

# PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

---

Ojvan, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:160:067821>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-04**

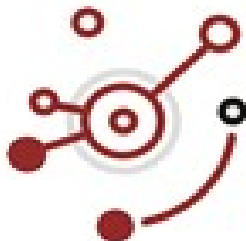


Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of Physics in Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**ODJEL ZA FIZIKU**



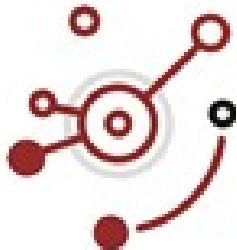
**JOSIP OJVAN**

**PERIODNI SUSTAV ELEMENATA**

**Završni rad**

**Osijek, 2020.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**ODJEL ZA FIZIKU**



**JOSIP OJVAN**

**PERIODNI SUSTAV ELEMENATA**

**Završni rad**

Predložen Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku radi stjecanja zvanja  
prvostupnika fizike

**Osijek, 2020.**

**„Ovaj završni rad je izrađen u Osijeku pod vodstvom doc.dr.sc. Denisa Stanića u sklopu Sveučilišnog preddiplomskog studija fizike na Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.“**

# SADRŽAJ

## Sadržaj

<u>1. Uvod</u> .....	<u>1</u>
<u>2. Povijesni pregled</u> .....	<u>2</u>
<u>2.1. Daleka povijest</u> .....	<u>2</u>
<u>2.2. Suvremena povijest</u> .....	<u>3</u>
<u>2.2.1 Počeci moderne kemije</u> .....	<u>3</u>
<u>2.2.1.1. Boyleov doprinos</u> .....	<u>3</u>
<u>2.2.1.2. Lavoisierov doprinos</u> .....	<u>4</u>
<u>2.2.1.3. Daltonov doprinos</u> .....	<u>5</u>
<u>2.2.1.4. Berzeliusov doprinos</u> .....	<u>6</u>
<u>2.2.1.5. Nekolicina Mendeljejevih prethodnika</u> .....	<u>7</u>
<u>2.2.2 Julius Lothar Meyer</u> .....	<u>8</u>
<u>2.2.3. Dmitrij Ivanovič Mendeljejev</u> .....	<u>9</u>
<u>2.2.4. PSE nakon Mendeljejeva</u> .....	<u>10</u>
<u>3. Obilježja periodnog sustava elemenata</u> .....	<u>11</u>
<u>3.1. Periode</u> .....	<u>12</u>
<u>3.2. Skupine</u> .....	<u>12</u>
<u>4. Elektronska konfiguracija</u> .....	<u>14</u>
<u>5. Periodičnost fizikalnih svojstava</u> .....	<u>16</u>
<u>6. Nova otkrića</u> .....	<u>17</u>
<u>LITERATURA</u> .....	<u>18</u>
<u>Popis slika</u> .....	<u>19</u>
<u>Životopis</u> .....	<u>20</u>

# PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

**JOSIP OJVAN**

## **SAŽETAK**

Tema završnog rada se naziva Periodni sustav elemenata. Na samome početku povijesnog pregleda opisana je drevna i suvremena povijest slaganja elemenata da bi došli do tvoraca periodnog sustava elemenata: Meyera i Mendeljejeva. Nadalje, spomenuta su obilježja periodnog sustava elemenata kroz periode i skupine. U nastavku se upoznajemo sa elektronskom konfiguracijom i nekim fizikalnim svojstvima periodičnosti. Na kraju upoznajemo neke novije elemente i spominjemo važnost kemijskih elemenata za čovjeka.

**Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za fiziku**

**Ključne riječi:** Periodni sustav elemenata, kemijski elementi, daleka povijest PSE, suvremena povijest PSE, obilježja PSE, elektronska konfiguracija, periodičnost fizikalnih svojstava, Hundovo pravilo.

**Mentor:** doc.dr.sc. Denis Stanić

**Ocjenjivači:**

**Rad prihvaćen:**

# PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

**JOSIP OJVAN**

## **ABSTRACT**

The topic of the final paper is called the Periodic Table of the Elements. At the very beginning of the historical review, the ancient and modern history of the arrangement of elements is described in order to reach the creators of the periodic table of elements: Meyer and Mendeleev. Furthermore, the features of the periodic table of elements through periods and groups are mentioned. Below we get acquainted with the electronic configuration and some physical properties of periodicity. Finally, we get to know some newer elements and mention the importance of chemical elements for humans.

**Thesis deposited in Department of Physics library**

**Keywords:** PSE, Chemical elements, distant history of PSE, contemporary history of PSE, features of PSE, electronic configuration, periodicity of physical properties, Hund rule

**Supervisor:** Assistant professor Denis Stanić, PhD

**Reviewers:**

**Thesis accepted:**

# 1. Uvod

## Definicija

Periodni sustav elemenata je sustavni tablični poredak kemijskih elemenata koji odražava njihovu atomsku građu i sličnost njihovih fizikalnih i kemijskih svojstava. Sustav je nastao kao rezultat nastojanja mnogih kemičara da nađu što prikladniji način da se elementi poredaju tako da sličnosti među njima budu što uočljivije.

Skup svih istovrsnih atoma u prirodi (svemiru) nazivamo kemijskim elementom. Dakle, u elementarnoj tvari spojeni su atomi istog kemijskog elementa, za razliku od kemijskih spojeva u kojima su spojeni atomi različitih kemijskih elemenata u točno određenim omjerima. [4]

Elementi su svrstani u 18 vertikalnih skupina i 7 horizontalnih perioda. Svaka skupina (kolona tablice) sadrži elemente koji imaju slična svojstva. Broj koji određuje položaj elementa u periodnom sustavu, odnosno vrstu atoma, naziva se redni ili atomski broj. Svojstva elemenata periodična su funkcija njihovog rastućeg atomskog broja.

**PERIODNI SUSTAV ELEMENATA**

<http://www.periodni.com/hr>

The image shows a detailed periodic table of elements. It includes a legend for element types: Metals (Metali), Nonmetals (Nemetali), Alkali metals (Alkalijski metali), Earth alkaline metals (Zemnoalkalijski metali), Transition metals (Prijelazni metali), Lanthanoids (Lantanoidi), Actinoids (Aktinoidi), Metalloids (Polumetali), Halogens (Halogeni elementi), and Noble gases (Plemeniti plinovi). It also indicates the aggregate state (AGREGATNO STANJE) at 25 °C and 101 kPa: Ne (gas), Fe (solid), Hg (liquid), and Tc (synthetic). The table lists elements from Hydrogen (H) to Oganesson (Og), including their atomic numbers, symbols, and names. Below the main table are the Lanthanoid and Actinoid series.

