

### 6.1 Kemijski elementi i atomi

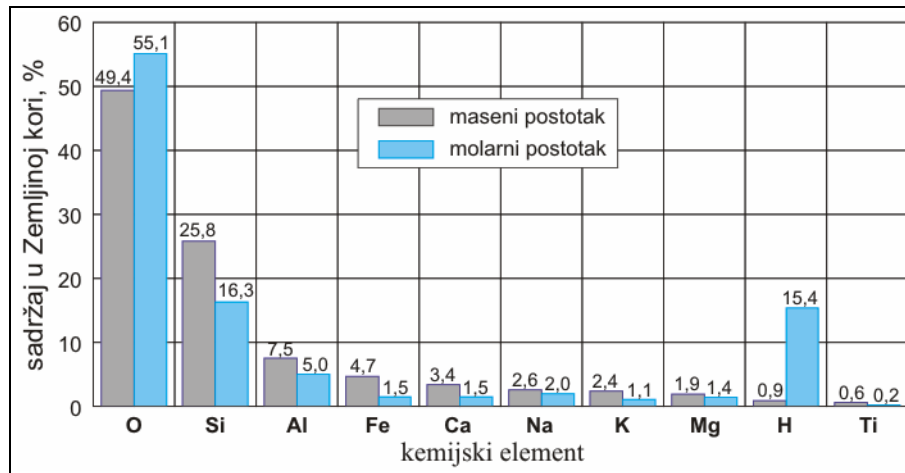
**Kemijski elementi** (skraćeno, elementi) različiti su oblici pojavljivanja supstancija koji se uobičajenim kemijskim postupcima ne mogu dalje razlagati na jednostavnije stabilne oblike pojavljivanja supstancija. Sadrže atome istih atomskih (rednih) brojeva (Fe, O<sub>2</sub>).

Internacionalno usvojeni **simboli** kemijskih elementa imaju višestruko značenje:

- (a) zamjenjuju nazive elemenata u tekstovima, tabelama i dijagramima,
- (b) označavaju jedan atom elementa u kemijskim formulama i jednadžbama,
- (c) označavaju jedan mol atoma elementa u stehiometrijskim i fizikalno kemijskim (toplinskim) izračunavanjima.

Pri normalnim uvjetima jedanaest je elemenata plinovito (H, O, N, F, Cl, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Ra), dva su tekuća (Br, Hg), dok su ostali kruti. Plemeniti plinovi se u prirodi javljaju u obliku atoma (He, Ne), a ostali plinovi u obliku dvoatomnih molekula (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>).

Deset najrasprostranjenijih elemenata u Zemljinoj kori (atmosfera, hidrosfera i vanjskih 16 km litosfere):



U prirodi se mali broj elemenata, uglavnom u malim količinama, nalazi u elementarnom obliku. Kao sirovine za industrijske postupke proizvodnje elemenata najčešće se koriste minerali – kemijski spojevi koje sadrži Zemljina kora. Iz spojeva se elementi proizvode pogodnim kemijskim postupcima:

- metalurškim (metali) i
- tehnološkim (nemetalni).

Pored rasprostranjenosti u zemljinoj kori na ekonomičnost proizvodnje nekog elementa, bitno utječe njegova rasutost – bakar (0,003 masenih % Cu) znatno je jeftiniji od daleko rasprostranjenijeg titana (0,6 mol % Ti) koji je veoma rasut.

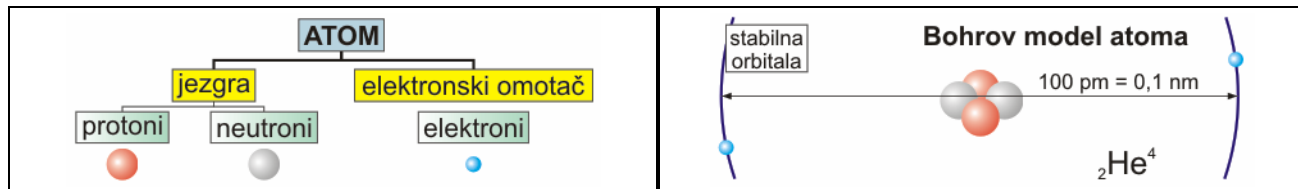
Zapaža se:

- ugljik, koji tvori osnovu organskih spojeva, pa time i živog svijeta, nema među prvih deset elemenata,
- vodik, druga osnova organskih spojeva (uglikovodici) i vode (H<sub>2</sub>O), s w<sub>H</sub> = 0,9 % zauzima deveto mjesto po kriteriju masenog sadržaja, odnosno s x<sub>H</sub> = 15,4 % zauzima treće mjesto po kriteriju molarnog sadržaja.

Ukupni postotni sadržaj 10 najrasprostranjenijih elemenata zemljine kore jednak je w<sub>10</sub> = 99,2 %, odnosno x<sub>10</sub> = 99,5 %. Svih ostalih kemijskih elemenata ima w<sub>ost</sub> = 0,8 %, odnosno x<sub>ost</sub> = 0,5 %. Bez oznaka w<sub>i</sub> i x<sub>i</sub> postotak se određuje kraticama mas % i mol %.

### 6.2 Struktura atoma i Bohrov model atoma

**Atomi** – najmanje čestice kemijskih elemenata. Strukturno, se razlikuju dva dijela atoma: jezgra i omotač.



**Bohrov model atoma:**

- (a) elektroni se gibaju oko jezgre po stabilnim sfernim orbitama polumjera r<sub>n</sub> (n – glavni kvantni broj), bez razmjene energije (u obliku elektromagnetskog zračenja) s okolinom,
- (b) pri prelasku elektrona iz jedne u drugu susjednu stabilnu orbitu razmjenjuje se s okolinom paket – «kvant» elektromagnetske energije (foton elektromagnetskog zračenja):

$$E = h \cdot \nu$$

h – Planckova konstanta = 6,626 · 10<sup>-34</sup> Js,  
ν – frekvencija elektromagnetskog zračenja, s<sup>-1</sup>.

