Klara Bošković, Vanja Flegar, Suzana Inić

Otkriće periodnog sustava elemenata i njegov utjecaj na hrvatsku kemiju

Sažetak: Ove se godine obilježava sto pedeseta obljetnica otkrića periodnog sustava elemenata. Dmitrij Ivanovič Mendeljejev (1834. – 1907.) objavio je 1869. svoj periodni sustav elemenata u kojem su elementi bili poredani po rastućoj atomskoj težini i kemijskim svojstvima. Mendeljejev je ostavio prazna mjesta za eka-elemente koji su poslije otkriveni kao galij (1875.), skandij (1879.) i germanij (1886.). Brojni Mendeljejevljevi prethodnici, od Döbereinera, Newlandsa, Odlinga i Meyera, dali su svoj doprinos tom značajnom otkriću u kemiji. Otkrićem plemenitih plinova i novim spoznajama o građi atoma, periodni sustav elemenata razvijao se i nadopunjavao, a danas sadrži sto osamnaest elemenata raspoređenih u sedam perioda i osamnaest skupina.

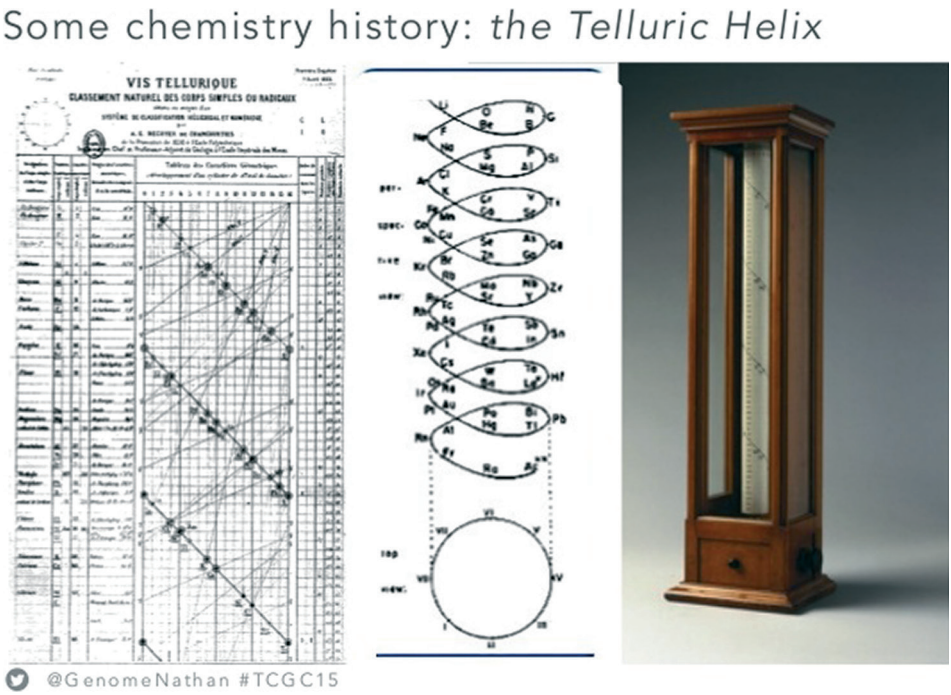
Osnivanjem Sveučilišta u Zagrebu (1874.) i njegovih prirodoslovnih odjela (1876.) počinje razvoj kemijske znanosti u Hrvatskoj, istodobno s otkrićem i prihvaćanjem periodnog sustava elemenata u Europi, pa je kod nas njegova primjena u nastavi kemije kasnila.

Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti (danas Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti) prva je akademija znanosti u Europi koja je proglasila D. I. Mendeljejeva za svojeg počasnog člana (1882.). Gustav Janeček, sveučilišni profesor kemije, uveo je periodni sustav elemenata u svoja predavanja (1888.). Prvi je hrvatski udžbenik kemije s tablicom periodnog sustava elemenata *Anorganska kemija* (Zagreb, 1901.) Julija Domca. Fran Bubanović objavljuje prvi moderni sveučilišni udžbenik kemije (1930.), koji je bio napisan u skladu s periodnim sustavom elemenata. Osim u hrvatskoj znanstvenoj i stručnoj literaturi, otkriće i razvoj periodnog sustava elemenata praćeni su i u brojnim stručnim časopisima i popularizacijskim člancima.

Ključne riječi: Dmitrij Ivanovič Mendeljejev, FranBubanović, Gustav Janeček, hrvatska kemija, Julije Domac, hrvatski udžbenici kemije s tablicom periodnog sustava elemenata, periodni sustav elemenata

Uvod

Otkriće periodnog sustava elemenata, u kojem su svi kemijski elementi bili svrstani prema rastućoj atomskoj težini i svojim periodičnim svojstvima, značajan je trenutak za kemijsku znanost, a ove se godine obilježava sto pedeseta godišnjica od njegove objave. Godine 1869. Dmitrij Ivanovič Mendeljejev (1834. – 1907.) objavio je svoj periodni sustav elemenata, koji je preteča današnjeg modernog periodnog sustava elemenata. Prije Mendeljejeva mnogi su znanstvenici pokušavali poredati elemente prema određenim zakonitostima, počevši od Antoinea Laurenta de Lavoisiera (1743. – 1794.), koji je 1789. godine objavio svoj popis s trideset trima tvarima [1]. Johann Wolfgang Döbereiner (1780. – 1849.) primijetio je 1817. da u grupi triju elemenata, kalcija, stroncija



Sl. 1.: De Chancourtoisov periodni sustav (https://www.slideshare.net)

i barija, atomska težina srednjeg elementa odgovara srednjoj vrijednosti atomskih težina prvog i trećeg elementa te je to otkriće poznato kao Döbereinerove trijade [2]. Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (1820. – 1886.) elemente je 1862. godine poredao po rastućim atomskim težinama i organizirao u spiralnu liniju, tako da je dobio trodimenzionalni periodni sustav elemenata, slika 1. [3].