**LANTANOIDI**

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
LANTAN	CERIJ	PRASEODIMIJ	NEODIMIJ	PROMETIJ	SAMARIJ	EUROPIJ	GADOLINIJ	TERBIJ	DISPROZIJ	HOLMIJ	ERBIJ	TULIJ	ITERBIJ	LUTECIJ

**AKTINOIDI**

89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
AKTINIJ	TORIJ	PROTAKTINIJ	URANIJ	NEPTUNIJ	PLUTONIJ	AMERICIJ	KURIJ	BERKELIJ	KALIFORNIJ	EINSTEINIJ	FERMIJ	MENDELEVIJ	NOBELLIJ	LAWRENCIJ

Copyright © 2013 Eni Generali

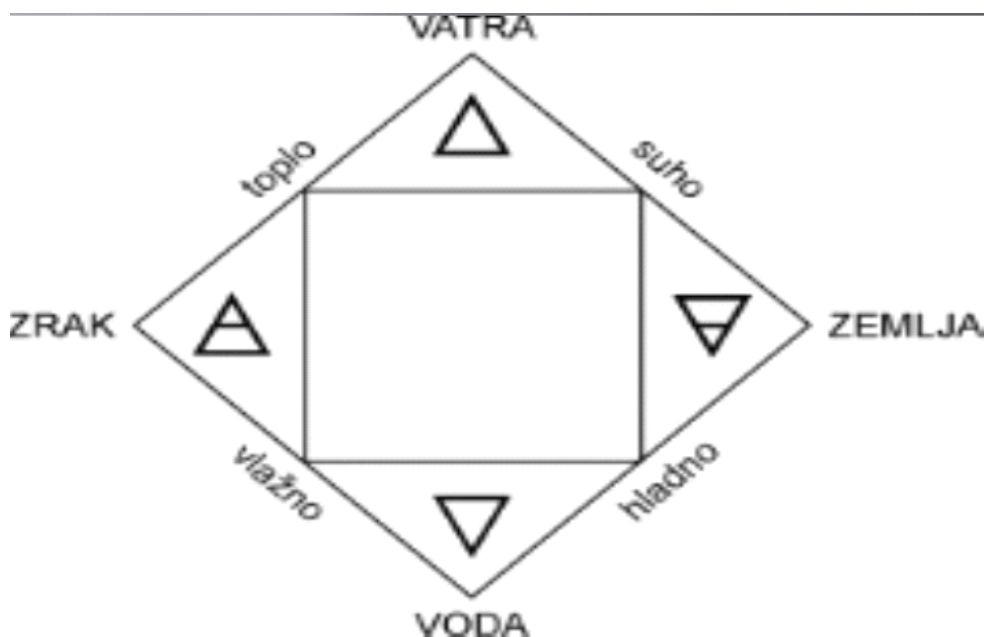
Slika 1. Shematski prikaz periodnog sustava elemenata



## 2. Povijesni pregled

### 2.1. Daleka povijest

Sami počeci elemenata i njihovih svojstava sežu od antičkih Grka. Stari grčki filozofi Tales (624.-546.), Anaksimandar (610.-546.) i Heraklit (540.-480.) tvrdili su da je sva materija sastavljena od jednog temeljnog principa - ili elementa. Tales je vjerovao da je ovaj element voda, njegov učenik Anaksimenes zrak, a Heraklit vatra. Empedoklo (490.-430.) je vjerovao da su sve tvari sastavljene od četiri elementa: zraka, zemlje, vatre i vode te da miješanjem tih tvari u raznim omjerima nastaje sve u prirodi. Stotinu godina kasnije Aristotel (384.-322.) prihvaća njegovu ideju o četiri elementa i dodaje materiji četiri osnovna svojstva: suho, toplo, vlažno i hladno. To je izgledalo razborito jer se, primjerice, moglo vidjeti kako se zapaljeno drvo raspada na tri elementa: vatru, zrak i zemlju. Od grčke ideje elementa zadržalo se jedino to da elementi imaju *karakteristična svojstva*.



Slika 2. Aristotelovi elementi i njihova obilježja

## **2.2. Suvremena povijest**

### **2.2.1 Počeci moderne kemije**

#### 2.2.1.1. Boyleov doprinos

Trebalo je proći skoro 2000 godina da netko ozbiljnije napadne Aristotelovu teoriju o četiri elementa i nešto suvremenija alkemičarska tri principa (živu, sumpor i sol). To je učinio 1661. "otac moderne kemije", englesko-irski kemičar i prirodoslovac, Robert Boyle (1627.-1691.) u svojoj knjizi "The Sceptical Chymist". Ne ulazeći u prirodu i broj elemenata, Boyle je definirao elemente kao jednostavne tvari, cigle od kojih su napravljene složenije tvari. Složena tijela su napravljena od elemenata i mogu biti rastavljena na te elemente kemijskom analizom.

### 2.2.1.2. Lavoisierov doprinos

Substances simples qui appartiennent aux trois règnes et qu'on peut regarder comme les éléments des corps	Substances simples non-métalliques oxydables et acidifiables	Substances simples métalliques oxydables et acidifiables		Substances simples salifiables terreuses
Lumière Calorique Oxygène Azote Hydrogène	Soufre Phosphore Carbone Radical muriatique Radical fluorique Radical boracique	Antimoine Argent Arsenic Bismuth Cobalt Cuivre Étain Fer Manganèse	Mercure Molybdène Nickel Or Platine Plomb Tungstène Zinc	Chaux (CaO) Magnésie (MgO) Barite (BaO) Alumine (KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 12H <sub>2</sub> O) Silice (SiO <sub>2</sub> )

Slika 3. Lavoisierova tablica jednostavnih tvari

Prvu tablicu kemijski jednostavnih tvari dao je 1789. francuski kemičar Antoine-Laurent Lavoisier (1743.-1794.) u knjizi "Traité Élémentaire de Chimie". U tom klasičnom djelu Lavoisier se pobrinuo za jezgrovita objašnjenja kako svojeg rada tako i onog njegovih prethodnika. Razjasnio je razliku između elemenata i spojeva i pomogao u smišljanju modernog sustava kemijske terminologije. Njegova tablica elemenata, jednostavnih tvari koje se ne mogu dalje rastaviti i iz kojih je sva druga materija napravljena, sadržavala je 33 elementa podijeljena u četiri skupine: plinove, nemetale, metale i zemlje.