Čestica	r (red veličina)	m/γg	q/aC	RAM	REN
proton	1 fm	1,6726	+ 0,16022	≈ 1	+ 1
neutron	1 fm	1,6749	0	≈ 1	0
elektron	1 am (u miru)	0,91094 · 10 <sup>-3</sup>	- 0,16022	≈ 0	- 1
jezgro	10 fm	≈ 1,7 ÷ 450	+0,16 ÷ +17	1 ÷ 266	+1 ÷ +100
atom	100 pm	≈ 1,7 ÷ 450	0	1 ÷ 266	0

r – polumjer, m – masa, q – električni naboj, RAM – relativna (atomska) masa, REN – relativni električni naboj

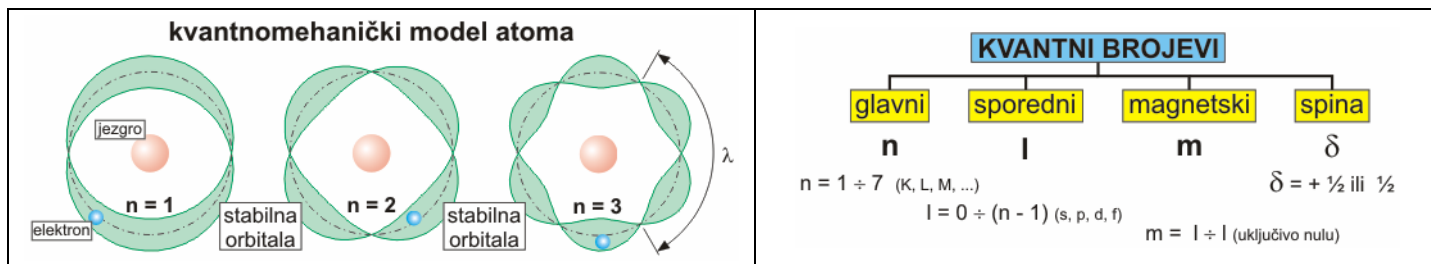
Od vodika (H), rednog broja 1, koji ima 1 proton i 1 elektron, svaki sljedeći element periodnog sustava kemijskih elemenata ima po jedan (1) proton i jedan (1) elektron više. (Broj neutrona i izotopi?)

oznaka izotopa atoma elementa ${}^A_Z E$	<b>atomski broj</b> (ili redni), Z ≡ broju protona (= broju elektrona, izuzev iona) <b>maseni broj</b> , A ≡ zbroju broja protona i broja neutrona
---	---

**Izotopi** – atomi elementa (isti Z) istih masa (isti A). Na primjer: <sup>12</sup><sub>6</sub>C (relativna obilnost nalaženja: 98,90 mol %), <sup>16</sup><sub>8</sub>O (99,76), <sup>17</sup><sub>35</sub>Cl (75,77), <sup>17</sup><sub>37</sub>Cl (42,23). Tri izotopa vodika imaju i posebne nazive: protij, <sup>1</sup><sub>1</sub>H, deuterij, <sup>2</sup><sub>1</sub>H (0,015 %), i tricij, <sup>3</sup><sub>1</sub>H.

### 6.3 Kvantnomehanički model atoma i kvantni brojevi

**Kvantnomehanički model atoma:** gibanje elektrona oko jezgre atoma je usporedivo s valnim gibanjem, (stojni valovi i valna funkcija).



**Schrödingerova jednadžba** opisuje položaje i energije elektrona u omotaču atoma:

$$\frac{\hbar^2}{8 \cdot m \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + U(x, z, y) \cdot \Psi = E \cdot \Psi$$

Planck-ova konstanta:  $\hbar^2$   
 masa elektrona:  $m$   
 kinetička energija:  $K(x, z, y) \cdot \Psi$   
 koordinate:  $x, y, z$   
 potencijalna energija:  $U(x, z, y)$   
 valna funkcija:  $\Psi$   
 ukupna energija:  $E$

Rješenja Schrödingerove parcijalne diferencijalne jednadžbe za pojedine elektrone se dobivaju uvrštavanjem četiri kvantna broja:

**Glavnim kvantnim brojem (n)** određena je ljuska u kojoj se kreće elektron i energetska razina elektrona. Svi elektroni atoma s istim n pripadaju istoj ljusci, ali nemaju istu energiju. Najveća vrijednost n atoma kemijskog elementa određuje periodu (red) periodnog sustava kemijskih elemenata kojoj element pripada.

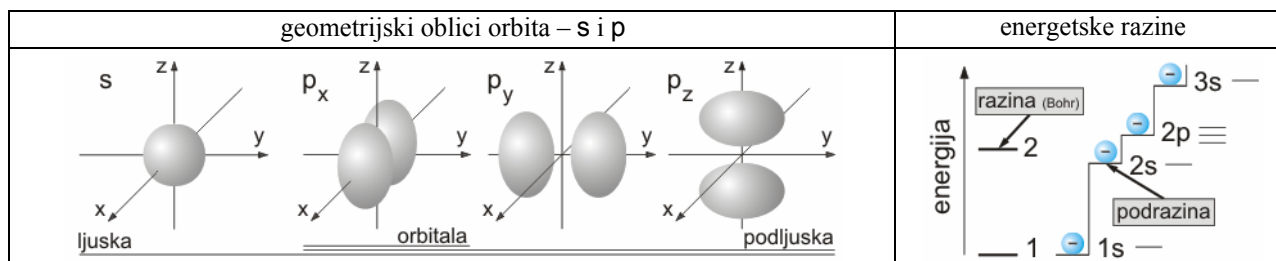
**Sporednim kvantnim brojem (l)** određena je podljuska u kojoj se kreće elektron i energetska podrazina elektrona. Svi elektroni atoma s istim n i l pripadaju istoj podljusci i imaju istu energiju.

**Magnetnim kvantnim brojem (m)** određena je prostorna orijentacija orbite u kojoj se kreće elektron. Elektroni s istim kvantnim brojevima n, l i m pripadaju istoj orbiti. Zbog valne prirode kretanja elektrona orbite nisu plošne nego zauzimaju određene volumene.

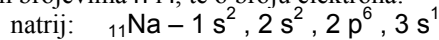
**Kvantnim brojem spina (delta)** određena je kutna količina gibanja elektrona.