John Newlands (1837. – 1898.), svoje je otkriće iz 1865. nazvao *zakonom oktava* jer je primijetio da se elementi sličnih svojstava pojavljuju u razmacima od osam elemenata što je usporedio s glazbenom oktavom, tablica 1. Napravio je novi sustav, u kojem su kemijski elementi bili svrstani prema atomskim težinama u skladu sa zakonom oktava [2].

Tablica 1.: Newlandsova tablica kemijskih elemenata napravljena prema zakonu oktava (http://every-day-is-special.blogspot.com)

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	To 43	Au 49	Th 56

William Odling (1829. – 1921.) objavio je 1865. svoju tablicu elemenata, tablica 2., koji su bili svrstani u pet stupaca prema atomskim težinama i ponavljajućim svojstvima uz ostavljena prazna mjesta jer je Odling predviđao otkriće novih elemenata [2].

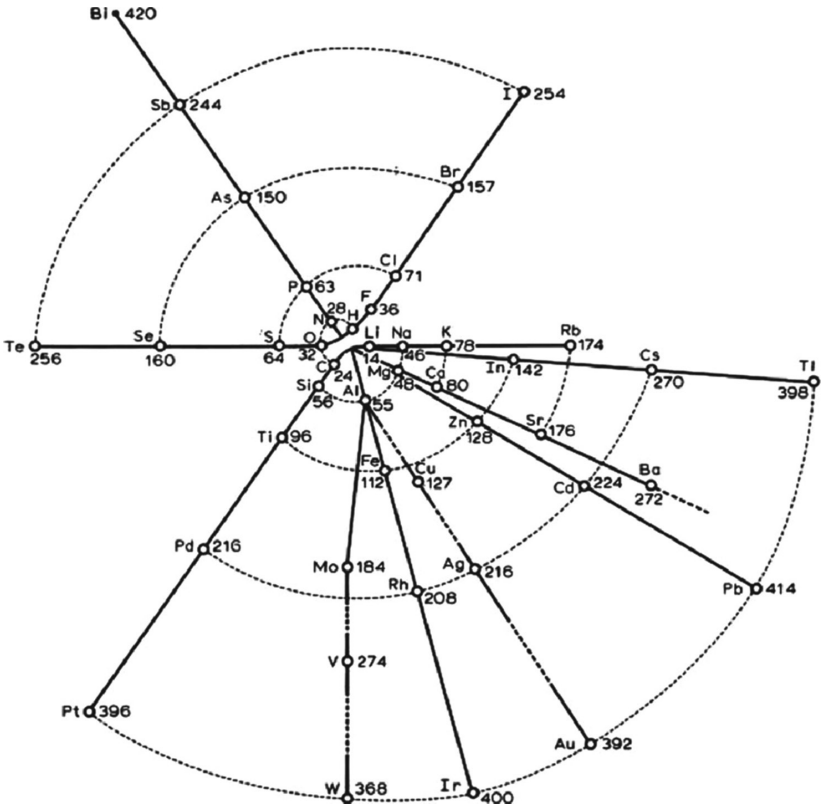
Gustavus Detlef Hinrichs (1836. – 1923.), objavio je 1867. svoj periodni sustav elemenata, slika 2., koji je značajan po tome što su elementi bakar, srebro i zlato točno grupirani prema svojstvima u sustavu, koji je bio kružnog oblika [3].

Uz Mendeljejeva, najvažniju ulogu u otkriću periodnog sustava elemenata imao je Julius Lothar Meyer (1830. – 1895.). On je 1868. sastavio periodni sustav elemenata prema atomskim težinama i kemijskim svojstvima, tako da se poredak elemenata nije uvijek slagao s porastom atomskih težina. Pretpostavio je postojanje glavnih i sporednih grupa te ostavio prazna mjesta za dotad nepoznate elemente, tablica 3. Meyer je svoje otkriće objavio tek u prosincu 1869. godine. U međuvremenu je Mendeljejev objavio svoju tablicu pa Meyerov sustav nije donio ništa značajno novo [2].

Tablica 2.: Odlingova tablica elemenata iz 1865.

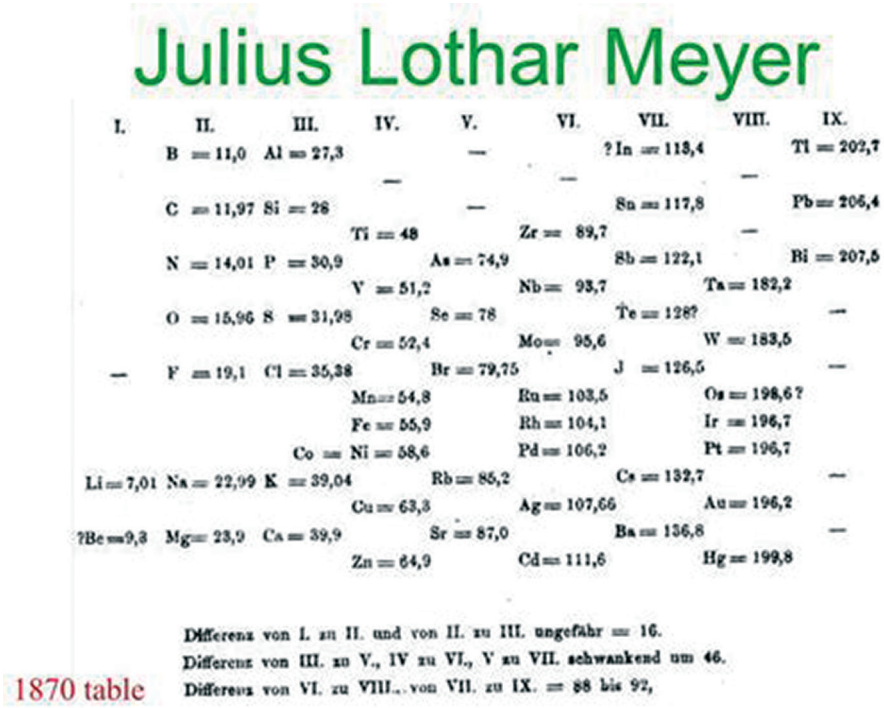
Odling's Table of the Elements (1865)