Nakon Lavoisiera sustavni pristup i nove eksperimentalne tehnike uskoro su dovele do otkrića mnoštva novih elemenata. Bilo je potrebno nepunih pedeset godine nakon objave njegove knjige da se broj poznatih elemenata udvostruči. Dvije su tehnike u tome imale značajnu ulogu: elektroliza i velika redukcijska moć alkalijskih metala bili su sjajan alat za izoliranje, a atomska spektroskopija za identifikaciju novih elemenata.

### 2.2.1.3. Daltonov doprinos

Simple Elements					
Fig. 1	Hydrogen, its rel. weight	1	Fig. 11	Strontites (SrO)	46
Fig. 2	Azote	5	Fig. 12	Barytes (BaO)	68
Fig. 3	Carbone or charcoal	5	Fig. 13	Iron	38
Fig. 4	Oxygen	7	Fig. 14	Zinc	56
Fig. 5	Phosphorus	9	Fig. 15	Copper	56
Fig. 6	Sulphur	13	Fig. 16	Lead	95
Fig. 7	Magnesia (MgO)	20	Fig. 17	Silver	100
Fig. 8	Lime (CaO)	23	Fig. 18	Platina	100
Fig. 9	Soda (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	28	Fig. 19	Gold	140
Fig. 10	Potash (K <sub>2</sub> O)	42	Fig. 20	Mercury	167
Binary, Ternary and Quaternary Compounds					
Fig. 21	An atom of water, composed of 1 of oxygen and 1 of hydrogen				8
Fig. 22	An atom of carbonic acid, 1 carbone + 2 oxygen				19
Fig. 23	An atom of sulphuric acid, 1 sulphur + 3 oxygen				34

Slika 4. Daltonovi elementi i njihove relativne atomske mase

Engleski kemičar John Dalton (1766.-1844.) predložio je 1803. svoje principe atomske teorije, sugerirajući da su svi elementi sastavljeni od sitnih, neuništivih čestica, zvanih atomi, koji su svi jednaki i imaju istu masu. Atomi nekog elementa mogu pri kemijskoj reakciji ući u molekule kemijskog spoja ili iz njih izaći, ali njihova ukupna masa u sustavu ostaje nepromijenjena. On je uveo pojam relativne atomske mase ( $A_r$ ), koja je predstavljala omjer mase atoma elementa i mase atoma vodika. [4]

Jednim je potezom Daltonova teorija podržala i postojanje atoma, a također navijestila da atomi svakog elementa imaju vlastite težine. [1]

#### 2.2.1.4. Berzeliusov doprinos

Element	Berzelius (1826)	Međunarodne (1935)
kisik	16,026	16,000
sumpor	32,24	32,06
fosfor	31,436	31,02
klor	35,47	35,457
ugljik	12,250	12,00
dušik	14,186	14,008
vodik	1,000	1,0078
silicij	$21,61 \times 1,5$	28,06
srebro	$108,31 \times 2$	107,88
olovo	213,208	207,22
bakar	63,415	63,57
kalcij	41,03	40,08
kaliј	$39,26 \times 2$	39,096
natriј	$23,31 \times 2$	22,997

Slika 5. Berzeliusove atomske težine iz 1826. u usporedbi s međunarodnim atomskim težinama iz 1935.

Izvor: Povijest kemije – Drago Grdenić [3]

Današnji sustav kemijskih simbola, temeljen na početnom slovu (i eventualno još jednom) latinskog imena elemenata uveo je 1813. švedski kemičar Jöns Jacob Berzelius (1779.-1848.). On je također 1818., nakon desetogodišnjeg ispitivanja preko 2000 spojeva, objavio atomske mase elemenata koje su, za ono vrijeme, bile zapanjujuće točne. Berzelius je smatrao da je kisik mnogo pogodnija jedinica od vodika, pa je relativne atomske mase elemenata računao tako da je masi kisika pridružio vrijednost 100.

Poslije Lavoisierove i Daltonove, glavnom kemijskom tablicom postala je Berzeliusova. Sadržavala je pouzdane podatke o atomskim težinama neophodnim kemičarima, koji bez kvantitativnih metoda više nisu bili uspješni. Kao temelj današnjoj, Berzeliusova tablica ostala je trajan prilog kemiji. Od Berzeliusa su kemičari baštinili i kemijske simbole slovima latiniziranog imena elementa.

### 2.2.1.5. Nekolicina Mendeljejevih prethodnika

#### Honorable mentions:

Sir Humphry Davy: - provodeći struju kroz taline dobio sitne kuglice metalnog kalija i te je iz kaustične sode izlučio natrij.

Kirchhoff i Bunsen: - razvili spektroskop za identificiranje novih elemenata (cezija i rubidija).

Johan Döbereiner: - bio je prvi od niza kemičara koji su prepoznali vezu između atomske mase i kemijskih svojstava. On je primijetio da je, u skupini triju elemenata sličnih kemijskih svojstava, atomska masa drugog člana "trijade" bila skoro točno u sredini atomskih masa druga dva elementa.

Amedeo Avogadro: - predložio je 1811. dvije hipoteze:

- 1) najmanje čestice nekog plina skupine su atoma – molekule
  - 2) jednaki volumeni različitih plinova, pri istom tlaku i temperaturi, sadržavaju jednak broj molekula.
- Ako znamo da je volumen kisika 16 puta teži nego isti volumen vodika i ako je atomska masa vodika 1, kisikova mora biti 16.

De Chancourtois: - primijetio je da elementi koji se nalaze okomito jedan iznad drugog imaju slična svojstava. Elementi jednakih svojstava pojavljivali su se u pravilnim vremenskim intervalima. [3]

Stanislao Cannizzaro: - tvrdio je da Avogadrove hipoteze vode direktno do atomske mase plinovitih elemenata, a otud do atomskih masa drugih elemenata.

