

# povijest kemije i kemijskog inženjerstva

## Periodni sustav u Hrvata

KUI – 28/2011  
Prispjelo 23. ožujka 2011.  
Prihvaćeno 2. lipnja 2011.

N. Raos\*

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

Iako se periodni sustav elemenata (PSE) u Hrvatskoj predaje od 1888. godine, 20 godina od njegova otkrića te devet godina nakon početka redovite nastave kemije na zagrebačkom sveučilištu, standardnim je dijelom kemijske naobrazbe postao tek stotinu godina nakon otkrića. O Mendeljejevu se pretežno govorilo s panslavističkih pozicija, kao o "slavenskom Newtonu", što je više odmagalo nego pomagalo razumijevanju značenja i razvoja periodnog sustava.

Ključne riječi: D. I. Mendeljejev, periodni sustav elemenata, povijest kemije, panslavizam

## Uvod

Kada je 1869. godine Dmitrij Ivanovič Mendeljejev<sup>†</sup> (1834. – 1907.) obznanio otkriće periodnog sustava elemenata, ono isprva nije izazvalo pozornost kemičara. Više je tomu razloga. U drugoj polovici 19. stoljeća mnogi su kemičari razvrstavali elemente prema njihovim svojstvima u ovisnosti o relativnoj atomskoj masi ("atomskoj težini"),<sup>1,2,3</sup> pa se Mendeljejev ni po čemu nije isticao. Štoviše, njegov se sustav nije bitno razlikovao od sustava što ga je gotovo istodobno objavio Julius Lothar Meyer (1830. – 1895.), pa se njemački kemičar, s pravom ili nepravom, smatra suotkrivačem periodnog sustava.<sup>4,5</sup> S druge pak strane Mendeljejevljevo inzistiranje da je njegov sustav elemenata "prirodan", te da stoga nije riječ o proizvoljnoj klasifikaciji elemenata, nego o prirodnom zakonu, "zakonu periodičnosti", mnogima se činilo pretjeranim, posebice zbog toga što još nije postojala teorija koja bi ga podržavala. Usto su se u njemu uočavale anomalije, od kojih je najpoznatija jod-telurijeva (jod ima manju relativnu atomsku masu od telurija, premda bi trebalo biti obrnuto),<sup>6</sup> pa je bilo još teže povjerovati kako zakon periodičnosti vrijedi univerzalno, što je *conditio sine qua non* svakog prirodnog zakona. Na kraju treba reći da ni Mendeljejev nije periodni sustav smatrao svojim izuzetnim djelom, već ga je stavljao uz bok

svojih drugih, danas znatno manje važnih postignuća (istraživanje elastičnosti plinova, razumijevanje otopina kao asocijacije i udžbenik *Osnove kemije*).<sup>7</sup>

Ipak, presudno je bilo njegovo predviđanje postojanja triju tada nepoznatih elemenata, kojima je usto točno predvidio svojstva (ekaaluminija, galija, otkrivenog 1875.,<sup>8</sup> ekabora, skandija, otkrivenog 1879.,<sup>9</sup> te ekasilicija, germanija, otkrivenog 1886.),<sup>10</sup> što je dovelo do općeg priznanja periodnog zakona u 80-im godinama 19. stoljeća. Periodni sustav ulazi u enciklopedije (*Encyclopaedia Britannica* objavljuje ga 1876.), a potom u udžbenike izvan Rusije. Nakon Mendeljejevjevih *Osnova kemije* (taj je udžbenik od 1870. do 1905. godine doživio osam ruskih izdanja te bio preveden na njemački, engleski i francuski jezik), periodni sustav ulazi 1874. u ruski *Udžbenik anorganske kemije* V. Rihtera. U Engleskoj se pak prvi sveučilišni udžbenici s periodnim sustavom pojavljuju 1884. godine.

## Mendeljejev u svjetlu panslavizma

Budući da se kemija na zagrebačkom sveučilištu počela učiti 1876. godine (u Lučbenom zavodu, Nova ves br. 1), a redoviti je studij kemije započeo 1879., kada je katedru preuzeo Gustav Janeček (1848. – 1929.),<sup>11,12,13</sup> jasno je da hrvatski kemičari nisu mogli znanstveno pridonijeti razvoju periodnog sustava (sl. 1). No unatoč tome bili su među prvima koji su ga uveli u nastavu. "Od god. 1888. svake je godine u općem dijelu svojih predavanja Janeček posvetio Mendeljejevu i njegovu periodnom sustavu posebno predavanje, a predavanja iz anorganske kemije uskladio je s periodnim sustavom", piše Mladen Deželić (1900. – 1989.),<sup>13</sup>

\* Dr. sc. Nenad Raos, znanstveni savjetnik, e-pošta: raos@imi.hr

† Ruski Менделеев (po starom pravopisu Мендельевъ), njemački Mendelejeff, engleski Mendeleev. U nas se uobičajeno piše Dmitrij Ivanovič Mendeljejev, u starijim se pak djelima prvi dio imena (Дмитрий Иванович) znao kroatizirati (Dimitrij ili DMITAR Ivanović). Za pisanje pak "Mendeljejev", jer više odgovara ruskom izgovoru i etimologiji (мену делать), naročito se zalagao Bubanović (ref. 29).

**periodni sustav elemenata** (*engl.* periodic system of the elements), periodni (periodički) sistem elemenata, periodni sustav elemenata, prirodni sustav (sistem) elemenata, prirodni sustav počela, Mendeljejeva (Mendeljejeva, Mendelejevljeva) tablica (periodički sustav), *krat.* PSE.