Rezultati dobiveni primjenom Schrödingerove jednadžbe se slažu s rezultatima eksperimentalnih istraživanja.

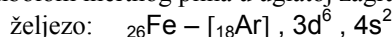
### 6.4 Popunjavanje elektronskih omotača atoma



**Formule podljuski** sadrže informacije o kvantnim brojevima n i l, te o broju elektrona:



Dio strukture elektronskog omotača se označava simbolom inertnog plina u uglatoj zagradi:



čime se ističu elektroni koji sudjeluju u formiranju kemijskih veza – **valentni elektroni**.

Pored **ograničenja** vezanih uz kvantne brojeve treba imati u vidu:

- u elektronskom omotaču atoma ne mogu postojati dva elektrona sa sva četiri ista kvantna broja (Paulijev princip).
- prvo se popunjavaju podljuske sa nižim energijama, te povoljnijim rasporedima (popunjene i polupopunjene podljuske).

broj periode	oznaka orbitale				maksimalni broj elektrona
	$s^2$	$p^6$	$d^{10}$	$f^{14}$	
1	1s				2
2	2s	2p			8
3	3s	3p	3d		18
4	4s	4p	4d	4f	32
5	5s	5p	5d	5f	64
6	6s	6p	6d	6f	128
7	7s	7p	7d	7f	256

*lakše pamćenje*



### 6.7 Periodni sustav kemijskih elemenata – 1

n	1 (IA)																	18 (0)
1	<b>H</b> VODIK 1,008																	<b>He</b> HELIJ 4,003
2	<b>Li</b> LITIJ 6,941	<b>Be</b> BERILIJ 9,012	<b>B</b> BOR 10,81	<b>C</b> UGLJIK 12,01	<b>N</b> DUŠIK 14,01	<b>O</b> KISIK 16,00	<b>F</b> FLUOR 19,00	<b>Ne</b> NEON 20,18										
3	<b>Na</b> NATRIJ 22,99	<b>Mg</b> MAGNEZIJ 24,31	<b>Al</b> ALUMINIJ 26,98	<b>Si</b> SILICIJ 28,09	<b>P</b> FOSFOR 30,97	<b>S</b> SUMPOR 32,07	<b>Cl</b> KLOR 35,45	<b>Ar</b> ARGON 39,95										
4	<b>K</b> KALIJ 39,10	<b>Ca</b> KALCIJ 40,08	<b>Ga</b> GALIJ 69,72	<b>Ge</b> GERMANIJ 72,59	<b>As</b> ARSEN 74,92	<b>Se</b> SELENIJ 78,96	<b>Br</b> BROM 79,90	<b>Kr</b> KRIPTON 83,80										
5	<b>Rb</b> RUBIDIJ 85,47	<b>Sr</b> STRONCIJ 87,62	<b>In</b> INDIJ 114,8	<b>Sn</b> KOSITAR 118,7	<b>Sb</b> ANTIMON 121,8	<b>Te</b> TELURIJ 127,6	<b>I</b> JOD 126,9	<b>Xe</b> KSENON 131,3										
6	<b>Cs</b> CEZIJ 132,9	<b>Ba</b> BARIJ 137,3	<b>Tl</b> TALIJ 204,4	<b>Pb</b> OLOVO 207,2	<b>Bi</b> BIZMUT 209,0	<b>Po</b> POLONIJ (210)	<b>At</b> ASTATIN (210)	<b>Rn</b> RADON (222)										
7	<b>Fr</b> FRANCIJ (223)	<b>Ra</b> RADIJ (226)	<b>Uut</b> UNUNTRIUM	<b>Uuq</b> UNUNKVADIUM	<b>Uup</b> UNUNPENTIUM	<b>Uuh</b> UNUNHEKSIUM	<b>Uus</b> UNUNSEPTIUM	<b>Uuo</b> UNUNOKTIUM										

**E** plin  
**E** tekućina  
**E** krutina  
 sintetički

metal  
 nemetal  
 metaloid

Z – atomski (redni) broj kemijskog elementa  
 E – simbol kemijskog elementa  
 RAM – relativna atomska masa kemijskog elementa

Koliki je atomski broj i kolika je relativna atomska masa:

- vodika
- ugljika
- kisika
- natrija
- magnezija
- aluminija
- silicija
- klora
- olova

### 6.8 Periodni sustav kemijskih elemenata – 2

Nastavak tablice obuhvaća prelazne metale, lantanoide i aktinoide.

	(VIII)												
	3 (IIIA)	4 (IVA)	5 (VA)	6 (VIA)	7 (VIIA)	8	9	10	11 (IB)	12 (IIB)			
4	<b>Sc</b> SKANDIJ 44,96	<b>Ti</b> TITANIJ 47,88	<b>V</b> VANADIJ 50,94	<b>Cr</b> KROM 52,00	<b>Mn</b> MANGAN 54,94	<b>Fe</b> ŽELJEZO 55,85	<b>Co</b> KOBALT 58,93	<b>Ni</b> NIKAL 58,69	<b>Cu</b> BAKAR 63,55	<b>Zn</b> CINK 65,39			
5	<b>Y</b> ITRIJ 88,91	<b>Zr</b> CIRKONIJ 91,22	<b>Nb</b> NIOBIJ 92,91	<b>Mo</b> MOLIBDEN 95,94	<b>Tc</b> TEHNIJ (98)	<b>Ru</b> RUTENIJ 101,1	<b>Rh</b> RODIJ 102,9	<b>Pd</b> PALADIJ 106,4	<b>Ag</b> SREBRO 107,9	<b>Cd</b> KADMIJ 112,4			
6	<b>La</b> LANTAN 138,9	<b>Hf</b> HAFNIJ 178,5	<b>Ta</b> TANTAL 180,9	<b>W</b> VOLFRAM 183,9	<b>Re</b> RENIJ 186,2	<b>Os</b> OSMIJ 190,2	<b>Ir</b> IRIDIJ 192,2	<b>Pt</b> PLATINA 195,1	<b>Au</b> ZLATO 197,0	<b>Hg</b> ŽIVA 200,6			
7	<b>Ac</b> AKTINIJ (227)	<b>Rf</b> RATERFORDIJ (261)	<b>Db</b> DUBNIJ (262)	<b>Sg</b> SIBORDŽIJ (263)	<b>Bh</b> BORIJ (263)	<b>Hs</b> HESIJ (262)	<b>Mt</b> MEITNERIJ (265)	<b>Uun</b> UNUNNIUM (266)	<b>Uuu</b> UNUNUNIUM (269)	<b>Uub</b> UNUNBIUM			