John Newlands: - složio je elemente u uzastopni niz po rastućim relativnim atomskim masama, počevši s vodikom i završavajući s torijem. Kada je elemente složio po redu njihovih ekvivalenata (atomske mase prikazane kao višekratnici broja osam), s nekoliko manjih iznimaka, primijetio je da se elementi koji pripadaju istoj skupini obično pojave u istom redu. Također je primijetio da se brojevi podudarnih elemenata općenito razlikuju za 7 ili za neki višekratnik broja sedam.

Sredinom stoljeća bilo je sve očitije da postoji neka pravilnost u rasporedu elemenata. Elementi su se mogli poredati po njihovim uzlaznim atomskim težinama ili su se mogli grupirati u skupine sa sličnim svojstvima, ali opći raspored elemenata i dalje je bio neuhvatljiv.

## 2.2.2 Julius Lothar Meyer

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	B=11.0	Al=27.3		--		?In=113.4		Tl=202.7
			--		--		--	
	C=11.97	Si=28		--		Sn=117.8		Pb=206.4
			Ti=48		Zr=89.7		--	
	N=14.01	P=30.9		As=74.9		Sb=122.1		Bi=207.5
			V=51.2		Nb=93.7		Ta=182.2	
	O=15.96	S=31.98		Se=78		Te=128?		--
			Cr=52.4		Mo=95.6		W=183.5	
-	F=19.1	Cl=35.38		Br=79.75		I=126.5		--
			Mn=54.8		Ru=103.5		Os=198.6?	
			Fe=55.9		Rh=104.1		Ir=196.7	
		Co = Ni = 58.6			Pd=106.2		Pt=196.7	
Li=7.01	Na=22.99	K=39.04		Rb=85.2		Cs=132.7		--
					Ag=107.66		Au=196.2	
?Be=9.8	Mg=23.9	Ca=39.9		Sr=87.0		Ba=136.8		--
			Zn=64.9		Cd=111.6		Hg=199.8	

Slika 7. Meyerov PSE sa 54 elementa

Njemački kemičar Julius Lothar Meyer (1830.-1895.) ustanovio je da su fizičke osobine elementarnih tvari (atomska volumena, talište, vrelište, gustoća itd.) periodične funkcije relativne atomske mase.

Meyer je primijetio da je jedno od svojstava koje se pravilno mijenja s atomskom masom atomska volumena elemenata. Stavljajući relativne atomske mase kao apscisu, a atomske volumene kao ordinatu, dobio je isprekidanu krivulju i to s prekidima osobito oštro izraženim kod relativnih atomskih masa alkalijskih metala. Na temelju tih svojih otkrića sastavio je periodičku tablicu koja je jako nalikovala današnjoj i u kojoj je vodik imao posebno mjesto.

### 2.2.3. Dmitrij Ivanovič Mendeljejev

R e i h e n	Gruppe I. - R <sup>2</sup> O	Gruppe II. - RO	Gruppe III. - R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Gruppe IV. RH <sup>4</sup> RO <sup>2</sup>	Gruppe V. RH <sup>3</sup> R <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	Gruppe VI. RH <sup>2</sup> RO <sup>3</sup>	Gruppe VII. RH R <sup>2</sup> O <sup>7</sup>	Gruppe VIII. - RO <sup>4</sup>
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	- =44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	- =68	- =72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	- =100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	-	-	-	- - - -
9	(-)	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	-	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	-	-	
12	-	-	-	Th=231	-	U=240	-	- - - -

Slika 8. Mendeljejeva periodička tablica

Tijekom pisanja knjige "Principi kemije" Mendeljejev je potanko ispitivao odnose među svojstvima elemenata ne bi li napravio sustav koji bi ih klasificirao. Bilo je potrebno pronaći neki temeljni princip po kojem bi elemente mogao poredati jer je struktura cijele knjige ovisila o tome. Dotad su šezdeset i tri različita kemijska elementa bila poznata. Znalo se da svaki od elemenata sadrži drugačije atome i da atomi svakog elementa imaju svoja vlastita jedinstvena svojstva. Međutim, neki elementi posjedovali su slična svojstva što je omogućavalo da ih se klasificira zajedno po skupinama.

Mendeljejev je povezo problem elemenata i svoju omiljenu kartašku igru - pasijans. Upisao je imena elemenata na prazne karte, dodajući uz njih njihove atomske mase i kemijska svojstva. Nadao se da će se elementi složiti slično kao karte: po skupinama sličnih svojstava (kao boje u kartama) i u svakoj skupini poredati u nizu po veličini njihovih atomskih masa (oponašajući numerički niz u kartama). On je u svojoj glavi vidio kako se elementi slažu po njihovim atomskim težinama, a njihova svojstva ponavljaju u periodičkim intervalima. [3]

U prvoj objavljenj tablici, Mendeljejev je ostavio prazna mjesta za elemente koji su bili kasnije otkriveni. To su bili skandij, germanij i galij. Predvidio je njihova svojstva.



## 2.2.4. PSE nakon Mendeljejeva

Kasnijim istraživanjima dolazi se do konkluzije da je za atome jednog elementa karakteristična vrijednost atomski ili redni broj, a ne atomska masa. Svojstva kemijskih elemenata ovise o strukturi atoma te se s porastom atomskog broja strukture atoma mijenjaju i periodično ponavljaju. Tadašnja Mendeljejeva tablica više nema praznih mjesta, ona se nadopunila i proširila.

Lord Rayleigh i Sir William Ramsay izolirali su novi element iz zraka (argon) za koji u periodnom sustavu nije bilo mjesta. Do kraja 19. stoljeća Ramsay i njegovi suradnici izolirali su ostale plemenite plinove - neon, kripton i ksenon.

Skoro pedeset godina nakon Mendeljejeva, 1913., britanski kemičar Henrik Moseley (1887.-1915.) objavio je rezultate mjerenja valnih duljina rendgenskih zraka dobivenih s antikatodama raznih elemenata. On je primijetio da se valne duljine rendgenskih zraka pravilno mijenjaju u redu elemenata s rastućim atomskim masama. Moseley je svakom elementu u nizu dodijelio broj koji je nazvao rednim (atomskim) brojem elementa ( $Z$ ), i umjesto po atomskoj težini preuredio tablicu periodnog sustava po rastućim atomskim brojevima.