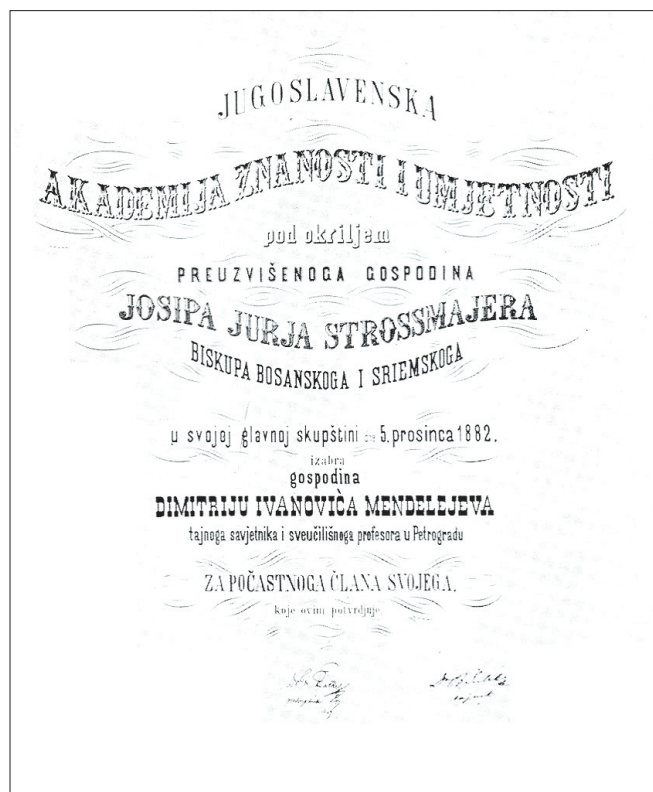
Slika 1 – Periodni sustav elemenata ima u hrvatskom jeziku mnogo sinonima<sup>72</sup>

Fig. 1 – The Periodic Table of the Elements has many synonyms in the Croatian language<sup>72</sup>

jedan od posljednjih Janečekovih studenata.<sup>14</sup> Na Janečekov prijedlog Mendeljejev je 5. prosinca 1882. izabran za počasnog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti (JAZU, danas HAZU),<sup>15,16</sup> prije negoli je izabran za člana bilo koje druge akademije. Nakon nabiranja 45 Mendeljejevljevih radova prijedlog datiran 15. listopada 1882. završava rečenicom: "Ove mnogobrojne, svestranost Mendeljejeva dokazujuće radnje, od kojih jedna jedina: periodički zakon elemenata ("lex Mendelejev") bi bila dovoljna da ga trajno kao učenjaka i mislioca prvoga reda proslavi. Iskazujući Akademija Mendeljejevu čast da ga za svoga počasnoga člana bira je tim svojim članom počašćena" (sl. 2).<sup>15</sup>

Odakle toliki interes za Mendeljejeva? Teško bi ga bilo pronaći u čisto znanstvenim, pa i pedagoškim razlozima – riječ je prije svega o panslavističkim težnjama, želji da se pokaže kako su Slaveni jednaki svim drugim kulturnim narodima. "On je ispunio zavjet prvoga ruskoga profesora kemije, seljačkoga sina Mihaila Lomonosova i pokazao kako 'ruska zemlja može rađati svoje Newtona'" (*можеть собст енныхъ Невтоновъ російская земля рождатьъ*), navodi Janeček riječi profesora D. P. Kablukova nad grobom Mendeljejeva.<sup>17</sup> U prilog panslavističkog duha tadašnjih kemičara u slavenskim zemljama govori i činjenica da je prvi srpski kemičar, profesor Sima M. Lozanić, uveo već 1880. godine periodni sustav u udžbenik anorganske kemije, što znači da je bio prvi neruski kemičar koji je napisao udžbenik s periodnim sustavom.<sup>15</sup> Nasuprot tome, Mendeljejev nije izabran za člana ruske akademije jer je njemačka frakcija na Peterburškom sveučilištu nadglasala rusku, što je razumljivo izazvalo žestoku međunarodnu reakciju.<sup>18</sup> Kada je o tome srpski književnik Laza Kostić govorio srpskoj kraljici Nataliji, naime da je umjesto Mendeljejeva u akademiju izbran "neki Šveđanin ili Nemač" (Friedrich Konrad Beilstein), kraljica mu je odgovorila: "Prirodno, tako i valja", a potom dodala: "Nemci su pametniji od Rusa".<sup>15</sup>

Unatoč Janečekovoj sklonosti periodnom sustavu, prvi članak o njemu na hrvatskom jeziku ne dugujemo Janečku, pa ni nekom drugom kemičaru. Godine 1904. prvi je upravitelj zagrebačke zvjezdarnice Oton Kučera (1856. – 1932.) objavio članak "Mendeljejevljev pokus kemičkoga shvatanja svemirskog etera", u kojem razmatra neuspjelo predviđanje ruskog kemičara o postojanju kemijskog elementa lakšeg od vodika sa svojstvom hipotetskog etera koji "se definira obično kao elastična tekućina (u širem smislu), koja se ne može vagati, koja ispunjuje svemirski prostor, koja prodire kroz sva tjelesa, a fizičari je uzimlju za uzrok pojavama svjetlosti, topline i elektricitete".<sup>19</sup>



Slika 2 – Diploma kojom je 5. prosinca 1882. D. I. Mendeljejev proglašen počasnim članom Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti<sup>15</sup>

Fig. 2 – Diploma (dated December 5, 1882) proclaiming the election of D. I. Mendeleev as Honorary Fellow of The Yugoslav Academy of Sciences and Arts<sup>15</sup>