			Mo 96	W 184
			——	Au 196·5
			Pd 106·5	Pt 197
L 7	Na 23	——	Ag 108	——
G 9	Mg 24	Zn 65	Cd 112	Hg 200
B 11	Al 27	——	——	Tl 203
C 12	Si 28	——	Sn 118	Pb 207
N 14	P 31	As 75	Sb 122	Bi 210
O 16	S 32	Se 79·5	Te 129	——
F 19	Cl 35·5	Br 80	I 127	——
	K 39	Rb 85	Cs 133	
	Ca 40	Sr 87·5	Ba 137	
	Ti 48	Zr 89·5	——	
	Cr 52·5	——	V 138	Th 231
	Mn 55			



Sl. 2.: Hinrichsov periodni sustav elemenata iz 1867. (www.researchgate.net)

Tablica 3.: Periodni sustav elemenata Juliusa Lothara Meyera objavljen u časopisu *Liebigs Annalen der Chemie*, prosinac 1869. (nubiandesert.info)



1. Dmitrij Ivanovič Mendeljejev objavljuje periodni sustav elemenata

U povijesti znanosti prednost nad otkrićem periodnog sustava elemenata pripada Mendeljejevu. On je prvi iznio zakon periodičnosti, ostavio je u tablici prazna mjesta za elemente za koje je predvidio da će se otkriti, ali i opisao njihova svojstva te radio na usavršavanju i širenju znanja o periodnom sustavu elemenata.

1.1. Dmitrij Ivanovič Mendeljejev

Dmitrij Ivanovič Mendeljejev rođen je 8. veljače 1834. u Toboljsku, a umro je 2. veljače 1907. u Sankt Peterburgu. Otac Ivan Pavlovič Mendeljejev bio je učitelj književnosti. Majka Marija Dmitrijevna Korniljeva potekla je iz stare trgovačke ruske obitelji te je posjedovala tvornicu stakla blizu Toboljska.

Mendeljejev je gimnaziju u Toboljsku završio 1849., a iduće godine upisuje studij fizike i matematike na Glavnom pedagoškom institutu u St. Peterburgu, gdje diplomirao 1855. s odličnim ocjenama. Ruska vlada u to je vrijeme imala praksu mlade znanstvenike slati na usavršavanje u inozemstvo te Mendeljejev 1859. odlazi u Heidelberg. Snažan utjecaj na Mendeljejeva imao je Cannizzaro, koji se borio za priznanje Avogadra i prihvaćanje jedinstvenih i točnijih atomskih težina. Mendeljejev je, potaknut novim saznanjima, počeo pisanje udžbenika *Osnove kemije* (*Osnovi himii*) te izradu periodnog sustava elemenata [4].

1.2. Otkriće periodnog sustava elemenata

Dmitrij Ivanovič Mendeljejev objavio je u svibnju 1869. rad o otkriću periodnog sustava elemenata u časopisu Ruskog kemijskog društva *Zhurnal Russkeo Fiziko-Khimicheskoe* [5]. Elemente je poredao po rastućoj atomskoj težini i svrstao u skupine prema kemijskim svojstvima s jasnom podjelom na podgrupe i periode, ukazujući na povezanost između položaja kemijskih elemenata u tablici i njihovih svojstava, slika 3. Osim formuliranja zakona periodičnosti, predvidio je i otkriće eka-elemenata te opisao njihova kemijska i fizikalna svojstva. Otkrića galija, Ga (eka-aluminij) 1875. godine, zatim skandija, Sc (eka-bor) 1879. i germanija, Ge (eka-silicij) 1886. pridonijela su prihvaćanju periodnog sustava elemenata.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Sl. 3.: Mendeljejevljev prvi periodni sustav elemenata, koji je objavljen u časopisu *Zhurnal Russkeo Fiziko-Khimicheskoe*, ožujak 1869.

Mendeljejev je bio i autor udžbenika *Osnove kemije*, koji je pisao paralelno s razvojem i unapređenjem periodnog sustava. Taj udžbenik odigrao je važnu ulogu u širenju znanja o periodnom sustavu ne samo u Rusiji nego i u drugim zemljama.

2. Razvoj periodnog sustava elemenata

Otkrićem galija, skandija i germanija bila su popunjena prazna mjesta u tablici, što je dodatno potvrdilo vrijednost periodnog sustava elemenata. Međutim, postojanje i otkriće plemenitih plinova nije bilo predviđeno u Mendeljejevljevu periodnom sustavu.

William Ramsay (1852. – 1916.) i John William Strutt Rayleigh (1842. – 1919.) otkrili su 1894. godine prvi plemeniti plin, argon (Ar). Kad je argon otkriven, Mendeljejev je tvrdio da to nije element jer se zbog svoje atomske težine nije uklapao u njegov periodni sustav [6]. Iduće je godine W. Ramsay otkrio helij (1895.), element koji je 1868. otkriven spektralnom analizom u Sunčevoj kromosferi. Uslijedilo je otkriće kriptona (Kr), ksenona (Xe) i neona (Ne) 1898. godine (W. Ramsay i Morris William Travers). Friedrich Ernst Dorn (1848. – 1916.) otkrio je radon (Rn) 1900. godine [7]. Plemeniti plinovi svrstani su početkom dvadesetog stoljeća u periodni sustav elemenata u posebnu, nultu skupinu,između halogenih elemenata i alkalijskih metala, pri čemu nije bila narušena periodična zakonitost.