Nakon otkrića plutonija (1940.) američki fizičar Glenn Theodore Seaborg (1912.-1999.) predstavio je 1944. svoj "aktinoidni koncept" koji je postao temelj za mnoga važna otkrića u istraživanjima teških elemenata. Ovaj je koncept predviđao da će četrnaest aktinoida, koji su uključivali prvih jedanaest transuranijevih elemenata, formirati skupinu prijelaznih elemenata poput lantanoida. Proricanja kemijskih svojstava i rasporeda ovih teških elemenata pomoglo je Seaborgu i njegovim suradnicima da dodaju ukupno deset novih elemenata u periodni sustav (plutonij, americij, kurij, berkelij, kalifornij, einsteinij, fermij, mendelevij, nobelij i seaborgij).

Elementi polonij i radij su bili prvi elementi otkriveni po svojstvu radioaktivnosti. Njihovo otkriće, kao i otkriće drugih radioaktivnih izotopa, bilo je prvorazredno postignuće anorganske kemije.

Periodički zakon razotkrio je važne analogije među elementima, te je potakao zanimanje za anorgansku kemiju koje se održalo sve do danas tvorbom umjetnih, kratkoživućih elemenata u modernim akceleratorima. Od prvog Mendeljejevljeva referata predloženo je više od 700 različitih oblika periodnog sustava elemenata razvrstanih u 146 različitih tipova ili podtipova.

# 3. Obilježja periodnog sustava elemenata

		skupine																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
periode	1	1 <b>H</b> vodik 1,008																	2 <b>He</b> helij 4,003
	2	3 <b>Li</b> litij 6,941	4 <b>Be</b> berilij 9,012											5 <b>B</b> bor 10,81	6 <b>C</b> ugljik 12,01	7 <b>N</b> dušik 14,01	8 <b>O</b> kisik 16,00	9 <b>F</b> fluor 18,00	10 <b>Ne</b> neon 20,18
	3	11 <b>Na</b> natrij 22,99	12 <b>Mg</b> magnezij 24,31											13 <b>Al</b> aluminij 26,98	14 <b>Si</b> silicij 28,09	15 <b>P</b> fosfor 30,97	16 <b>S</b> sumpor 32,06	17 <b>Cl</b> klor 35,45	18 <b>Ar</b> argon 39,96
	4	19 <b>K</b> kalij 39,10	20 <b>Ca</b> kalcij 40,08	21 <b>Sc</b> skandij 44,96	22 <b>Ti</b> titanij 47,90	23 <b>V</b> vanadij 50,94	24 <b>Cr</b> krom 52,00	25 <b>Mn</b> mangan 54,94	26 <b>Fe</b> željezo 55,85	27 <b>Co</b> kobalt 58,93	28 <b>Ni</b> nikal 58,70	29 <b>Cu</b> bakar 63,55	30 <b>Zn</b> cink 65,38	31 <b>Ga</b> galij 69,72	32 <b>Ge</b> germanij 72,59	33 <b>As</b> arsen 74,92	34 <b>Se</b> selenij 78,96	35 <b>Br</b> brom 79,90	36 <b>Kr</b> kripton 83,80
	5	37 <b>Rb</b> rubidij 85,47	38 <b>Sr</b> stroncij 87,62	39 <b>Y</b> itrij 88,91	40 <b>Zr</b> cirkonij 91,22	41 <b>Nb</b> niobij 92,91	42 <b>Mo</b> molibden 95,94	43 <b>Tc</b> tehnecij (98)	44 <b>Ru</b> rutenij 101,1	45 <b>Rh</b> rodij 102,9	46 <b>Pd</b> palačij 106,4	47 <b>Ag</b> srebro 107,9	48 <b>Cd</b> kadmij 112,4	49 <b>In</b> indij 114,8	50 <b>Sn</b> ostonij 118,7	51 <b>Sb</b> antimon 121,8	52 <b>Te</b> telurij 127,6	53 <b>I</b> jod 126,9	54 <b>Xe</b> ksenon 131,3
	6	55 <b>Cs</b> cezij 132,9	56 <b>Ba</b> barij 137,3	57 <b>La</b> lantani 138,9	58 <b>Ce</b> cerij 140,1	59 <b>Pr</b> praseodimij 140,9	60 <b>Nd</b> neodimij 144,2	61 <b>Pm</b> prometij (145)	62 <b>Sm</b> samarij 150,4	63 <b>Eu</b> europij 152,0	64 <b>Gd</b> gadolinij 157,3	65 <b>Tb</b> terbij 158,9	66 <b>Dy</b> disprozij 162,5	67 <b>Ho</b> holmij 164,9	68 <b>Er</b> erbij 167,3	69 <b>Tm</b> tulij 168,9	70 <b>Yb</b> iterbij 173,0	71 <b>Lu</b> lutecij 175,0	72 <b>Rn</b> radon 222
	7	87 <b>Fr</b> francij (223)	88 <b>Ra</b> radij 226,0	89 <b>Ac</b> aktinij 227,0	90 <b>Th</b> torij (232)	91 <b>Pa</b> protaktinij (231)	92 <b>U</b> uranij (238)	93 <b>Np</b> neptunij (237)	94 <b>Pu</b> plutonij (244)	95 <b>Am</b> americij (243)	96 <b>Cm</b> kuri (247)	97 <b>Bk</b> berkelij (247)	98 <b>Cf</b> kalifornij (251)	99 <b>Es</b> ehsenhajmij (252)	100 <b>Fm</b> fermij (257)	101 <b>Md</b> mendelēvij (258)	102 <b>No</b> nobelij (259)	103 <b>Lr</b> lawrencij (262)	104 <b>Og</b> oganeson (285)