Tek je smrt Dmitrija Ivanoviča Mendeljejeva potakla da se o njemu piše. Nekrolog izlazi u *Hrvatskom trgovačkom listu*,<sup>20</sup> a 8. veljače 1908., na sam Mendeljejevljev rođendan, Gustav Janeček čita na sjednici Matematičko-prirodoslovnog razreda nadahnuto predavanje u Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti.<sup>17</sup> U predavanju je iscrpno prikazao život i djelo ruskog kemičara dajući naglasak na *Osnove kemije*, iz koje je naveo mnoge izvode. "Ali kakova je to knjiga!", piše Janeček. "Trebalo je samo isporučiti sa savremenim udžbenicima velikih zapadnih naroda, pa ćemo se odmah uvjeriti, kako joj je pisac daleko pretekao sve svoje drugove, kako je dao svomu djelu posve nov biljeg. Meni samomu došlo je u ruke g. 1872. drugo, tada netom izašlo rusko izdanje 'Osnova', pa se živo sjećam naslade, s kojom sam ga čitao, i velikoga utiska, što je ono na me učinilo."<sup>17</sup> Janeček je predavanje završio patetično. Okrenuo se prema slici pokojnika: "Dimitriju Ivanoviču! Poput nebrojenih drugih učenih društava, što su Te obasula lovorom, i naša je akademija izabrala Tebe počasnim svojim članom, ne da počasti Tebe, već da Tvojim slavim imenom okiti imenik svojih članova. Učinila je to s tim radije, što si bio sin velikoga nam bratskoga naroda, a po tom i naš ponos!"

Mendeljejev je bio ponos i za Janečekova učenika Frana Bubanoviča (1883. – 1956.), prvog profesora kemije (biokemije) na zagrebačkom medicinskom fakultetu i najvećeg našeg popularizatora kemije.<sup>21–26</sup> Panslavizam i jugunitarizam, koji je u međuratnom razdoblju carevao na za-

grebačkom sveučilištu (F. Bubanović, F. Tučan, V. Njegovan),<sup>27,28</sup> nesumnjivo su bili presudni za gorljivo zanimanje naših kemičara za Dmitrija Ivanoviča. Hrvatskog čitatelja Bubanović upoznaje s velikim ruskim kemičarom u članku "Proročanski zakon D. I. Mendeljejeva",<sup>29</sup> pitajući se, retorički, jesu li Slaveni sposobni za velika djela:

*Da Sloveni nemaju ni jednoga velikog filozofa, nijesu za vrijeme Rata tvrdili tek neki njemački "šoveni", nego najodličniji njemački naučenjaci i filozofi. Oni su za tu tvrdnju navodili i svoja naučna opravdanja. (...) Ali sve to doprinosi polagano i tome, da se kod nas uvriježila misao – prema shvaćanju filozofije u njemačkom smislu – da slovenska rasa nije dala niti jednoga velikog filozofa i da smo mi Sloveni duševno nedisciplinovani i ekstravagantni, pa da zato ne dajemo kulturnom napretku čovječanstva realnih i plodonosnih vrijednota.*

Da je Bubanoviću važnije pokazati da i mi Slaveni možemo imati "svoje Newtona" nego ulaziti u tananosti periodnog sustava, jasno se vidi iz rečenica napisanih pri kraju Prvoga svjetskoga rata, kada su nacionalne tenzije očito dosegle kulminaciju: "Ja ne bih na ovom mjestu čitaoca mučio s ovim malo teže shvatljivim stvarima, kako se dolazi do atomnih težina elemenata, kad se ne bi na osnovu tih naoko bezvrijednih i običnih brojaka došlo u razvoju kemijske nauke do osobito zanimljive i važne posljedice, koja se slobodno može nazvati najdubokoumnijom tekovinom kemijske nauke. Ona je djelo najvećega ruskog kemika Dmitra Ivanoviča Mendeljejeva, po kojem je ovjenčan neumrlom slavom za sve vijekove."<sup>30</sup>

Još se jasnije Bubanović očitovao o važnosti Mendeljejeva u sjećanju na jedno predavanje Paula Waldena (1863. – 1957.), Mendeljejevljeva biografa i nasljednika na katedri:

*Kao pripadnici slavenske porodice počnimo s najvećim slavenskim narodom, a to je ruski narod. Na drugom Mendeljejevom kongresu za kemiju i fiziku, koji je održan god. 1911. u Petrogradu i kod kojega sam osobno sudjelovao, iznesao je jedan od najagilnijih duhova na tom kongresu fizikalni kemičar Pavel Walden sliku o razvoju kemijske nauke u Rusiji. Iz njegova živog i utješnog prikaza izlazi na vidjelo: Istina, ruski su kemičari primili kemijsku nauku od zapadnih naroda – prvi je ruski profesor-eksperimentator u kemiji, osnivač prvog kemijskog laboratorija u Rusiji (god. 1748.) i otac fizikalne kemije uopće M. V. Lomonosov –, ali su se osovili na samostalne noge, tako da se danas može govoriti o ruskoj kemijskoj nauci, koja je karakterizirana svojim posebnim pečatom, a taj leži u dubokom skladu kemičara-filozofa i kemičara-fizičara. U drugu ruku sudioništvo ruskoga naroda u razvoju kemijske nauke uopće, kako izlazi iz statistike imena kemičara u različitim historijama kemije, iznosi u procentima između 3 i 12 % po računu zapadnih historičara, a po Waldenovu čini ono okruglo 10 %.<sup>31</sup>*