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
<b>Ce</b> CERIJ 140,1	<b>Pr</b> PRASEODIMIJ 140,9	<b>Nd</b> NEODIMIJ 144,2	<b>Pm</b> PROMETIJ (147)	<b>Sm</b> SAMRIJ 150,4	<b>Eu</b> EUROPIJ 152,0	<b>Gd</b> GADOLINIJ 157,3	<b>Tb</b> TERBIJ 158,9	<b>Dy</b> DISPROZIJ 162,5	<b>Ho</b> HOLMIJ 164,9	<b>Er</b> ERBIJ 167,3	<b>Tm</b> TULIJ 168,9	<b>Yb</b> ITERBIJ 176,0	<b>Lu</b> LUTECIJ 175,0
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
<b>Th</b> TORIJ 232,0	<b>Pa</b> PROTAKINIJ 231,0	<b>U</b> URANIJ 238,0	<b>Np</b> NEPTUNIJ 237,0	<b>Pu</b> PLUTONIJ (244)	<b>Am</b> AMERICIJ (243)	<b>Cm</b> KIRIJ (247)	<b>Bk</b> BERKELIJ (247)	<b>Cf</b> KALIFORNIJ (251)	<b>Es</b> EINSTEINIJ (252)	<b>Fm</b> FERMIJ (257)	<b>Md</b> MENDELJEVIJ (258)	<b>No</b> NOBELIJ (259)	<b>Lr</b> LAWRENCIJ (260)

**E** plin  
**E** tekućina  
**E** krutina  
 sintetički

metal  
 nemetal  
 metaloid

Predmet mikroanaliza su strukture koje formiraju čestice (atomi, molekule) i promjene struktura (kemijske reakcije), dok se u makroanalizi koriste lako mjerljive veličine, prije svega – masa. Spona je količina supstancija od 1mol čestica. (~ 6•10<sup>23</sup> jedinki)

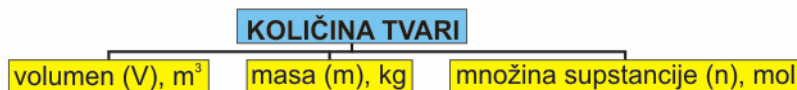
Kolika je masa 1 mol: kroma, željeza, bakra, molibdena, volframa i žive ?

Kolika je množina supstancije sadržana u 1 kg: kroma, željeza, bakra, molibdena, volframa i žive ?



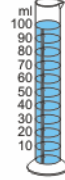
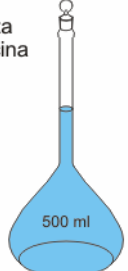



### 6.9 Količina supstancije

Prilikom analize fizikalno-kemijskog sustava, prije svega, potrebno je odrediti aktualne količine sadržanih supstancija.



Masa i volumen se mjere, a množina supstancije izračunava.

 laboratorijska vaga	laboratorijska oprema za mjerenje volumena tekućina  kemijska čaša  menzura  odmijerna boca  pipeta	<p><b>Volumeni</b> fluida (tekućine i plinovi) mjere se pogodnom laboratorijskom opremom ili se određuju na osnovu rezultata mjerenja duljina (dimenzije spremnika).</p> <p>Točnost rezultata mjerenja volumena tekućina s laboratorijskom opremom će biti to veća što je moguće točnije odrediti razinu tekućine (elipsa prelazi u duž).</p> <p>Volumeni krutina se određuju na osnovu rezultata mjerenja dimenzija, a često i indirektno na osnovu rezultata mjerenja masa. (poznate gustoće krutina). Ponekad se mjere indirektno preko volumena istisnute tekućine.</p>
--	---	---

Masa se mjeri različitim vagama, od laboratorijskih analitičkih (dopuštenog opterećenja  $m_{max} = 200$  g, točnosti  $\epsilon = \pm 0,5$  mg) do nagaznih kolskih (dopuštenog opterećenja  $m_{max} = 10$  t, točnosti  $\epsilon = \pm 0,5$  kg).

Dovoljno je zapamtiti:

**mol sadrži 6·10<sup>23</sup> čestica**

Točnije, dvanaest grama (točan brojčani iznos: 0,012 kg = 0,01200000...) ugljikovog izotopa  ${}^{12}_6\text{C}$  sadrži  $(6,022045 \pm 0,000031) \cdot 10^{23}$  (približan brojčani iznos) atoma i ovaj je broj usvojen kao osnovna jedinica za množinu supstancije – mol.

**Jednadžbe za preračunavanje** masa/volumen/množina supstancije:  $m = \rho \cdot V$  ( $\rho$  – gustoća)       $m = n \cdot M$  ( $M$  – molarna masa)

**Molarna masa (M), kg·mol<sup>-1</sup>** – masa množine 1 mol atoma ili molekula supstancije.

kemijski elementi:	kemijski spojevi:
$\{M\} [\text{g/mol}] = \{RAM_E\} [-] = \{RMM_S\} [-]$	$RMM_S = \sum x_E \cdot RAM_i$

- gdje je:  $RAM_E$  – relativna atomska masa elementa E, –, (nalaze se u tablicama periodnog sustava kemijskih elemenata)  
 $RMM_S$  – relativna molekulska masa spoja S (elementa E), opisanog formulom, –.  
 $RAM_i$  – relativna atomska masa i-tog elementa sadržanog u spoju S, –,  
 $x_E$  – broj atoma E-tog elementa u formuli kojom se opisuje spoj S (opća oznaka E se zamjenjuje simbolom elementa).

### 6.10 Preračunavanja raznih oblika izražavanja količina supstancija

Pri preračunavanjima se koriste formule ili prosto pravilo trojno.