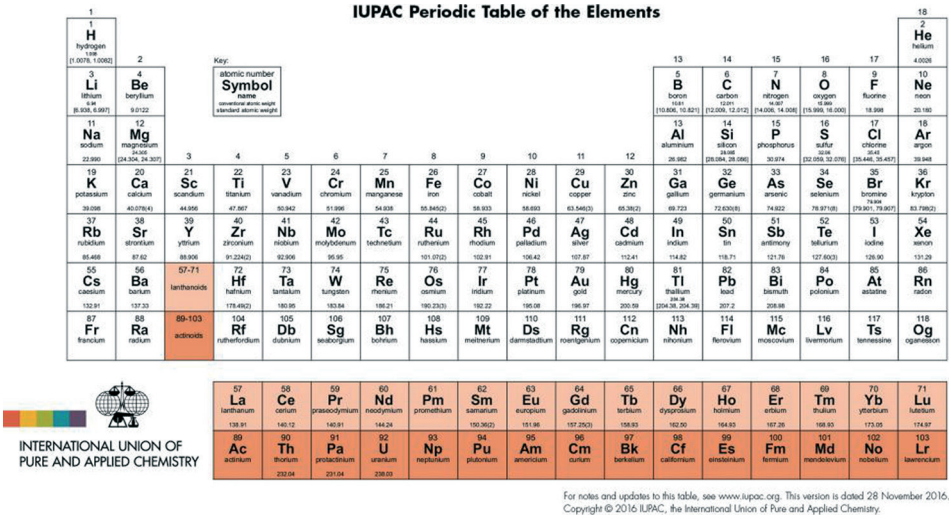
Krajem XIX. i početkom XX. stoljeća dolazi do otkrića radioaktivnosti i radioaktivnih elemenata te izotopa, koja su znanstvenike dovela do novih saznanja o strukturi atoma. Antoine Henri Becquerel (1852. – 1908.), otkrio je radioaktivnost 1896. godine. Marie Curie (1867. – 1934.), otkrila je da torij ima svojstvo radioaktivnosti. Godine 1898. otkrila je polonij i radij [8].

Razvoj eksperimentalnih metoda u fizici i kemiji omogućio je nove spoznaje o građi atoma. Joseph John Thomson (1856. – 1940.) otkrio je 1897. elektrone i spoznao da su sastavni dio atoma. Važan trenutak za otkriće strukture atoma dogodio se 1899., kad je Ernest Rutherford (1871 – 1937.) otkrio alfa-zrake. Naime, alfa-zrake sastoje se od atoma helija kojima su oduzeta dva elektrona. Rutherford je 1911. pretpostavio da su atomi građeni od male pozitivno nabijene jezgre okružene elektronima relativno udaljenim od te jezgre. Daljnjim istraživanjima došao je do zaključka da je masa atoma približno jednaka zbroju mase protona i neutrona. Henry G. J. Moseley (1887. – 1915.), analizom podataka, pri bombardiranju elemenata katodnim zrakama, došao je 1914. do zaključka da je atomski broj jednak pozitivnom naboju jezgre te se unutar periodnog sustava elemenata taj broj od elementa do elementa razlikuje za jednu jedinicu [8]. Upravo je to otkriće dovelo do prekretnice te su danas elementi

poredani po atomskom broju, a ne prema atomskoj težini. Svi su izotopi nekog elementa na istom mjestu u periodnom sustavu elemenata jer imaju isti atomski broj. Postojanje izotopa uobičajenih elemenata otkrio je Joseph John Thomson pokusima iz 1913. godine [2].

Otkrićem i primjenom kvantne mehanike početkom XX. stoljeća došlo se do dodatnih objašnjenja o elektronskoj strukturi atoma i položaju elemenata u periodnom sustavu, čemu su pridonijeli mnogi znanstvenici. Niels Bohr (1885. – 1962.) razvijao je orbitalni model atoma, sličan današnjem shvaćanju građe elektronskog omotača i vjerojatnosti nalaženja elektrona u određenom dijelu prostora oko jezgre. Louis Victor de Broglie (1891. – 1987.), pretpostavio je da elektroni imaju valna svojstva. Proučavanje razmještaja elektrona u atomu završeno je 1928., doprinosom Erwina Schrödingera (1887. – 1961.), Wolfganga Paulija (1900. – 1958.) i Wernera Karla Heisenberga (1901. – 1976.). James Chadwick (1891. – 1974.), otkrio je 1932. godine neutron [8].

Moderna tablica periodnog sustava elemenata sadrži sto osamnaest elemenata organiziranih u sedam perioda i osamnaest skupina, slika 4.



Sl. 4.: Moderni periodni sustav elemenata s IUPAC-ovim sustavom numeriranja, https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/

3. Utjecaj otkrića periodnog sustava elemenata na hrvatsku kemijsku znanost

Kemija se na Sveučilištu u Zagrebu počela predavati 1876., dvije godine nakon njegova utemeljenja (1874.), pa hrvatski znanstvenici nisu mogli u to doba puno pridonijeti razvoju periodnog sustava elemenata [9]. Međutim,