Prvi udžbenik anorganske kemije i prvi naš cjeloviti kemijski sveučilišni udžbenik napisao je Bubanović 1930. godine. "Kao i u prvom izdanju SPECIJALNI DIO ANORGANSKE KEMIJE i sada je obrađen postepeno redom prema grupama prirodnoga periodičkog sistema elementa, koji je prirodni sistem postavio i izradio najveći slavenski kemičar Dimitrij Ivanović Mendeljejev još god. 1870.", piše Bubanović u predgovoru drugog izdanja. "Od toga doba do danas, taj se prirodni sistem i periodički zakon, na kojem on počiva, održao u svim naučnim peripetijama, što ih je preživjela nauka o kemijskim elementima sve do u novije

vrijeme, pa zato i ovdje možemo kazati: Veliki se jedan naučni princip ne obara, nego se novim otkrićima postavlja na šire temelje."<sup>32</sup> Bubanovićevim putem ide i njegov nasljednik na katedri za kemiju zagrebačkog Medicinskog fakulteta Tomislav Pinter (1899. – 1980.), koji u *Fizikalnoj kemiji* periodni sustav izvodi iz elektronske strukture atoma (atomskih orbitala):

*Ogromni napredak i zapravo stvarno otkriće zakonitosti među elementima zahvaljujemo Rusu Dimitriju Ivanoviću Mendeljejevu, koji je god. 1869. publicirao svoj "periodski sistem elemenata po grupama i redovima". U prikazu, što ćemo ga ovdje dati, mi elemente i atome definiramo u duhu starije nauke o nepromjenjivosti elemenata i njihovih atoma. Kod toga polazimo od osnovne činjenice, da se sredstvima klasične kemije ne može izazvati transmutacija elemenata, da su oni prema čisto kemijskim metodama doista nerazorivi. (...) Sve te anomalije u periodičkom sistemu riješila je današnja fizika i kemija. Zato mi danas ne slažemo elemente u periodički sistem po rastućim atomskim težinama, nego rentgenskim spektrima tih elemenata. S pomoću rentgenskog spektra određujemo redni broj pojedinog elementa u periodičkom sistemu.<sup>33</sup>*

Osim u sveučilišnim udžbenicima i gdjeokojem znanstveno-popularnom članku, o periodnom se sustavu u nas malo čulo. Nema ga u znanstveno-popularnim knjigama iz kemije,<sup>34,35</sup> koje su prije svega bile namijenjene kućanicama i težacima. U njima je, razumije se, kemijska teorija bila svedena na minimum, kao i u sličnim knjigama koje su prije njih pisane.<sup>36</sup> Tek rijetki mu daju važnost koju zaslužuje. Franjo Krleža (1908. – 1988.) ga predstavlja nastavnicima,<sup>37</sup> a Pinterović ga uvrštava u srednjoškolski udžbenik: "Ovakve i mnoge druge pravilnosti uvidio je Mendeljejev, pa je izrekao zakon: Svojstva elemenata periodske su funkcije njihovih atomnih težina. Kako svaki element ima svoje određeno mjesto u tom sistemu prema svojoj atomnoj težini, to je taj sistem nazvan prirodnim sistemom elemenata. Tako preglednog sistema nema ni jedna prirodna znatnost."<sup>38</sup> U tome Pinterović ima pravo: periodni sustav elemenata je nesumnjivo specifični kemijski zakon, koji kemiju odvajava od drugih prirodnih znanosti, prvenstveno fizike.<sup>2,39</sup>

## Periodni sustav nakon Drugoga svjetskog rata

Nakon Drugoga svjetskog rata dolazi u nas do naglog porasta zanimanja za periodni sustav elemenata. Šest desetljeća nakon otkrića i 35 godina poslije pokretanja najstarijeg hrvatskog časopisa za popularizaciju znanosti, pojavljuje se u *Prirodi* prvi,<sup>40</sup> a odmah potom i drugi<sup>41</sup> članak o periodnom sustavu. Razlog nije teško dokučiti: poslijeratno doba je "atomska doba", doba kako miroljubive tako i vojne primjene nuklearne energije. U svjetlu novih otkrića trebalo je najširim narodnim slojevima objasniti što je radioaktivnost, radioaktivni izotop, atomska jezgra, transmutacija elemenata... Periodni sustav činio se najboljim putem za to: "U četrdeset godina, što je proteklo od smrti Dimitrija Ivanoviča Mendeljejeva, nauka o elementima i njihovim najmanjim česticama, što ih zovemo atomima, doživjela upravo vanredan procvat i napredak, pa je zato opravdano pitanje, kako ti moderni rezultati stoje u suglasju s periodskim zakonom o elementima?"<sup>41</sup> Autor prvog članka piše knjigu o nuklearnoj energiji i u njoj donosi periodni sustav s

jasnim obrazloženjem: “Električki je naboj jezgre to veći, što se atom nalazi dalje na tablici Mendelejevljeva periodičkog sustava, pa tako raste i visina bedema potencijala oko jezgre. (...) Tablica 3 donosi periodički sustav kemijskih elemenata. Njega smo već spomenuli, a i u buduće će nam dobro doći da ga imamo pri ruci. Za svaki element dani su njegov kemijski znak, redni broj i atomska masa (težina). Kao dopunu za tu tablicu donosimo u tablici 4 kemijske elemente poredane po njihovim rednim brojevima, s njihovim kemijskim znakovima i nazivima.”<sup>42</sup>

Povezivanje periodnog sustava s njegovim atomskim osnovama (o čemu Mendeljejev nije mogao ništa znati) ne znači da je minula potreba za slavljenjem njegova tvorca kao “slavenskog genija”. Štoviše, činjenica da je došao u sukob s carističkim režimom (pa je zbog toga 1890. morao napustiti sveučilište) te da se bavio i praktičnom kemijom (prije svega tehnologijom nafte i ugljena), bio je povod da se njegovo djelo osvjetli i s druge, ideološke strane. “U vezi s navedenim njegovim [Mendeljejevljev] publikacijama, koje obrađuju praktične gospodarske probleme, možemo istaknuti još i to, da su u današnje dane rukovodioci Sovjetskog Saveza svojim naučenjacima i naučnim institucijama stavili u zadatak, da svaki naučenjak, uza svoja teorijska naučna istraživanja, primi u posao i rješenje po jednog praktičnog pitanja iz njegove struke, koje stoji neposredno u vezi sa usavršavanjem dnevnih životnih prilika u Sovjetskom Savezu”, piše Bubanović, da bi zaključio: “Tako Sovjetski naučenjaci stoje u neposrednom kontaktu sa životom.”<sup>41</sup> Još se bolje odražava stav “novog socijalističkog čovjeka” o Dmitriju Ivanoviču u završnim riječima što ih je na predavanju povodom 100. obljetnice periodnog sustava izgovorio u Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti Drago Grdenić:

*Dvije velike želje Mendeljejeva ispunile su se uskoro poslije njegove smrti. Prvo, zaostali carski režim je srušen i uspostavljena sovjetska vlast koja je podigla cjelokupnu znanost i školstvo do neslućene visine. Drugo, zakon periodičnosti objašnjen je upravo onako kako je Mendeljejev očekivao, strukturom atoma, i postao osnova moderne kemije.*<sup>43</sup>

Usto ne miruje ni vječno nastojanje da se ruskom kemičaru pripisuju sve zasluge za otkriće periodnog sustava. Bubanović brani prvenstvo Mendeljejeva njegovim vlastitim riječima iz posljednje verzije *Osnova kemije* (1906.), iz kojih proizlazi da je J. Lothar Meyer sam sebe negirao kad je rekao kako “bi bilo pretjerano mijenjati dosada priznate atomske težine na osnovi tako nesigurne polazne točke [periodnog sustava]”,<sup>41</sup> ponavljajući tako glavni argument svoga učitelja Janečka: “Tako dakle Meyera<sup>+</sup> niti ide prvenstvo, niti je on suotkrivač, već dapače poricatelj periodičnoga zakona, dok sam proglašuje podloge periodičnomu sustavu nesigurnima i kaže, da im se ne smije pridijevati preveliko značenje.”<sup>17</sup>

Još je dalje u uskraćivanju prvenstva njemačkom kemičaru išao Hrvoje Iveković (1901. – 1991.), prevoditelj Wiber-gova udžbenika, kada je uz autorovu rečenicu “Ruski kemičar DMITRIJ IVANOVIČ MENDELJEJEV (1834. – 1907.) i njemački istraživač LOTHAR MEYER (1830. – 1895.) neza-

visno su jedan od drugoga oštrije formulirali ove odnose godine 1869. i prozvali ih **‘periodni sistem elemenata’**” dodao svoj komentar: “Prioritet otkrića ‘periodnog sistema’ pripada bezuvjetno MENDELJEJEVU, jer ga je on u prvi objelodanio u Akademiji nauka 1869. u svojoj radnji ‘O ovisnosti svojstava elemenata od atomskih težina’. L. MEYER imao je također u to vrijeme sličan sistem gotov, ali ga se nije usudio objelodaniti i tek 1870. on ga publicira ne doprinoseći ništa bitno nova MENDELJEJEVOJ tablici.”<sup>44</sup>

Od slavljeničkog pristupa uvelike odstupa Ivekovićev rad u koautorstvu sa Z. Balenovićem.<sup>45</sup> U njemu autori ne samo da spominju Mendeljejevljeve prethodnike (Döbereiner, Pettenkofer, De Chancourtois, Newlands) nego daju i kratku povijest kemije te drugih prirodnih znanosti. Usto periodnom sustavu pristupaju i filozofski, naravno s marksističkih pozicija, ukazujući da je “Mendeljejev u periodnom sistemu primijenio nesvjesno Hegelov zakon o prijelazu kvantiteta u kvalitet”, a posebnu kvalitetu radu daje bibliografija koja sadrži popis 660 članaka o Mendeljejevu i periodnom sustavu.

Marksizam polazi od polazišta da su povijesni događaji više determinirani “historijskom nužnošću” negoli voljom i sposobnošću pojedinca (“historijskom ličnošću”). Pa iako u tom smislu navode Mendeljejevljevu misao (“Nema ni jednog općeg zakona koji je odjednom otkriven;”), opet daju ruskom kemičaru prednost pred svim drugim istraživačima, uključujući i Lothara Meyera: “Nekoliko mjeseci kasnije izašao je rad Lothara Meyera (1870.), koji je vrlo sličan periodni sistem elemenata imao gotovo već godinu dana prije Mendeljejeve publikacije, ali nije imao Mendeljejevu pronicljivost ili hrabrost da objelodani nepotpuni sistem koji se bazira na hipotezi da postoji još niz neobjavljenih elemenata.” Unatoč ideološkom zastranjenju, možemo bez pretjerivanja reći da je rad Ivekovića i Balenovića najcjelovitije djelo o periodnom sustavu na hrvatskom jeziku.

## Periodni sustav u srednjoškolskim udžbenicima i popularnoj literaturi

Prvi srednjoškolski udžbenik s periodnim sustavom pojavio se još 1912. godine.<sup>46</sup> No to je iznimka: mogli bismo reći da je njegovo uvrštavanje u udžbenik bilo više potaknuto autorovim zanimanjem za povijest kemije negoli didaktičkim razlozima. Naime autor sustavu, uz tablicu, posvećuje dvije stranice te nabraba Mendeljejevljeve prethodnike (Döbereiner, Newlands, Lothar Meyer) uz naglašavanje važnosti zakona periodičnosti: “Kako svaka vrsta bilja i životinja nosi svoj zasebni karakter, a između pojedinih vrsta ipak vladaju sličnosti, koje opravdavaju njihovo ujedinjavanje u familije, tako je to i kod elemenata”.<sup>46</sup>