140 <b>Ce</b> cerij 140,1	141 <b>Pr</b> praseodimij 140,9	142 <b>Nd</b> neodimij 144,2	143 <b>Pm</b> prometij (145)	144 <b>Sm</b> samarij 150,4	145 <b>Eu</b> europij 152,0	146 <b>Gd</b> gadolinij 157,3	147 <b>Tb</b> terbij 158,9	148 <b>Dy</b> disprozij 162,5	149 <b>Ho</b> holmij 164,9	150 <b>Er</b> erbij 167,3	151 <b>Tm</b> tulij 168,9	152 <b>Yb</b> iterbij 173,0	153 <b>Lu</b> lutecij 175,0
232 <b>Th</b> torij (232)	231 <b>Pa</b> protaktinij (231)	230 <b>U</b> uranij (238)	237 <b>Np</b> neptunij (237)	244 <b>Pu</b> plutonij (244)	243 <b>Am</b> americij (243)	247 <b>Cm</b> kuri (247)	251 <b>Bk</b> berkelij (247)	254 <b>Cf</b> kalifornij (251)	257 <b>Fm</b> fermij (257)	258 <b>Md</b> mendelēvij (258)	259 <b>No</b> nobelij (259)	260 <b>Lr</b> lawrencij (262)	

<b>A</b>	<b>Z</b>	<b>X</b>
ime	ime	ime
$A_r$	$A_r$	$A_r$

A – nukleonski broj najčešćega izotopa  
 Z – protonski broj  
 $A_r$  – relativna atomska masa

metali    
  nemetali    
  polumetali

Slika 9. Suvremena tablica PSE

Suvremena tablica periodnoga sustava, prema preporuci Međunarodne unije za čistu i primijenjenu kemiju (IUPAC, 1988.), sadrži 7 perioda i 18 skupina elemenata. Svi su elementi u periodnome sustavu naznačeni svojim kemijskim simbolima, kojima se dodaju oznake: atomski broj (redni broj) kao lijevi supskript, a maseni broj kao lijevi superskript. Elementi su podijeljeni na: metale, nemetale i polumetale. Metali se nalaze na lijevoj strani i u sredini, nemetali na desnoj strani, a između njih su polumetali (metaloidi). Oni pokazuju kemijska i fizikalna svojstva koja su na prijelazu između svojstava karakterističnih za metale i nemetale. To su: bor, silicij, germanij, arsen, antimon, telurij i astat.

### 3.1. Periode

U periodnom sustavu elemenata, elementi su raspoređeni u niz vodoravnih redova (perioda) tako da se istovremeno oni sa sličnim svojstvima nalaze u okomitim kolonama. Broj elemenata u pojedinim periodama određen je redosljedom popunjavanja pojedinih energetske nivoa orbitalnim elektronima. S obzirom na to slijedi li popunjavanje s, p, d ili f energetske nivoa, PSE je podijeljen u četiri dijela. Elementi iste periode imaju isti broj elektronskih ljusaka; sa svakom sljedećom grupom uzduž perioda, elementi imaju jedan proton i elektron više i postaju manje metalni. Ovakvo uređenje prikazuje periodično vraćanje sličnih svojstava kako se redni broj povećava. Svaka perioda počinje alkalnim metalom, osim prve koja započinje vodikom, a završava plemenitim plinom. Razlikujemo male i velike periode, a sama dužina perioda je određena brojem podnivoa, koji se popunjavaju pri formiranju periode.

### 3.2. Skupine

Kemijska skupina elemenata ili kemijski niz elemenata je grupa elemenata koja se nalazi ili u jednom stupcu u tablici periodnog sustava elemenata ili u susjednim stupcima, a dijele slična kemijska svojstva. Skupine su okomiti stupci u PSE koje se označavaju brojem koji se nalazi iznad svake skupine. PSE dijelimo na **elemente glavnih skupina**, dok se u osamnaestoj skupini nalaze **plemeniti plinovi**. U centralnom dijelu sustava se nalaze elementi koji se nazivaju **prijelazni metali**.

**Alkalijski metali** (ili alkalijske kovine) su elementi 1. skupine periodnog sustava: litij, natrij, kalij, rubidij, cezij i francij. Mekani su i male gustoće. Kako se spajaju s kisikom, burno reagiraju s vodom dajući vodik i hidrokside (alkalije). Zbog svoje velike kemijske reaktivnosti pojavljuju se u prirodi samo u spojevima, koji su gotovo svi lako topljivi u vodi.

**Zemnoalkalijski metali** su elementi 2. skupine periodnog sustava elemenata: berilij, magnezij, kalcij, stroncij, barij i radij. S iznimkom radija, ubrajaju se u lake metale koji se brzo oksidiraju na zraku. S obzirom na alkalijske metale, teže stvaraju kationepostojaniji su i manje reaktivni, većinom jako oboje plamen. Nazivaju se zemnoalkalijskima jer, kao i alkalijski metali, tvore jake lužine, a uz to su i sastojci Zemljine kore.

**Prijelazni elementi** su kemijski elementi u sredini tablice, tj. oni koji čine prijelaz između njezine lijeve i desne strane, čine elemente od 3. do 12. skupine i popunjavaju unutrašnje podljuske d i f. U prijelazne elemente svrstavaju se elementi rednih brojeva 21–28 (skandij do nikal), 39–46 (itrij do paladij), 57–78 (lantan do platina) i 89–112 (aktinij do kopernicij), a u širem smislu još i bakar, cink, srebro, kadmij, zlato, živa i rentgenij. U to su, dakle, uključeni i lantanoidi i aktinoidi, koji se zajednički nazivaju unutrašnjim prijelaznim elementima. Prijelazni elementi izrazitih su metalnih svojstava, među njima se nalaze i najvažniji tehnički metali, npr. željezo.

**Borova skupina (13.skupina)** je skupina kojoj pripadaju predstavnici bor, zatim aluminij, galij, indij i talij te sintetski dobiven kemijski element ununtrij.

**Ugljikova skupina (14.skupina)** sadrži elemente 14. skupine periodnog sustava elemenata: ugljik, silicij, germanij, kositar, olovo i flerovij. Zbog slične elektronske konfiguracije i četverovalentnosti svih elemenata ove skupine, moguće je predvidjeti uzorke u njihovim svojstvima.

**Dušikova skupina (15.skupina)** sadrži elemente 15. skupine periodnog sustava elemenata: dušik, fosfor, arsen, antimon, bizmut i moskovij. Dušikova skupina sastoji se od dva nemetala (jedan plinovit, drugi krut), dva polumetala, i jednog metala. Svi su elementi krutog agregatnog stanja pri sobnoj temperaturi osim plinovitog dušika.

**Halkogeni elementi** su elementi 16. skupine periodnog sustava: kisik, sumpor, selenij, telurij, polonij i livermorij. Ulaze u sastav ruda. Otuda vuku i porijeklo imena.