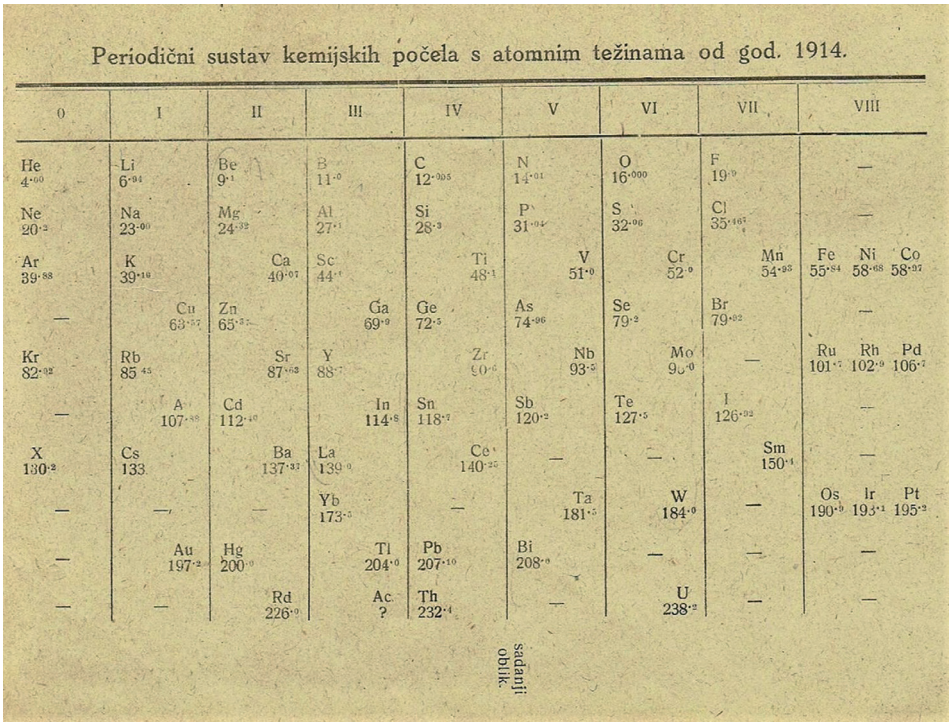
interes hrvatske znanstvene zajednice za periodni sustav elemenata bio je velik, posebice nakon izbora Dmitrija Ivanoviča Mendeljejeva za počasnog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu 5. prosinca 1882. godine. Bila je to prva akademija znanosti u Europi koja je Mendeljejeva izabrala za počasnog člana, slika 5. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti Mendeljejeva je obavijestila o tome, a on je odgovorio pismom zahvale [10].

JUGOSLAVENSKA
AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI
pod okriljem
PREUZVIŠENOGA GOSPODINA
JOSIPA JURJA STROSSMAJERA
BISKUPA BOSANSKOGA I SRIEMSKOGA
u svojoj glavnoj skupštini dne 5. prosinca 1882.
izabra
gospodina
DIMITRIJU IVANOVIČA MENDELEJEVA
tajnoga savjetnika i sveučilišnoga profesora u Petrogradu
ZA POČASTNOGA ČLANA SVOJEGA.
koje ovim potvrdjuje

Sl. 5.: Izbor Dmitrija Ivanoviča Mendeljejeva za počasnog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, 1882.

4. Periodni sustav elemenata u hrvatskim udžbenicima kemije

Gustav Janeček (1848. – 1929.), sveučilišni profesor. Uskladio je predavanja iz anorganske kemije s periodnim sustavom elemenata već 1888., puno prije objave svojeg udžbenika kemije [9]. Povodom Mendeljejevljeve smrti održao je 1907. predavanje u Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti u kojem je iznio Mendeljejevljevu biografiju i detaljnu analizu njegovih znanstvenih postignuća, kao i otkriće periodnog sustava elemenata [11]. Godine 1919. izdao je udžbenik *Kemija I., opći dio*, prvi sveučilišni udžbenik opće kemije na hrvatskom jeziku koji je sadržavao, za ono doba, suvremenu tablicu periodnog sustava elemenata u kojoj su elementi poredani u skupine od nulte (plemeniti plinovi) do osme. U tablici su ostavljena prazna mjesta za elemente za koje se predviđalo da će biti otkriveni, a uvršteni su i Medeljejevljevi eka-elementi, galij, germanij i skandij, slika 6. U udžbeniku se nalazila i Mendeljejevljeva originalna tablica iz 1869. godine [12].



Periodični sustav kemijskih počela s atomnim težinama od god. 1914.

0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
He 4·00	Li 6·94	Be 9·1	B 11·0	C 12·005	N 14·01	O 16·000	F 19·0	—
Ne 20·2	Na 23·00	Mg 24·32	Al 27·1	Si 28·3	P 31·04	S 32·06	Cl 35·46	—
Ar 39·88	K 39·10	Ca 40·07	Sc 44·1	Ti 48·1	V 51·0	Cr 52·0	Mn 54·93	Fe 55·84 Ni 58·68 Co 58·97
—	Cu 63·57	Zn 65·37	Ga 69·9	Ge 72·5	As 74·96	Se 79·2	Br 79·92	—
Kr 82·92	Rb 85·45	Sr 87·63	Y 88·7	Zr 90·6	Nb 93·5	Mo 96·0	—	Ru 101·7 Rh 102·9 Pd 106·7
—	A 107·88	Cd 112·40	In 114·8	Sn 118·7	Sb 120·2	Te 127·5	I 126·92	—
X 130·2	Cs 133	Ba 137·37	La 139·0	Ce 140·25	—	—	Sm 150·4	—
—	—	—	Yb 173·5	—	Ta 181·5	W 184·0	—	Os 190·9 Ir 193·1 Pt 195·2
—	Au 197·2	Hg 200·0	Tl 204·0	Pb 207·10	Bi 208·0	—	—	—
—	—	Rd 226·0	Ac ?	Th 232·4	—	U 238·2	—	—

sadanji oblik.

Sl. 6.: Tablica ondašnjeg suvremenog periodnog sustava elemenata iz 1914. godine, objavljena u Janečekovu udžbeniku *Kemija I. opći dio* (Zagreb, 1919.)