Formule:

**Gustoća** – skalarna veličina kojom se opisuje omjer mase i volumena. Koristi se za preračunavanja  $m \Leftrightarrow V$ .

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ kg/m}^3, \text{ kg/dm}^3$$

supstancija	$\rho, \text{ kg/m}^3$ (0 °C, 1 bar)	supstancija	$\rho, \text{ kg/dm}^3$
vodik (H <sub>2</sub> )	0,09	voda (H <sub>2</sub> O)	1,0
kisik (O <sub>2</sub> )	1,43	aluminij (Al)	2,7
zrak (–)	1,29	željezo (Fe)	7,8
ugljik-dioksid (CO <sub>2</sub> )	1,98	živa (Hg)	13,6

**Molarna masa** (bilo bi korektnije koristiti termin „množinska masa“ – masa po jediničnoj množini, ali to nije uobičajeno i treba jednostavno prihvatiti termin „molarna masa“) – opisuje se omjer mase i množine. Koristi se za preračunavanja  $m \Leftrightarrow n$ .

$$M_n = \frac{m}{n}, \text{ g/mol}$$

supstancija	M, g/mol	supstancija	M, g/mol
vodik (H <sub>2</sub> )	2	voda (H <sub>2</sub> O)	18
kisik (O <sub>2</sub> )	32	aluminij (Al)	27
zrak (–)	29 (?)	željezo (Fe)	56
ugljik-dioksid (CO <sub>2</sub> )	44	živa (Hg)	201

Ako je jedinica g/mol, molarna masa ima brojčane vrijednosti jednake:

- (a) za kemijske elemente – relativnoj atomskoj masi (RAM),
- (b) za kemijske elemente s višeatomnim molekulama i kemijske spojeve – relativnoj formulskoj masi (RFM).

$$RFM_S = \sum_x (x_E \cdot RAM_E)$$

gdje je:  $x_E$  – broj atoma E-tog elementa u molekuli j-tog spoja ili molekuli j-tog elementa

Prosto pravilo trojno:

$$\frac{n \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = \frac{V \text{ dm}^3}{V_1 \text{ dm}^3}$$

$$n = \frac{V \cdot 1}{V_1} \text{ mol}$$

gdje je:  $V_1$  – volumen jednog mola, dm<sup>3</sup>

Ako se radi o idealnom plinu pri normalnim uvjetima (273 K, 100 kPa),  $V_1 = 22,1$  dm<sup>3</sup>, dok se za tekuće i krute supstancije vrijednosti nalaze u literaturi (priručnicima) ili određuju mjerenjima.

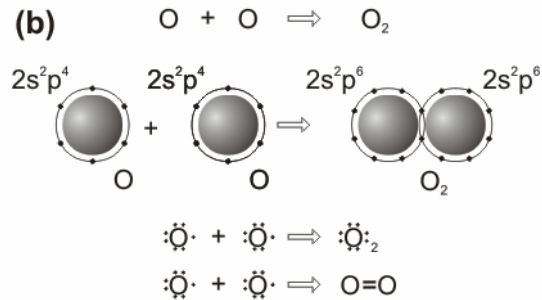
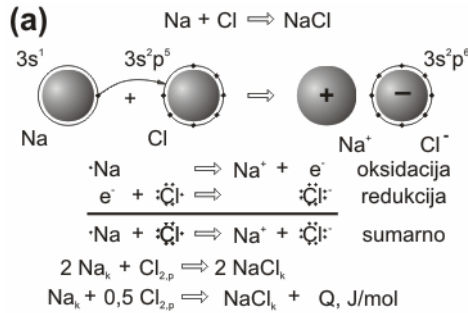
Koliki je volumen jednog mola vode?

### 6.11 Kemijske veze

**Kemijske veze** se uspostavljaju ako su formirane strukture elektronskih omotača kemijskih spojeva – u molekulama (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) ili u kristalima (NaCl, FeO) – energetski i/ili prostorno povoljnije od struktura elektronskih omotača atoma komponenti. Osobito su povoljne potpuno popunjene strukture omotača plemenitih plinova (He – 1s<sup>2</sup>, ...).

Pri sudarima atomi, u pravilu, teže formiranju strukture omotača najbližeg inertnog plina:

- (a) razmjenom elektrona – ionska veza ili
- (b) udruživanjem elektrona – kovalentna veza.



Broj otpuštenih elektrona opisuje se **oksidacijskim brojem (OB)**:

<b>SIMBOL IONA ELEMENTA</b> <sup>OB</sup> ⇒ H <sup>+</sup> , Ca <sup>+2</sup> , O <sup>-2</sup>	<b>FORMULA SLOŽENOG IONA</b> <sup>OB</sup> ⇒ OH <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
---	---

potencijalna energija, zJ  
odbojne sile  
rezultanta  
privlačne sile  
A + B razmak iona, pm

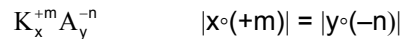
Pri uspostavljanju kemijskih veza atomi A i B uzajamno se približavaju uslijed djelovanja privlačnih sila na većim razmacima. Pozitivno naelektrizirana jezgra atoma A privlači negativno naelektrizirani elektronski omotač atoma B, kao što i negativno naelektrizirani elektronski omotač atoma A privlači pozitivno naelektriziranu jezgru atoma B.

S uzajamnim približavanjem atoma dolazi do izraženijeg porasta odbojnih sila (uzajamno se odbijaju negativno naelektrizirani elektronski omotači atoma A i B, te pozitivno naelektrizirane jezgre atoma A i B) na manjim razmacima.

Rezultanta djelovanja privlačnih i odbojnih sila ima minimum na srednjim razmacima, koji odgovara minimumu potencijalne energije, odnosno energetski najpovoljnijem rastojanju atoma A i B.

