p675>.
10. R. T. Sanderson, *Chemical Periodicity*, Reinhold, New York, 1960.
11. E. V. Chistyakov, Biron's secondary periodicity of the side d-subgroups of Mendeleev's short table, *Zh. Obsch. Khim. (Engl. Ed.)* **38** (1968) 213–214.
12. M. Laing, The knight move in the periodic table, *Educ. Chem.* **36** (1999) 160–161.
13. D. I. Mendelejeff, Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elemente, *Ann. Chem. Pharm.* **8** (1871) 133–229.
14. R. T. Sanderson, A rational periodic table, *J. Chem. Educ.* **41** (1964) 187–189, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed041p187>.
15. E. R. Scerry, Presenting the left-step periodic table, *Educ. Chem.* **42** (2005) 135–136.
16. D. Neubert, Double shell structure of the periodic system of the elements, *Z. Naturforsch.* **25A** (1970) 210–217, doi: <http://dx.doi.org/10.1515/zna-1970-0211>.
17. E. R. Scerry, Editorial 8. Special issue on the periodic system of the elements, *Found. Chem.* **3** (2001) 97–104, doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1011443411806>.
18. P. Vrkljan, Građa atoma i periodni sustav elemenata, u N. Raos (ur.), *Nove slike iz kemije, priručnik kemije u nastavi, Školska knjiga i Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2004., str. 253–280.*

SUMMARY

Is the Periodic System of the Elements Really Periodic?

Nenad Raos

The periodic system of the elements is periodic, but its periodicity is far from simplicity, *i.e.* the properties of the elements and their compounds cannot be reduced to the "algebraic, periodic function of the values of atomic weights of the elements", as Mendeleev thought. Besides the well-known trends along the columns (groups) of periodic system, there are also secondary trends such as diagonal behaviour (e.g. similarity of Li to Mg, of Be to Al, and of B to Si), similarities between groups (*n*) and (*n* + 10), secondary periodicity inside the group, and knight's move relationship. These complex relationships are reflected in many attempts at an "ideal" periodic table.

Keywords

Chemistry education, PSE, periodic system of the elements, electronic configuration

Institute for Medical Research and
 Occupational Health
 Ksaverska c. 2, P.O.B. 291 Zagreb
 Croatia

Professional paper
 Received May 29, 2015
 Accepted July 5, 2015