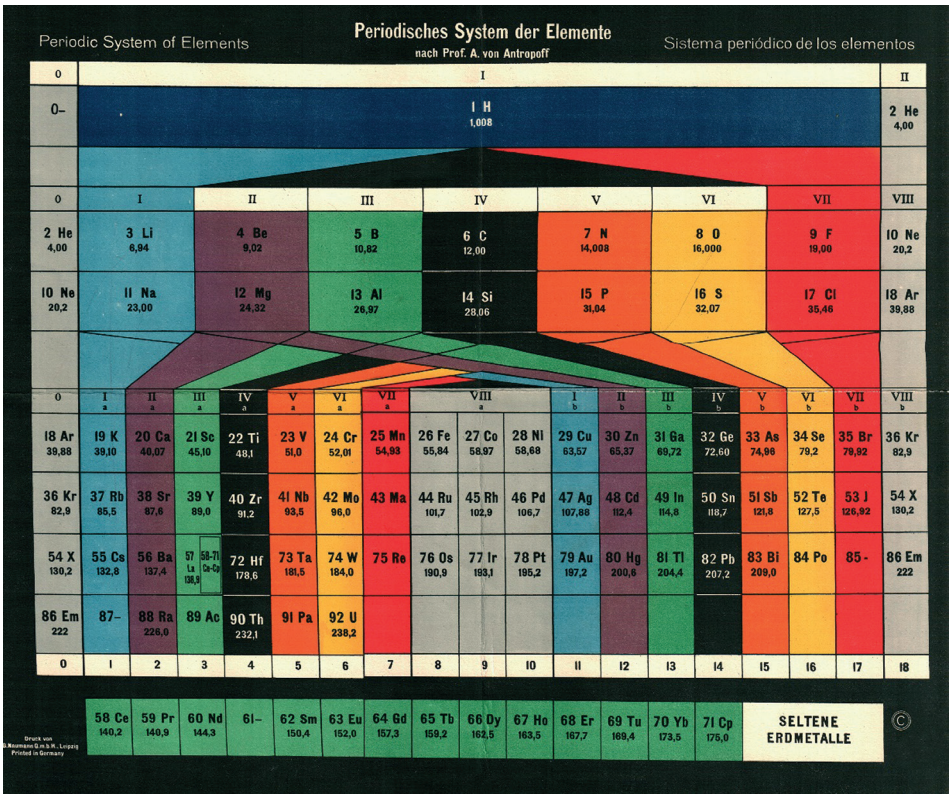
Prvi je udžbenik kemije na hrvatskom jeziku, koji je sadržavao tablicu periodnog sustava elemenata, *Anorganska kemija za više razrede realnih gimnazija i realaka* Julija Domca (1853. – 1928.), objavljen 1901. godine, slika 7. Udžbenik je bio napisan prema nastavnom programu kemije za realne gimnazije, koji nije bio usklađen sa znanstveno prihvaćenim periodnim sustavom elemenata. Zato je Domac posebno poglavlje posvetio otkriću periodnog sustava donoseći i njegov tablični prikaz. U objašnjenju tablice stoji da su elementi u periodnom sustavu poredani u periodi prema rastućim atomskim težinama i svrstani vertikalno u prirodne skupine elemenata prema kemijskim svojstvima koja se periodički ponavljaju. Upravo zbog tog svrstavanja elemenata po sličnim svojstvima u skupine, bila su ostavljena prazna mjesta za poslije otkrivene elemente (galij, skandij i germanij) [13]. U tablici nema skupine plemenitih plinova, iako ih Domac spominje u udžbeniku. Oni su 1904. uvršteni u tablicu, nekoliko godina nakon objave Domčeva udžbenika.

Periodički sustav elemenata.

		I. skupina	II. skupina	III. skupina	IV. skupina	V. skupina	VI. skupina	VII. skupina	VIII. skupina
—		H 1							
1. Perioda	1. niz	Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	Fl 19	
2. Perioda	2. „	Na 23	Mg 24	Al 27·5	Si 28	P 31	S 32	Cl 35·5	
3. Perioda	3. „	K 39	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52·2	Mn 55	Fe 56. Co 58·6. Ni 58·8
	4. „	Cu 63	Zn 65	Ga 70	Ge 72	As 75	Se 79	Br 80	
4. Perioda	5. „	Rb 85	Sr 87·5	Y 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	—	Ru 103. Rh 104. Pd 106
	6. „	Ag 108	Cd 112	In 114	Sn 118	Sb 120	Te 125	J 127	
5. Perioda	7. „	Cs 133	Ba 137	La 138	Ce 140	—	—	Sa 150	Os 191. Ir 193 Pt 194
	8. „		—	—	—	—	—	—	
	9. „	—	—	Yb 173	—	Ta 182	W 184	—	
	10. „	Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—	
6. Perioda	11. „	—	—	—	Th 232	—	U 240	—	

Sl. 7.: Tablica periodnog sustava elemenata objavljena u udžbeniku *Anorganska kemija* (Zagreb, 1901.) Julija Domca

Fran Bubanović (1883. – 1956.), autor je prvog udžbenika anorganske kemije i našeg prvog cjelovitog kemijskog sveučilišnog udžbenika objavljenog 1930. godine [9]. Bubanović je udžbeniku priložio modifikaciju periodnog sustava koju je napravio Andreas von Antropov, u obliku velike, lijepo obojene karte, slika 8. Antropovljev periodni sustav elemenata poseban je po tome što se kombinacijom boja povezuje periodni sustav s kratkim i dugim periodama. Antropovljeva tablica ne počinje vodikom, nego nultim elementom (0-), koji Antropov naziva ‘neutronij’ i to prije otkrića neutrona (1932.). Plemeniti