### 6.12 Ionska veza

Kemijski spojevi s **ionskom vezom** formiraju se razmjenom elektrona– na osnovu uvjeta elektroneutralnosti, opća je formula:



gdje je: K, A – opća oznaka kationa, aniona,

+m, -n – oksidacijski broj kationa, aniona, (1 se ne piše i podrazumijeva se)

x, y – indeks kationa, aniona = broj aktualnih kationa, aniona koji formiraju spoj. (1 se ne piše i podrazumijeva se)

Anioni		Kationi	
<b>OB = +1</b>		<b>OB = -1</b>	<b>OB = -2</b>
vodik, H <sup>+</sup>	bakar(II), Cu <sup>+2</sup>	hidroksilni, OH <sup>-</sup>	oksid, O <sup>-2</sup>
litij, Li <sup>+</sup>	cink, Zn <sup>+2</sup>	fluorid, F <sup>-</sup>	sulfid, S <sup>-2</sup>
natrij, Na <sup>+</sup>	kositar(II), Sn <sup>+2</sup>	klorid, Cl <sup>-</sup>	karbonat, CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>
kalij, K <sup>+</sup>	olovo(II), Pb <sup>+2</sup>	cijanid, CN <sup>-</sup>	sulfat, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
bakar(I), Cu <sup>+</sup>	<b>OB = +3</b>	hidrogenkarbonat, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	sulfit, SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>
amonij, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	aluminij, Al <sup>+3</sup>	hidrogensulfat, HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	hidrogenfosfat, HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
<b>OB = +2</b>	željezo(III), Fe <sup>+3</sup>	nitrat, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kromat, CrO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
magnezij, Mg <sup>+2</sup>	krom(III), Cu <sup>+3</sup>	nitrit, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>OB = -3</b>
kalcij, Ca <sup>+2</sup>	<b>OB = +4</b>	dihidrogenfosfat, H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	fosfat, PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
krom(II), Cr <sup>+2</sup>	olovo(IV), Pb <sup>+4</sup>	perklorat, ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
mangan(II), Mn <sup>+2</sup>		permanganat, MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
željezo(II), Fe <sup>+2</sup>		acetat, C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> <sup>-2</sup>	

Opće formule kemijskih spojeva s ionskom vezom, uz korištenje podataka o oksidacijskim brojevima se dobivaju: po sljedećem postupku:

$K A$ $K^+m A^{-n}$ $K_n^{+m} A_m^{-n}$ $K_n^+ A_m^-$ $K_x A_y$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. upisati kation i potom anion,</li> <li>2. ukrstiti apsolutni brojevi iznos OB i</li> <li>3. skratiti ukrštene vrijednosti. (ako je to moguće)</li> </ol>
---	--

Na taj se način dobivaju formule:

- željezo(III)-oksida ⇒ FeO, Fe<sup>+3</sup> O<sup>-2</sup>, Fe<sub>2</sub><sup>+2</sup> O<sub>3</sub><sup>-2</sup>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- željezo(II)-oksida ⇒ FeO, Fe<sup>+2</sup> O<sup>-2</sup>, Fe<sub>2</sub><sup>+2</sup> O<sub>2</sub><sup>-2</sup>, Fe<sub>2</sub><sup>+2</sup> O<sub>2</sub><sup>-2</sup>, FeO.

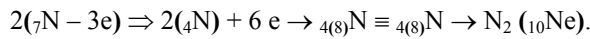
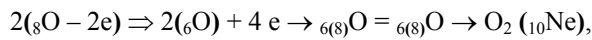
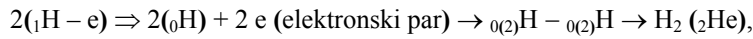
### 6.13 Kovalentna veza

**Kovalentna veza.** Pri sudaru atoma dolazi do formiranja zajedničkih elektronskih parova (označavaju se crticama).

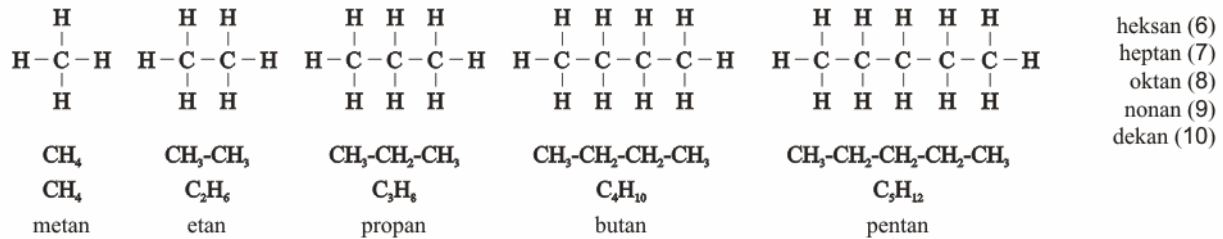
U prirodi se plinovi javlja u obliku dvoatomskih molekula s kovalentno vezanim atomima: (izuzetak su plemeniti plinovi)

vodik	H <sub>2</sub> (H–H)	jedan zajednički elektronski par – “jednostruka veza”
kisik	O <sub>2</sub> (O=O)	dva zajednička elektronska para – “dvostruka veza”,
dušik	N <sub>2</sub> (N≡N)	tri zajednička elektronska para – “trostruka veza”.

Tvorbom elektronskih parova obrazovane su stabilne strukture elektronskih omotača: plemenitih plinova



Kovalentna veza je zastupljena kod glavnine organskih spojeva, na primjer, kod alkana (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>):



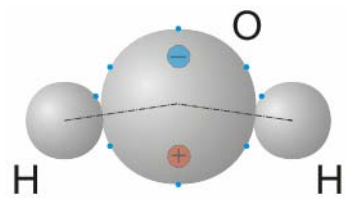
Realni kemijski spojevi su rezonantni hibridi ionske i kovalentne veze. Ova dva tipa veze nisu trajno raspoređena po molekulama nego se promještaju od jednog do drugog i pogodnim metodama se mogu odrediti i njihovi udjeli.

Na primjer, kod vode su moguće veze: (a) H–O–H, (b) H<sup>+</sup>(O–H)<sup>-</sup>, (c) H<sup>+</sup>O<sup>-2</sup>H<sup>+</sup>.

Prva struktura je “polarna”, druga se ispoljava kroz elektrolitičku disocijaciju, a treća doprinosi polarnosti rezonantnog hibrida.