Potonja je sudbina periodnog sustava u udžbenicima neobična. Spominje se u Pinterovićevoj školskom udžbeniku iz 1940. godine,<sup>38</sup> i u Vladenovu udžbeniku iz 1947,<sup>47</sup> no ne nalazimo ga u gimnazijskim udžbenicima te priručnicima za nastavnike krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina prošlog stoljeća,<sup>48–50</sup> pa ipak se uči u Višoj pedagoškoj školi.<sup>51</sup> Periodni sustav postaje u Hrvatskoj neizostavni dio srednjoškolskog kemijskog obrazovanja tek krajem šezdesetih godina,<sup>52</sup> a početkom sedamdesetih uvodi se i njegovo tumačenje putem atomskih orbitala.<sup>53</sup> Nekako u to doba počinje se pojavljivati i u udžbenicima za osnov-

<sup>+</sup> Na ovom mjestu i na mnogim drugima autori griješe kad pišu Meyer, L. Meyer i slično, jer je puno ime njemačkog kemičara Julius Lothar Meyer, s time da Lothar nije ime nego prvi dio prezimena. Autor također griješi kada prezime Mendeljejev koristi kao pridjev: posvojni pridjev od Mendeljejev je Mendeljejevljev.

no obrazovanje odraslih, no posve informativno.<sup>54</sup> Standardni dio udžbenika za osnovnu školu periodni sustav postaje tek osamdesetih godina prošlog stoljeća.<sup>55</sup> Sve to ukazuje da je trebalo proteći čitavo stoljeće da se periodni sustav prepozna kao neizostavni dio svakog kemijskog obrazovanja. Do tada ga se više smatralo, mogli bismo reći, kemijskim kuriozitetom.

Kao što rekosmo, o periodnom se sustavu u popularnoj literaturi počelo više pisati tek s dolaskom atomskog doba: nalazimo ga primjerice u Disneyevoj knjizi o atomima,<sup>56</sup> no ne i u enciklopediji za djecu, u kojoj je dana samo tablica elemenata poredanih po protonskom broju.<sup>57</sup> U *Prirodi* izlazi još jedan članak o Mendeljejevu, ovaj put povodom stogodišnjice periodnog sustava,<sup>58</sup> no atomske se orbitale spominju tek u članku iz 1983. godine<sup>59</sup> (koji je uz neznatne izmjene još dvaput<sup>60,61</sup> objavljen).

U korist današnjeg općeg prihvaćanja periodnog sustava, čak i na najnižoj razini kemijskog obrazovanja, govori ne samo činjenica da ga nalazimo u svakom, pa i osnovnoškolskom udžbeniku kemije, nego i da se o njemu u posljednje vrijeme sve više piše<sup>62–64</sup> te se popularizira putem muzejskog postava<sup>65,66</sup> i interneta ([www.ktf-split.hr/periodni/](http://www.ktf-split.hr/periodni/)).<sup>67</sup> Ipak, najviše mu u korist govori činjenica da se spominje i kada ne bi trebalo, naime svaki put kad je riječ o kemijskim elementima. Primjer neka nam bude naslov članka "Periodni sustav napamet" u kojem nalazimo poučnu (mnemotehničku) pjesmicu o svojstvima elemenata,<sup>68</sup> enciklopedijski priručnik o kemijskim elementima naslovljen "Memento – Periodni sustav elemenata"<sup>69</sup> ili novinski članci u kojima se promjene standardnih relativnih atomskih masa prikazuju kao "promjene u periodnom sustavu elemenata".<sup>70</sup> Sve to pokazuje da je i u našoj sredini periodni sustav elemenata postao neodvojiv dio kemije.

## Zaključak

Iako se u Hrvatskoj dosta pisalo o Mendeljejevu, više se govorilo o njegovoj osobi negoli se ulazilo u tumačenje njegova djela, periodnog sustava elementa. Posljedica toga je da imamo prije ideološku, "nazdravičarsku", negoli povijesno utemeljenu analizu otkrića PSE. Periodni sustav nije niti može biti djelo samo jednog kemičara, Mendeljejeva, nego je – kao i sva otkrića – djelo čitave epohe, pa je s gledišta povjesničara nekorektno zanemarivati doprinos drugih znanstvenika u njegovu otkriću i razvoju. Isto tako nije metodološki ispravno prešućivati pogreške i stranputice (kriva predviđanja) ruskog kemičara.<sup>63,71</sup> Stoga možemo reći da gorljivo pisanje o njegovu otkrivaču nije u nas pridonijelo tome da se periodni zakon prepozna kao temelj kemije, još manje da ga se sagleda u pravoj povijesnoj perspektivi.

## Literatura

### References

1. D. Grdenić, Povijest kemije, Školska knjiga i Novi liber, Zagreb, 2001., str. 741–755.
2. E. R. Scerri, The Periodic Table. Its Story and Its Significance, Oxford University Press, Oxford, 2007., str. 29–100.
3. G. B. Kauffman, American forerunners of the periodic law, J. Chem. Ed. **46** (1969) 128–135.
4. J. W. van Spronsen, One hundred years of the "Law of octaves": When the Italian Cannizzaro was fighting for atomic