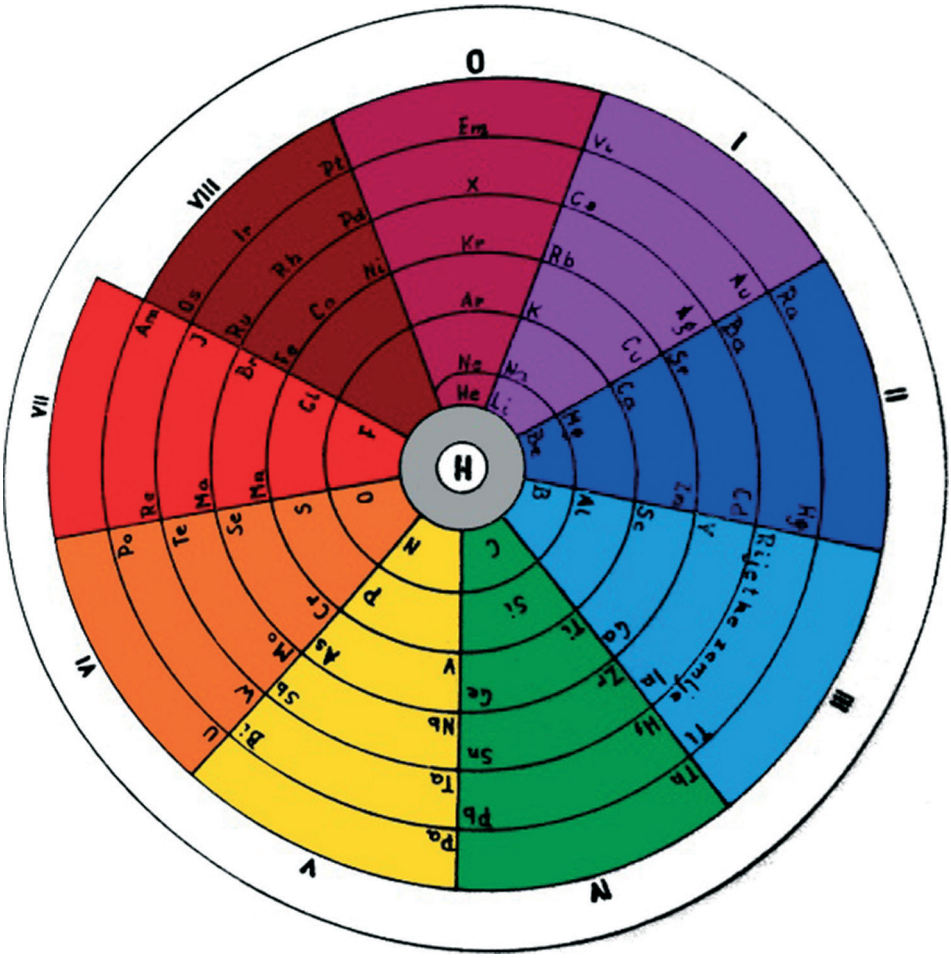


Sl. 8.: Antropovljeva tablica periodnog sustava elemenata koja je tiskana kao prilog udžbeniku *Kemija* Frana Bubanovića (1930.)

plinovi u Antropovljevu periodnom sustavu elemenata nalaze se i kao početna i kao završna skupina periodnog sustava [14].

5. Periodni sustav elemenata u stručnoj literaturi

Periodni sustav elemenata spominje se, osim u udžbenicima kemije, i u brojnim člancima u hrvatskim stručnim i popularizacijskim časopisima. Ističe se prikaz periodnog sustava elemenata kružnog oblika, slika 9., koji je osmislio Franjo Krleža (1908. – 1988.), sveučilišni profesor kemije, i objavio u *Nastavnom vjesniku* (1940./1941.) [9]. Elementi istih grupa u tom se prikazu periodnog sustava elemenata nalaze na istim kružnim isječcima. Pojedine periode počinju plemenitim plinom, a završavaju halogenim elementom pa među elementima nema prekida, čime se najbolje prikazuje periodičnost njihovih kemijskih svojstava. Različito obojeni isječci dodatno naglašavaju sličnost među elementima iste skupine [4].



Sl. 9.: Kružni prikaz periodnog sustava elemenata prema zamisli Franje Krleže, u članku Prikazivanje periodskoga sistema kemijskih elemenata objavljenom u *Nastavnom vjesniku* (1940./1941.)

Farmaceutski vjesnik objavio je povodom smrti Dmitrija Ivanoviča Mendeljejeva članak Dimitrij Ivanović Mendeljejev. Posmrtna besjeda, čiji je autor Gustav Janeček. Članak govori o životu i postignućima D. I. Mendeljejeva [15]. Napredak u razvoju periodnog sustava pratimo u članku L. Neumanna iz 1926., naslovljenog Periodski sistem elemenata prije i danas. U tom su članku navedena otkrića novih elemenata [6].

Otkriće novih elemenata popratio je i časopis *Priroda* 1950. godine člankom Prirodni sustav elemenata se popunjava [16]. Vladimir Deduš autor je članka O stogodišnjici periodskog sistema kemijskih elemenata (D. I. Mendelejev, 1869.), objavljenog 1969. godine. [17].

Kemija u industriji cijeli je broj 1969. godine posvetila periodnom sustavu elemenata. Uvršten je, među ostalim, članak pod naslovom X jubilarni mendeljejevski kongres opće i primjenjene kemije [18] te članak o važnom događaju za hrvatsku znanstvenu zajednicu: Izbor Dimitrija Ivanoviča Mendeleeva za počasnog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu godine 1882. [10].

Zaključak

Otkriće periodnog sustava elemenata povijesni je trenutak do kojeg su dovela brojna istraživanja A. L. de Lavoisiera, W. Prouta, J. W. Döbereinera, A. E. Béguyera de Chancourtoisa, J. Newlandsa, W. Odlinga, G. N. Hinrichsa i J. L. Meyera, koji je svoju tablicu objavio nedugo nakon Mendeljejeva.

D. I. Mendeljejev objavio je 1869. godine svoju prvu tablicu periodnog sustava elemenata, u kojoj je elemente poredao po rastućim atomskim težinama te ih grupirao po sličnim svojstvima. Mendeljejev je predvidio otkriće eka-elemenata (galija, skandija i germanija) te njihova svojstva, što dodatno daje na važnosti njegovu otkriću.

Moderni periodni sustav elemenata sastoji se od sedam perioda i osamnaest skupina te sadrži sto osamnaest elemenata svrstanih prema rednom broju, a ne prema atomskoj težini kao što je bio slučaj u Mendeljejevljevu periodnom sustavu.