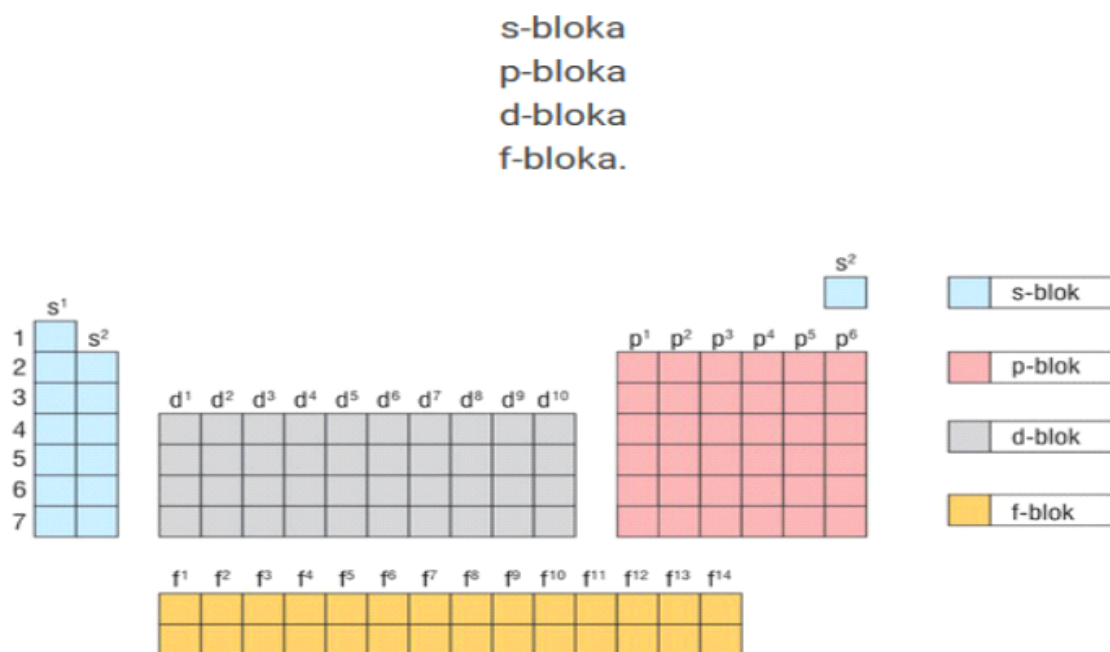
U **17. skupinu (halogeni elementi)** periodnog sustava spadaju fluor (F), klor (Cl), brom (Br), jod (I), astat (At) i tenesin (Ts). Zajedničkim imenom nazivaju se halogenima (oni koji tvore soli) zbog toga što izravno s metalima daju soli.

Čine kovalentne i ionske spojeve. [2]

**Plemeniti plinovi (18.skupina)** predstavljaju skupinu elemenata u koju spadaju: helij, neon, argon, kripton, ksenon, radon i ununoktij. Ovi su se elementi počeli koristiti tek 1910. kada je otkriveno da električna struja pri prolasku kroz njih daje obojenu svjetlost. Do te godine imali su samo teoretski značaj. Zajednička je oznaka elektronske konfiguracije ove skupine  $ns^2 np^6$  (s izuzetkom helija čija je konfiguracija  $ns^2$ ) s popunjenim valentnim orbitalama.

# 4. Elektronska konfiguracija

Elementi u periodnom sustavu dijele se u blokove prema vrsti orbitale koja se posljednja popunjava elektronima, pa prema tome razlikujemo elemente:



Slika 10. Prikaz blokova u PSE

Raspored elektrona u nekom atomu po ljuskama, podljuskama i orbitalama naziva se elektronskom konfiguracijom. Periodičkomu ponavljanju kemijskih i fizikalnih svojstava elemenata uzrok je periodička sličnost elektronske konfiguracije atoma elemenata poredanih po rastućem atomskom broju. Nova perioda u periodnom sustavu započinje kada se u elektronskoj konfiguraciji atoma počne popunjavati nova elektronska ljuska. Stoga atomi elemenata u jednoj periodi imaju jednak broj ljusaka, ali različit broj elektrona u vanjskoj ljusci (valentni elektroni). Suprotno, atomi elemenata unutar jedne skupine (stupac) imaju različit broj ljusaka, ali im je broj valentnih elektrona jednak. Druga ljuska sadrži dvije podljuske, treća tri, četvrta četiri i označavaju se slovima s, p, d, f. Elektroni koji zauzimaju istu orbitalu moraju imati suprotan spin. Kako broj valentnih elektrona određuje kemijska svojstva elementa, elementi jedne skupine imaju slična kemijska svojstva.

**Hundovo pravilo maksimalnog multipliciteta** ili samo Hundovo pravilo je prvo od tri pravila koje je postavio njemački fizičar Friedrich Hund. Hundova pravila se koriste u atomskoj fizici i vezana su za obilježavanje elektronske konfiguracije, točnije predviđanja položaja elektrona po orbitalama u osnovnom stanju atoma. Prvo pravilo, Hundovo pravilo maksimalnog multipliciteta, nalazi veliku primjenu u kemiji, a glasi:

Orbitale jednakog sadržaja energije, tzv. degenerirane orbitale, popunjavaju se tako da što više podorbitala bude djelomično popunjeno (jednim elektronom) i to istog spina, prije nego što počne potpuno ispunjavanje podorbitala. Takvo popunjavanje je energetska najpovoljnije.

Drugim riječima, za degenerirane orbitale najniže energetska stanje je ono u kojemu je isti broj elektrona sa istim spinom maksimalan.

Hundovo pravilo je zasnovano na posmatranju atomskih spektara, 1925. godine.

# 5. Periodičnost fizikalnih svojstava

## Polumjer atoma

Radijus atoma predstavlja polovicu međuatomske udaljenosti dvaju istovrsnih atoma, koji su u dodiru, ali nisu međusobno povezani ni kovalentnom ni ionskom vezom, već vrlo slabom Van der Waalsovom vezom.

Polumjeri atoma se u periodi smanjuju od lijeva na desno porastom atomskog broja. Polumjer atoma kroz skupinu raste s porastom atomskog broja, odozgo prema dolje.