- weights in Karlsruhe, Newlands fought for the liberation of Italy, *Chymia* **11** (1966) 125–137.
5. J. W. van Spronsen, The priority conflict between Mendeleev and Meyer, J. Chem. Ed. **46** (1969) 136–139.
  6. E. R. Scerri, The Periodic Table. Its Story and Its Significance, Oxford University Press, Oxford, 2007., str. 130–131.
  7. V. Njegovan, Osnovi hemije, Naučna knjiga, Beograd, 1965., str. 246.
  8. P. E. Lecoq De Boisbaudran, Caractères chimiques et spectroscopiques d'un nouveau métal, le gallium, découvert dans un blende de la mine de pierrefitte, Vallée d'Argèles (Pyrénées), *Compt. Rend.* **81** (1875) 493–495.
  9. P. Clève, Sur le scandium, *Compt. Rend.* **89** (1879) 421–422.
  10. C. Winkler, Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element, *Ber. Deutsch. Chem. Gesellsch.* **9** (1886) 210–211.
  11. D. Grdenić, Prvi hrvatski kemičari, *Kem. Ind.* **42** (6) (1993) 171–186.
  12. D. Grdenić, Sto godina sveučilišne kemijske nastave u Hrvatskoj, *Croat. Chem. Acta* **47** (1975) A35–A47.
  13. M. Deželić, Počeci kemijske nastave na Sveučilištu u Zagrebu. Sjećanje na profesore Janečeka, Bubanovića i Pušina, *Croat. Chem. Acta* **50** (1977) S83–S112.
  14. N. Trinajstić, Mladen Deželić – zaboravljeni hrvatski prirodoslovac, u N. Trinajstić (ur.), *Ogledi o znanosti i znanstvenici-ma*, Matica hrvatska, Zagreb, 1998., str. 31–50.
  15. V. M. Mićović, Odjek otkrića periodnog sistema u Srba i Hrvata, Predavanja, knjiga 10, Srpska akademija nauka i umjetnosti, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, knjiga 5, Beograd, 1969.
  16. Lj. Barić, O izboru Mendeljejeva za počasnog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zbornik radova Trećeg simpozija iz povijesti znanosti. Prirodne znanosti i njihove primjene krajem 19. i početkom 20. stoljeća u Hrvatskoj, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Sekcija za povijest znanosti, Zagreb, 1981., str. 159–160.
  17. G. Janeček, Dimitrij Ivanović Mendeljejev. Posmrtna besjeda, Ljetopis Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, vol. 22, JAZU, Zagreb, 1908.
  18. H. M. Leicester, Mendeleev and the Russian Academy of Sciences, *J. Chem. Ed.* **25** (8) (1948) 439–444.
  19. O. Kučera, Mendeljejev ljev pokus kemičkoga shvatanja svemirskog etera, *Glas. Naravosl. Društva* **16** (1904) 205–213.
  20. Dimitrij Ivanović Mendeljejev. Nekrolog, *Hrvatski trgovački list*, (7) (1907) 52–53.
  21. A. Lutkić, Fran Bubanović (Sisak, 1883. – Zagreb, 1956.), *Prirodoslovlje* **7** (1–2) (2007) 33–46.
  22. D. Grdenić, Fran Bubanović. Povodom sedamdesetgodišnjice života, *Priroda* **40** (1953) 369–374.
  23. J. Mikšić, Prof. dr. Fran Bubanović, *Farm. Vjesnik* **23** (1933) 804–812.
  24. H. Tartalja, Prof. dr. Fran Bubanović, *Arh. farm.* **6** (1956) 31–33.
  25. N. Raos, Bubanović i Arrhenius, *Kem. Ind.* **54** (2005) 320–322.
  26. N. Raos, Letters of Svante Arrhenius to his former Croatian Student, *Bull. Hist. Chem.* **33** (1) (2008) 12–16.
  27. F. Bubanović, Neznani junak – u mirno doba, Kako se raspravlja o našem narodnom jedinstvu, u: *Kemijo, hvala ti!*, Tome Jovanovića i Vujića, Beograd, 1939., str. 3–5, 105–120.
  28. V. Njegovan, Osnove hemije, Naučna knjiga, Beograd, 1965., str. 110–116.
  29. F. Bubanović, Proročanski zakon D. I. Mendeljejeva, u: *Kemijo, hvala ti!*, Tome Jovanovića i Vujića, Beograd, 1939., str. 74–86.
  30. F. Bubanović, *Slike iz kemije*, Zagreb, 1917., str. 97.
  31. F. Bubanović, *Iz moderne kemije*, Matica hrvatska, Zagreb, 1929., str. 7–8.