U vrijeme otkrića periodnog sustava elemenata u Hrvatskoj nije bilo kemijske znanosti. Ona se počela razvijati tek osnutkom modernog Sveučilišta u Zagrebu (1874.) i njegovih prirodoslovnih odjela (1876.), i u to se doba hrvatska znanstvena zajednica upoznaje s otkrićem periodnog sustava i prati njegov razvoj. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti (danas Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti) bila je prva znanstvena akademija u Europi koja je Mendeljejeva izabrala za počasnog člana (1882.). Gustav Janeček, sveučilišni profesor kemije, svoja je predavanja uskladio s periodnim sustavom elemenata (1888.). Prvi udžbenik kemije na hrvatskom jeziku s tablicom periodnog sustava elemenata je *Anorganska kemija za više razrede realnih gimnazija i realaka,* Julija Domca iz 1901. Prvi je sveučilišni udžbenik opće kemije na hrvatskom jeziku s periodnim sustavom elemenata *Kemija I., opći dio* autora Gustava Janečeka, objavljen 1919. godine. Prvi cjeloviti sveučilišni udžbenik kemije usklađen s periodnim sustavom elemenata objavio je Fran Bubanović (1930.). Iako s početnim vremenskim odmakom, hrvatska kemijska znanost, srednjoškolski i sveučilišni udžbenici te stručni i popularizacijski časopisi pratili su razvoj periodnog sustava i nova otkrića elemenata koja su potvrđivala njegovu trajnu vrijednost.

Literatura

[1] Grdenić, D.: *Povijest kemije*, *U potrazi za elementima,* Školska knjiga, Zagreb, 2001., str. 393-425.

[2] Partington, J. R.:*A short history of chemistry*, Dover Publications, New York, 1989., str. 342-381.

[3] Scerri, E. R.: *The Discovery of the Periodic Table as a Case of Simultaneous Discovery*, 2015., str. 1-13.

[4] Flegar, V.: *Utjecaj otkrića i razvoja periodnog sustava elemenata na hrvatsku kemiju od sredine 20. stoljeća*, doktorski rad, Zagreb, 2019.

[5] Mendeleev D. I.: Sootnošenie svoistv s atomniim vesom elementov, Zhurnal Russkoe Fiziko-Khimicheskoe Obshchestvo (Časopis Ruskog kemijskog društva), 1869., 1 (2/3), str. 60-77.

[6] Neumann, L.: Periodski sistem elemenata prije i danas, *Farmaceutski vjesnik*, 1926., XVI, 5, 175-180.

[7] Iveković, H.: Otkriće periodnog zakona elemenata i njegovo značenje, *Kemija u industriji*, 1969., 18 (12) 792-796.

[8] Scerri, E. R.: *The Periodic Table, Its Story and its Significance*, Oxford University Press, New York, 2007., str. 3-286.

[9] Raos, N.: Periodni sustav u Hrvata, *Kemija u industriji*, 2011., 60 (12) 633-638.

[10] Iveković, H.: Izbor Dimitija Ivanoviča Mendeleeva za počasnog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu godine 1882., *Kemija u industriji*, 1969., 18 (12) 802-804.

[11] Bubanović, F.: O životu i djelima Dimitrija Ivanovića Mendjeljejeva (1834 – 1907) (Prigodno slovo povodom proslave 100-godišnjice njegova rođenja), *Farmaceutski vjesnik*, 1934., 24 (5) 176-182.; (6) 212-216.

[12] Janeček: G.: *Kemija I. Opći dio*, tiskano kao rukopis, Obrtnička zadružna tiskara, Zagreb, 1919., pripomena.

[13] Domac, J.: *Anorganska kemija za više razrede realnih gimnazija i realka*, Zagreb, 1901.

[14] Bubanović, F.: *Kemija za slušače kemije, medicine, veterine i farmacije,*Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1930., knjiga prva: *Anorganska kemija*, svezak prvi: opći dio anorganske kemije, treće popravljeno i dopunjeno izdanje, str. V.

[15] Janeček G.: Dimitrij Ivanović Mendeljejev. Posmrtna besjeda, *Farmaceutski vjesnik*, II/III, 1908., (8) 121-125.; 1909., (1) 1-3.; 1909., (2) 21-26.; 1909., (3) 37-44.; 1909., (4) 54-59.

[16] − Prirodni sustav elemenata se popunjava, *Priroda*, 1950., 39 (9) 344 – 350.

[17] Deduš, V.: O stogodišnjici periodskog sistema kemijskih elemenata (D. I. Mendelejev, 1869.), *Priroda*, 1969., 58 (10) 298-300.

[18] Laćan, M.: X jubilarni mendeljejevski kongres opće i primjenjene kemije, *Kemija u industriji*, 1969., 18 (12) 797-798.

Discovery of the Periodic System of Elements and its Impact on Croatian Chemistry

Klara Bošković, Vanja Flegar, Suzana Inić

Abstract: This year marks the 150 th anniversary of discovery of the periodic system of elements. In 1869, Dimitri Ivanovich Mendeleev (1834–1907) published his periodic system of elements in which the elements were ordered by increasing atomic weight and their chemical properties. Mendeleev left empty spaces for eka-elements that were later discovered as a gallium (1875), scandium (1879), and germanium (1886). Numerous Mendeleev's predecessors, Döbereiner, Newland, Odling and Meyer, have contributed to this significant discovery in chemistry. With the discovery of noble gases and new knowledge of the structure of the atoms, the periodic system of elements has developed and supplemented, and today it contains one hundred eighteen elements divided into seven periods and eighteen groups.

The founding of the University of Zagreb (1874) and its Natural Sciences Departments (1876) began the development of chemical science in Croatia, at the same time as the discovery and acceptance of the periodic system of elements in Europe, and its application in the teaching of chemistry was delayed in Croatia.

The Yugoslavian Academy of Sciences and Arts (today the Croatian Academy of Sciences and Arts) is the first academy of science in Europe that proclaimed D. I. Mendeleev for its honorary member (1882). G. Janeček, a university professor of chemistry, introduced a periodic system of elements in his lectures (1888). The first textbook from chemistry with the table of periodic elements of the system is *Anorganska kemija* (Zagreb, 1901) of Julije Domac. Fran Bubanović published the first modern university textbook from chemistry (1930) that was written in accordance with the periodic system of elements. Apart from Croatian scientific and professional literature, the discovery and development of the periodic system of elements has been followed in many professional journals and popularization articles.

Keywords: The Periodic System of Elements, Dimitri Ivanovich Mendeleev, Croatian Chemistry, Gustav Janeček, Julije Domac, Fran Bubanović, Croatian Chemistry Textbooks with the Periodic System of Elements