U polarnim molekulama su prostorno dislocirani centri pozitivnog i negativnog naelektrisanja, te se molekule ponašaju kao električni dipoli. Uzrok prostorne dislociranosti je razlika intenziteta privlačenja elektrona od strane kemijski vezanih atoma, koja se opisuje “elektronegativnošću” (vrijednosti napisane iznad simbola u periodnom sustavu elemenata).

Elektronegativnost je vodika 2,1 a elektronegativnost kisika 3,5.

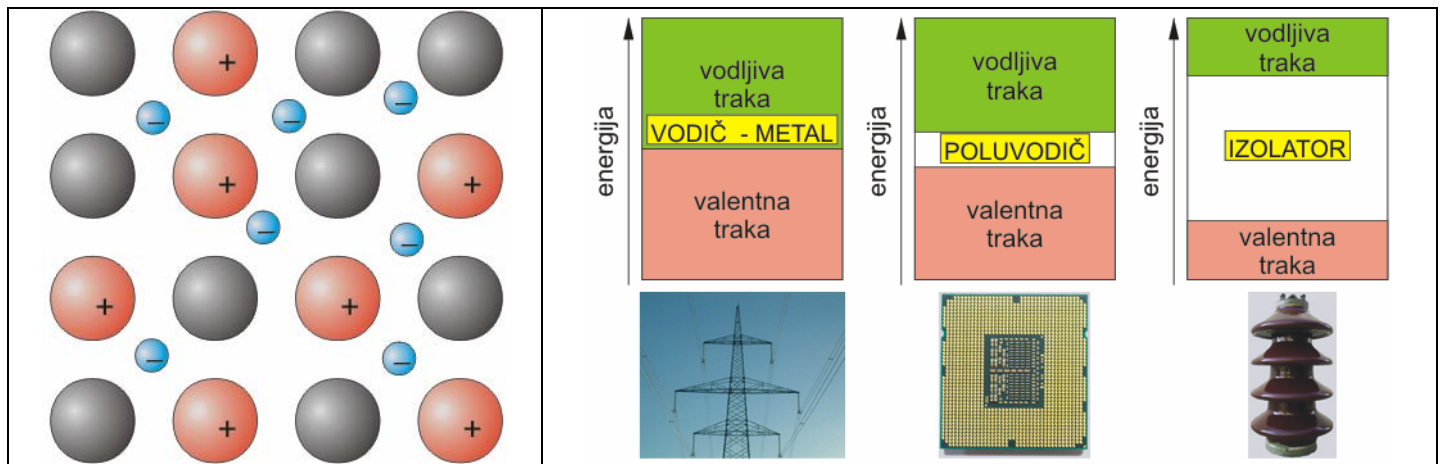


### 6.14 Metalna veza

Oko 75 % kemijskih elemenata su metali: plastični su (mogu se trajno deformirati bez pojave loma), imaju relativno visoka tališta i vrelišta, dobri su vodiči električne struje i topline.

Navedena svojstva metala su posljedica specifičnosti **metalne veze** kod koje svi atomi kristalne rešetke udružuju elektrone. Izvjestan broj atoma (čvorovi kristalne rešetke) otpušta elektrone, koji obrazuju “oblak slobodnih elektrona” ⇒ metalna je veza posljedica uzajamnog privlačenja negativno naelektriziranih slobodnih elektrona i pozitivno naelektriziranih kationa (koji su elektrone otpustili).

Jednostavnom slikom kristalne rešetke ne može se objasniti porast otpora metala s porastom temperature (s porastom temperature približno linearno raste otpor vodiča dok otpor izolatora približno eksponencijalno opada). Objašnjenje slijedi iz teorije traka.

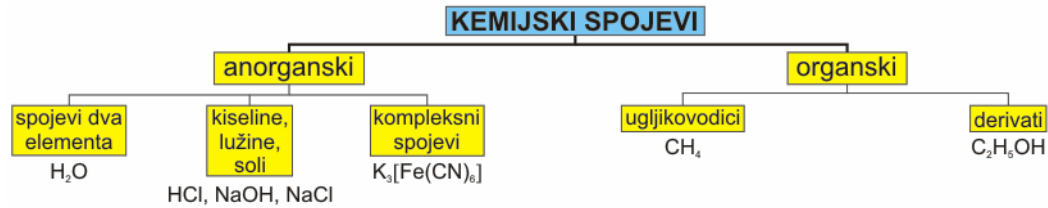


Po teoriji traka, elektroni koji učestvuju u formiranju metalne veze kreću se u prostorima zajedničkim za cijeli kristal – “trakama”, obrazovanim preklapanjem elektronskih orbita atoma (kristal metala ⇒ makromolekula). Razlikuju se dvije vrste traka: (a) vodljive trake, u kojima se nalaze slobodni elektroni, te (b) valentne trakame s elektronima koji pripadaju pojedinačnim atomima – oni koji nisu otpušteni.

Vodljiva se traka kod metala neposredno naslanja na valentnu traku (energetski), što objašnjava dobru električnu vodljivost metala – elektroni lako prelaze iz valentne trake u vodljivu traku i na taj način doprinose električnoj vodljivosti metala. Kod izolatora je vodljiva traka udaljena od valentne, te samo mali broj elektrona može preći u vodljivu traku i u njoj se kretati. Kod provodnika je porast otpora s temperaturom posljedica remećenja pravilnosti traka uslijed intenziviranja oscilacija atoma, dok kod izolatora s porastom temperature eksponencijalno raste broj elektrona koji iz valentne prelaze u provodnu traku, te otpor eksponencijalno opada.

## 6.15 Kemijski spojevi

**Kemijski spojevi** (skraćeno, spojevi) različiti su oblici pojavljivanja supstancija koji se uobičajenim kemijskim postupcima mogu razlagati na jednostavnije stabilne oblike pojavljivanja supstancija. To su skupine atoma između kojih su uspostavljene kemijske veze.



Najmanje moguće jedinice kemijskih spojeva su molekule, koje se najčešće opisuju bruto formulama – kvalitativno (koji su sve atomi sadržani u molekuli) i kvantitativno (po koliko je pojedinih atoma sadržano u molekuli). Neki spojevi formiraju kristalne strukture iz kojih se teško mogu izdvojiti pojedinačne molekule (NaCl).