32. *F. Bubanović*, Kemija za slušače kemije, medicine, veterine i farmacije. Knjiga prva: Anorganska kemija. Svezak drugi: Specijalni dio anorganske kemije. 2. izd., Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1947.
33. *T. Pinter*, Fizikalna kemija za medicinare, Školska knjiga, Zagreb, 1951., str. 24–36.
34. *I. Bošnjak*, Težačka kemija (Pouka poučljivu težaku), Prva knjiga Temelj, Agrarna biblioteka 4, Štamparija Saveza srpskih zemljoradničkih zadruga u Zagrebu, Zagreb, 1924.
35. *B. Babić*, Građa svijeta. Pučka kemija. Jeronimska knjižnica. Jeronimska knjiga 36, Hrvatsko društvo sv. Jeronima, Zagreb, 1929.
36. *B. Šulek*, Lučba za svakoga ili Popularna kemija, Matica hrvatska, Zagreb, 1881.
37. *F. Krleža*, Prikazivanje periodnog sistema kemijskih elemenata (s crtežom), Nastavni vjesnik **69** (1940/41) 351–356.
38. *Z. Pinterović*, Kemija za više razrede srednjih i sličnih škola, Zagreb, 1940., str. 153.
39. *H. Vančik*, Opus Magnum: An outline for the philosophy of chemistry, Found. Chem. **1** (1999) 241–256.
40. *M. Katalinić*, Nepoznati kemijski elementi, Priroda **46** (1946) 111–116.
41. *F. Bubanović*, Dimitrij Ivanović Mendeljejev. Povodom četrdesetogodišnjice smrti, Priroda **47** (1947) 69–75.
42. *M. Katalinić*, Atomska doba. Od razbijanja atoma do primjene atomske energije, vlastita naklada, Zagreb, 1946., str. 36–38.
43. *D. Grdenić*, Dimitrij Ivanović Mendeljejev (u povodu 100-godišnjice periodičnog sistema), Predavanja održana u Jugoslavenskoj akademiji, sv. 40, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1970.
44. *E. Wiberg*, Anorganska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1952., str. 73 (*E. Wiberg*, Anorganische Chemie, Berlin, 1951.).
45. *H. Iveković*, *Z. Balenović*, Uvod u studij i bibliografiju periodnog sistema elemenata i periodiciteta fizikalnih i kemijskih svojstava elemenata i spojeva, u: M. Mirković (ur.), Spomenica u počast 40-godišnjice osnivanja Saveza komunista Jugoslavije 1919–1959, II. sv., Znanstveni i umjetnički prilozi, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1960., str. 78–112.
46. *F. Šandor*, Anorganska kemija za više razrede srednjih učilišta, Naklada Kraljevske hrvatsko-slavonsko-dalmatinske zemaljske vlade, Zagreb, 1912.
47. *M. Vladen*, Kemija i kemijska tehnologija. I. dio. Anorganska kemija. Udžbenik za tehničke škole i ekonomske praktikume, Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1947., str. 300–303.
48. *J. Herak*, Kemija I. Opća kemija, II. nemetali, II. pokusi. Priručnik za srednje škole. Školska knjiga, Zagreb, 1959.
49. *J. Herak*, Opća i anorganska kemija za gimnazije. I. dio. VII. izd., Školska knjiga, Zagreb, 1961.
50. *J. Herak*, Kemija za VI. razred gimnazije. 2. izd., Školska knjiga, Zagreb, 1954.
51. *J. Herak*, Uvod u kemiju za studente više pedagoške škole, Školska knjiga, Zagreb, 1952.
52. *J. Herak*, Opća i anorganska kemija za gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 1967.
53. *M. Sikirica*, *B. Korpar-Čolig*, *V. Marić*, *M. Topić*, Kemija, udžbenik za srednje škole, Školska knjiga, Zagreb, 1972.
54. *I. Ivanček*, Kemija za osnovno obrazovanje odraslih, Školska knjiga, Zagreb, 1967.
55. *I. Planinić*, *I. Filipović*, *M. Bukovac*, Svijet kemije 1, udžbenik za VII. razred osnovne škole, Školska knjiga, Zagreb, 1986.
56. *H. Haber*, Priča Volta Diznija Naš prijatelj atom, Školska knjiga, Zagreb, Savremena škola, Beograd, Mladinska knjiga, Ljubljana, Prosvetno delo, Skopje, Forum, Novi Sad, 1962., str. 124–125. (*H. Haber*, The Walt Disney Story of Our Friend the Atom, Walt Disney Productions, 1961.)
57. Elementi i spojevi. Svijet oko nas. Enciklopedija za djecu i omladinu, 1. svezak, Školska knjiga, Zagreb, 1960., str. 111–113.
58. *V. Deduš*, O stogodišnjici periodnog sistema kemijskih elemenata (D. I. Mendelejev, 1869), Priroda **56** (1969) 298–300.
59. *D. Grdenić*, Periodni ili prirodni sustav elemenata, Priroda **72** (1) (1983) 14–20.
60. *D. Grdenić*, Periodski ili prirodni sustav elemenata, Priroda **76** (5–6) (1987/88) 150–157.
61. *D. Grdenić*, Periodni ili prirodni sustav elemenata, Priroda **84** (10) (1994) 30–33.
62. *P. Vrkljan*, Građa atoma i periodni sustav elemenata, u Nove N. Raos i H. Peter, Slike iz kemije, Školska knjiga i Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2004., str. 253–280.
63. *N. Raos*, Je li “proročanski” zakon Dimitrija Ivanovića Mendeljejeva zaista proročanski?, Priroda **99** (12) (2009) 42–47.
64. *N. Raos*, Čudnovata povijest plemenitih plinova, Priroda **100** (9) (2010) 26–29.
65. *N. Raos*, Bezbroj lica periodnog sustava elemenata, katalog izložbe, Tehnički muzej, Zagreb, 2010.
66. *T. Portada*, Bezbroj lica periodnog sustava elemenata, Priroda **101** (2) (2011) 46–48.
67. *I. Tokić*, Periodni sustav elemenata Eni Generalić: odličan hrvatski site, Kem. Ind. **52** (7–8) (2003) 372–373.
68. *D. Grdenić*, Periodni sustav napament, Priroda **83** (1) (1993) 10–11.
69. *B. Dropuđa*, Memento – Periodni sustav elemenata, 2. izd., Mentor, Split, 2007.
70. Znanost – hrvatski popularno-znanstveni portal, URL: <http://www.znanost.com/> (28. 12. 2010.).
71. *E. R. Scerri*, The Periodic Table. Its Story and Its Significance, Oxford University Press, Oxford, 2007., str. 140–143, 151–157.
72. *N. Raos*, Rječnik kemijskih sinonima, HDKI i Kemija u industriji, Zagreb, 2009.

## SUMMARY

### The Periodic Table in Croatia

N. Raos

The Croatian (Yugoslav) Academy of Sciences and Arts was the first academy to elect D. I. Mendeleev as its honorary member (1882), whereas the periodic table of the elements has been taught regularly at the Zagreb University since 1888. The early interest of Croatian chemists in the periodic table should be attributed primarily to their pan-Slavic attitude, particularly as proof that Slavic people were able to produce “their own Newtons” (M. V. Lomonosov and D. I. Mendeleev). Such enthusiastic views, however, did not help in analyzing the contribution of Mendeleev and other scientists to the discovery and development of the periodic table of the elements.

Institute for Medical Research and Occupational Health,  
Ksaverska c. 2, POB 291, HR-10001 Zagreb, Croatia

Received March 23, 2011  
Accepted June 2, 2011