Do vrijednosti atomskog radijusa dolazi se na temelju eksperimenta, odnosno kristaliziranjem metala u nekoj od kristalnih rešetki. [2]

## Energija ionizacije

Energija potrebna da se elektron ukloni iz atoma naziva se energija ionizacije. Ona je najmanja je za prvi elektron i za svaki idući raste jer se elektron sada uklanja s pozitivno nabijenog, a ne neutralnog atoma. Prva energija ionizacije – energija potrebna za udaljavanje prvog elektrona iz električki nenabijene čestice.

Druga energija ionizacije – energija potrebna za udaljavanje drugog elektrona, veća je od prve energije ionizacije.

Jedinica za energiju ionizacije jest elektronvolt (eV). [2]

Energija ionizacije opada u istoj skupini periodnog sustava s porastom atomskog broja elementa, a u istoj periodi raste s porastom atomskog broja.

## Afinitet prema elektronu

Atomi nemetala imaju skoro popunjenu valentnu ljusku i mogu primanjem elektrona postići energetsku povoljniju elektronsku konfiguraciju plemenitog plina (afinitet atoma prema elektronu).

Pri tome nastaju negativno nabijeni ioni. [2]

Elektronski afinitet raste unutar periode od 1. prema 18. skupini.

Porastom atomskog broja kroz skupinu afinitet prema elektronu se smanjuje.

## 6. Nova otkrića

Budući da su u današnje vrijeme otkrića novih kemijskih elemenata vrlo rijetka, svako novo otkriće izaziva veliku pozornost.

Novo otkrivenih elemenata nema u prirodi, stvoreni su umjetno u istraživačkim laboratorijima u strogo kontroliranim uvjetima. Četiri elementa s protonskim brojevima 113, 115, 117 i 118 popunili su do kraja 7 periodu PSE-a.

Oni su prvotno dobili ime po rednom broju ununtrij, ununpentij, ununseptij i ununoktij. Početkom prosinca 2016. godine Međunarodna organizacija za čistu i primjenjenu kemiju (IUPAC) službeno je uvrstila nova imena za navedene kemijske elemente.

Nova imena kemijskih elemenata su:

- Nihonij (Nh) za element ununtrij
- Moskovij (Mc) za element ununpentij
- Tenesin (Ts) za element ununseptij
- Oganesson (Og) za element ununoktij.

Sva četiri novootkrivena elementa izrazito su nestabilna zbog vrlo velikog broja protona u njihovim jezgrama. Traju vrlo kratko, njihov životni vijek mjeri se u milisekundama.

### Najvažniji elementi

Značaj elemenata se mjeri prema rasprostranjenosti i važnosti. Sigurno je da su neki elementi važniji od drugih. Na primjer, možemo reći da je pet elemenata koji izgrađuju DNK (dušik, kisik, ugljik, vodik i fosfor) podjednako važno. Isto vrijedi i za druge osnovne elemente koji su potrebni ljudskom tijelu: cink, kalcij, kalij, željezo, magnezij itd. Postoje metali koji nisu prevažni za naš organizam, no nezaobilazni su u suvremenom načinu života (aluminij, uranij i mnogi drugi).



# 7. Literatura

- [1] John Emsley, *Vodič kroz elemente*, Zagreb, 2005.; Naslov izvornika: Natures building blocks
- [2] Sanja Kalambura, *Kemija*, Velika Gorica, 2013.
- [3] Drago Grdenić, *Povijest kemije*, Zagreb, 2001.
- [4] Ivan Filipović, Stjepan Lipanović, *Opća i anorganska kemija*, Zagreb, 1995.
- [5] [https://www.periodni.com/hr/povijest\\_periodnog\\_sustava\\_elemenata.html](https://www.periodni.com/hr/povijest_periodnog_sustava_elemenata.html) pristupljeno 30.08. 2019.
- [6] [http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search\\_by\\_id](http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id) pristupljeno 01.09.2019.
- [7] <https://www.instrukcije-poduka.com/periodni-sustav-elemenata.html> pristupljeno 01.09.2019.
- [8] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Periodni\\_sustav\\_elemenata](https://hr.wikipedia.org/wiki/Periodni_sustav_elemenata) pristupljeno 29.08.2019.
- [9] <https://www.srednja.hr/zabava/geek-kutak/znanost/novi-elementi-i-sluzbeno-uvrsteni-u-periodni-sustav-elemenata/> pristupljeno 02.09.2019.
- [10] [http://www.skole.hr/dobro-je-znati/osnovnoskolci?news\\_id=152](http://www.skole.hr/dobro-je-znati/osnovnoskolci?news_id=152) pristupljeno 02.09.2019.
- [11] <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/e78bfca5-654d-4dcc-b431-7b505feb6fa4/kemija-1/m02/j04/index.html> pristupljeno 01.09.2019.
- [12] [https://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%A5%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE\\_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%BE\\_%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B3\\_%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%B0](https://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%A5%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%BE_%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B3_%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%B0) pristupljeno 02.09.2019.

# 8. Popis slika

<a href="#">Slika 1. Shematski prikaz periodnog sustava elemenata</a>	<a href="#">1</a>
<a href="#">Slika 2. Aristotelovi elementi i njihova obilježja</a>	<a href="#">2</a>
<a href="#">Slika 3. Lavoisierova tablica jednostavnih tvari</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Slika 4. Daltonovi elementi i njihove relativne atomske mase</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Slika 5. Berzeliusove atomske težine iz 1826. u usporedbi s međunarodnim atomskim težinama iz 1935.</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Slika 7. Meyerov PSE sa 54 elementa</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">Slika 8. Mendeljejeva periodička tablica</a>	<a href="#">9</a>
<a href="#">Slika 9. Suvremena tablica PSE</a>	<a href="#">11</a>
<a href="#">Slika 10. Prikaz blokova u PSE</a>	<a href="#">14</a>

## 9. Životopis

Josip Ojvan rođen je 12.05.1994. godine u Osijeku. Pohađao je osnovnu školu Ljudevita Gaja u naselju Zeleno polje. Godine 2009. upisuje I. Gimnaziju u Osijeku te završava sva četiri razreda sa vrlo dobrim uspjehom. Pokazuje afinitet za fiziku te ju 2013. godine upisuje. Akademska godina 2014./2015. je zamrznuta zbog zdravstvenih problema. Studiranje je u tijeku.