Molekule formiraju i istovrsni atomi kemijskih elemenata (plinovi:  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$  – najstabilniji, a time i najčešći, oblik njihovog pojavljivanja u prirodi). Pod kemijskim spojevima je uobičajeno podrazumijevati samo skupine različitih atoma između kojih su uspostavljene kemijske veze, dok se skupine istih atoma između kojih su uspostavljene kemijske veze ubrajaju u kemijske elemente.

Nazivi spojeva s dva elementa se dobivaju kada se nazivu prvog, elektropozitivnijeg (u molekuli slabije privlači elektron), doda naziv drugog s nastavkom -id. Prema IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry – Međunarodna udruga za čistu i primijenjenu kemiju) konvenciji, usvojenoj i u Hrvatskoj, kod elemenata koji s različitim oksidacijskim brojevima formiraju različite kemijske spojeve, u nazivu spoja, iza naziva elementa, unosi se u srednjoj zagradi apsolutna vrijednost aktualnog oksidacijskog broja rimskom znamenkom (na primjer, FeO – željezo(II)-oksid,  $Fe_2O_3$  – željezo(III)-oksid). Kada isti atomi formiraju različite spojeve (različiti molarni udjeli) često se sreću i nazivi s prefiksima mono-, di-, tri-, ... (na primjer, CO – ugljen-monoksid, ugljenik(II)-oksid,  $CO_2$  – ugljen-dioksid, ugljenik(IV)-oksid). Od ovih pravila se odustaje u slučaju odavno poznatih i široko korištenih naziva (na primjer,  $H_2O$  – voda, HCl – klorovodična kiselina).

U svim jezicima je naziv „kiselina“ izveden iz pridjeva kiseo. Prema starijem pristupu, kisljine su spojevi s vodikom, koji se pri otapanju u vodi razlažu na katione vodika ( $H^+$ ) i anione kislinskog ostatka. Nazivi kisljina se izvode iz naziva aktualnog aniona ( $H_2SO_4$  – sulfatna kiselina,  $H_3PO_4$  – fosfatna kiselina).

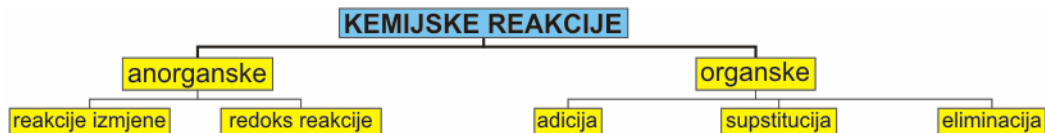
Lužine su prema starijem pristupu spojevi koji se pri otapanju u vodi razlažu na hidroksilne anione ( $OH^-$ ) i kation baznog ostatka. Nazivi baza se izvode iz naziva aktualnog kationa (NaOH – natrij-hidroksid,  $Ca(OH)_2$  – kalcij-hidroksid).

Spajanjem kationa lužinskog ostatka ( $K^{m+}$ , koji preostaje nakon otpuštanja  $OH^-$  iona lužina) i aniona kislinskog ostatka ( $A^{n-}$ , koji preostaje nakon otpuštanja  $H^+$  iona kisljina) dobivaju se soli. ( $Na_2SO_4$  – natrij-sulfat,  $Ca_3(PO_4)_2$  – kalcij-fosfat).

Nazivi svih značajnijih kemijskih spojeva mogu se naći u priručnicima za kemiju.

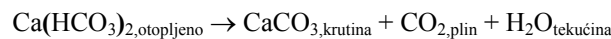
## 6.16 Kemijske reakcije

**Kemijske reakcije** – promjene kemijskih supstancija pri kojima se raskidaju postojeće kemijske veze „reaktanata“ i uspostavljaju nove kemijske veze „produkata“. Kemijska svojstva produkata se značajno razlikuju od kemijskih svojstava reaktanata. Na primjer, pri kemijskoj reakciji vodenih otopina dvije opasne tvari: krutog natrij-hidroksida (natrijeva lužina, kaustična soda) i plinovitog klorovodika (vodena otopina – klorovodična kiselina) dobiva se bezopasna otopina natrij-klorida (kuhinjska sol), što se opisuje jednadžbom kemijske reakcije:  $NaOH + HCl \rightarrow NaCl$ . Kemijske reakcije prate energetske promjene: kemijska energija  $\leftrightarrow$  unutarnja energija.

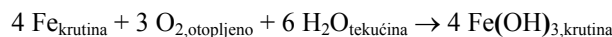


**Jednadžbe kemijskih reakcija** – formalizirani opisi kemijskih reakcija, u kojima se s lijeve strane znaka  $\rightarrow$  navode reaktanti a s desne produkti. Uključeni broj atoma pojedinih elemenata mora biti isti kod produkata i reaktanata – izjednačavanje jednadžbi.

**Reakcije izmjene** – ne dolazi do promjena stanja oksidisanosti učesnika (OB):

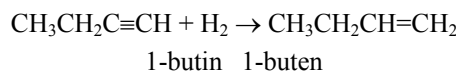


**Redoks reakcije** – dolazi do promjena stanja oksidiranosti učesnika (OB): [rastu OB reaktanata (redukcijaska sredstva) koji otpuštaju elektrone (oksidiraju) i opadaju OB reaktanata (oksidacijska sredstva) koji primaju elektrone (reduciraju)]

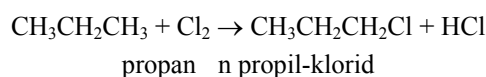


Kod organskih kemijskih reakcija treba razlikovati organske podloge (osnovni organski spojevi iz kojih se formiraju željeni produkti) i reagense (kemijski elementi i spojevi s kojima organske podloge stupaju u kemijske reakcije).

**Reakcija adicije** (adicija – zbrajanje) – reagens se adira na podlogu koja ne gubi ni jedan atom:



**Reakcije supstitucije** (supstitucija – zamjena) – zamjenjuje se atom podloge atomima reagensa:



**Reakcije eliminacije** (eliminacija – uklanjanje) – suprotne reakcijama adicije:

