

1

Uvod u anorgansku kemiju

Ključni pojmovi

esencijalni elementi
homeostaza
polumjer atoma
energija ionizacije
afinitet prema elektronu
relativni koeficijent
elektronegativnosti

Ciljevi

Definirati esencijalne elemente
Uočiti ulogu elemenata u izgradnji organizma i njegovu održavanju
Objasniti pojam homeostaze
Upozoriti na sličnost svojstava elemenata iste skupine
Objasniti periodičnost svojstava elemenata

1. Uvod u anorgansku kemiju

1.1. Biološka važnost elemenata

Iako pod kemijom živih bića najčešće podrazumijevamo organsku kemijsku i ugljikove spojeve, mnogi drugi elementi i njihovi spojevi imaju veliku važnost za živa bića.

U tablici 1 koja predstavlja elemente periodnog sustava crvenom bojom označeni su najzastupljeniji elementi neophodni za život. Njih nazivamo **esencijalni elementi**. Plavom bojom označeni su elementi potrebni samo u tragovima. To su takozvani mikroelementi koji su organizmu potrebni samo u jako malim količinama.

Esencijalne elemente dijelimo na mikroelemente i makroelemente. Za razliku od mikroelemenata koji su potrebni samo u tragovima naš organizam treba makroelemente u znatnim količinama.

Tablica 1

Biološki važni elementi. Crvenom bojom označeni su elementi esencijalni za život, tzv. esencijalni elementi, a plavom bojom označeni su elementi neophodni samo u tragovima.

1	H	2																		18
Li	Be																			He
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		B	C	N	O	F		Ne	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn		Al	Si	P	S	Cl		Ar	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd		Ga	Ge	As	Se	Br		Kr	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg		In	Sn	Sb	Te	I		Xe	
													Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn	

PRIMJENA U MEDICINI



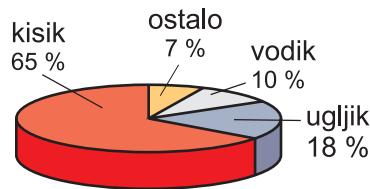
Kemijski elementi neophodni organizmima za život zajedno s ugljikom, vodikom, kisikom i dušikom (koji čine organske spojeve) su:

- **K:** primarni elektrolit
 - **Cl:** održavanje kiselo-bazne ravnoteže pravilan rad bubrega, čuvar kalija organizmu
 - **Na:** primarni elektrolit
 - **Ca:** potreban za zdravlje mišića, srca, probavnog sustava, gradi kosti, podržava sintezu i funkciju krvnih stanica
 - **P:** ulazi u sastav kostiju i stanica
 - **Mg:** neophodan za metabolizam, kontrakciju mišića i prijenos živčanih signala

Manjak esencijalnih elemenata, pa čak i onih potrebnih samo u tragovima, u organizmu izaziva oštećenja. Isto tako i njihov prekomjereni unos može imati negativan učinak na organizam. Zato je od izrazite važnosti pravilnom prehranom unositi dostačne količine esencijalnih elemenata.

Više od 97 % mase većine organizama tvori samo šest elemenata: kisik, ugljik, vodik, dušik, fosfor i sumpor. Maseni udio kemijskih elemenata u ljudskom tijelu sa pripadajućim postocima prikazan je na slici 1-1. Voda pak je najčešći spoj u živim organizmima. Na nju otpada oko 70 % mase.

U raznim živim organizmima pronađena su još 23 različita elementa. Neki od njih su organizmu potrebni u obliku iona, kao što su Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , K^+ i Na^+ . Svi ti ioni imaju vitalnu ulogu u metaboličkim procesima u organizmu.



Slika 1-1

Maseni udio kemijskih elemenata u ljudskom tijelu. Osim najzastupljenijih elemenata, kisika, ugljika i vodika, u ljudskom tijelu su prisutni dušik (3 %), kalcij (1,6 %) i fosfor (1,2 %)

PRIMJENA U MEDICINI



Vitamini su spojevi organskog podrijetla koji su nužni za pravilno funkcioniranje organizma.

S obzirom na topivost dijele se u dvije osnovne skupine:

- topivi u mastima (A, D, E i K vitamin)
- topivi u vodi (B-kompleks i C-vitamin)

Natrij i kalij izrazito su važni mikroelementi za ljude. Mechanizam koji održava stalnu ravnotežu između natrijevih i kalijevih kationa te prenosi natrijeve katione iz stanice, a kalijeve katione u stanicu naziva se natrij/kalij crpka. Taj je mehanizam odgovoran za održavanje staničnog membranskog potencijala i o njemu ćete više učiti na satima biologije. Cink je sastavni dio enzima koji, primjerice, u probavnom sustavu sudjeluju u razgradnji bjelančevina, u gušterajući pomaže kod skladištenja inzulina. Nedostatak cinka izaziva razne poremećaje u organizmu kao što su upalni procesi na koži, teško zarastanje rana, smanjena otpornost organizma na infekcije. Nedostatak cinka može se relativno lako uočiti: na noktima se javljaju bijele pjege i linije.

Od elemenata potrebnih samo u tragovima spomenuti ćemo primjerice bakar i jod. Bakar je potrebno unositi u organizam jer je važan kao pomoć kod sinteze hemoglobina, za pravilno funkcioniranje organa i metaboličke procese. Jod je ljudima potreban za sintezu hormona štitnjače. Njegov manjak izaziva bolest gušavost.

Za pravilno funkcioniranje organizma potrebno je, dakle, unositi dovoljne količine esencijalnih elemenata. Pritom treba pripaziti na preporučene vrijednosti. Dok pri unosu vitamina postoji relativno širok raspon vrijednosti koje još uvijek nisu štetne za organizam, minerali mogu biti otrovni ako se unese samo malo veća količina od preporučene. To se pogotovo odnosi na elemente potrebne samo u tragovima, kao što su željezo i bakar. Slučajno uzimanje dodataka prehrani koji sadrže željezo može izazvati smrtnе posljedice kod male djece. Isto tako treba paziti na unos više vrsta minerala zajedno. Tako dodatni unos željeza može poremetiti apsorpciju cinka, dok pak cink može smetati kod apsorpcije bakra. S druge strane, važan je i izvor minerala ako je iz hrane. Tako se općenito bolje apsorbiraju minerali životinjskog podrijetla od onih biljnog podrijetla. U svakom je slučaju potrebno posvetiti izrazitu pozornost hrani koju unosimo u organizam.

Ljudski je organizam vrlo osjetljiv i složen. Za njegovo je pravilno funkcioniranje značajna homeostaza. Pod pojmom homeostaza podrazumijeva se održavanje stabilnih uvjeta u organizmu. Odnosno, mogli bismo reći homeostaza je autonomni proces pomoću kojeg sustav zadržava ravnotežu prilagođavajući optimalne uvjete za preživljavanje. Na taj se način postiže stabilnost sustava, odnosno organizma. Organizam je u stanju dinamičke ravnoteže. Kad dođe do poremećaja, bilo zbog unutarnjeg ili vanjskog čimbenika, uključuje se sustav koji uspostavlja novu ravnotežu. Taj je proces nužan za preživljavanje i za održavanje ljudske vrste.



Slika 1-2

Piramida pravilne prehrane

1.2. Periodičnost svojstava

U prvom razredu naučili smo kako su atomi svrstani u periodni sustav elemenata i što uzrokuje sličnost u kemijskim svojstvima elemenata unutar pojedinih skupina te kako je struktura atoma povezana s njegovim položajem u periodnom sustavu elemenata (vidi Kemija 1, 3. poglavlje).

Sada ćemo detaljnije proučiti kako se unutar periodnog sustava elemenata mijenjaju pojedina svojstva kao što su: polumjer atoma, energija ionizacije, polumjer iona, afinitet prema elektronu i relativni koeficijent elektronegativnosti.

Polumjer atoma

Često o atomima razmišljamo kao o kuglicama čvrsto definiranih granica. Prema kvantno-mehaničkom modelu atoma govorimo o gustoći elektronskog oblaka koji se proteže daleko od jezgre. Prema tome atom nema čvrsto definiranu granicu. Ipak, kad govorimo o veličini atoma mislimo na područje koje obuhvaća oko 90 % gustoće elektronskog oblaka.

No mnoga fizikalna svojstva atoma, kao gustoća, talište i vrelište, vezana su uz veličinu atoma. Stoga je veličina atoma važan podatak. Veličinu atoma izraziti ćemo preko njegovog polumjera.

- Pod pojmom polumjer atoma podrazumijevamo polovicu razmaka između dva susjedna atoma u rešetki (primjerice berilija)
- Kod elemenata koji se u elementarnom stanju javljaju kao dvoatomne molekule polumjer atoma jednak je polovici razmaka između središta dvaju atoma u molekuli, što je prikazano na slići 1-4. Takav polumjer nazivamo kovalentnim polumjerom.

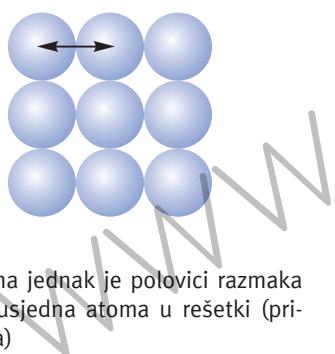
Sad kad smo definirali polumjer atoma, zanima nas kako se mijenja polumjer atoma kad proučavamo elemente unutar periodnog sustava. Da se podsjetimo, elementi su u periodnom sustavu poredani po rastućem atomskom broju, odnosno broju protona. Svaki sljedeći element ima jedan proton, ali i jedan elektron više od svog prethodnika. Također se povećava i broj neutrona.

Za očekivati bi bilo da se povećava i polumjer atoma s porastom atomskog broja, odnosno kako se pomičemo s lijeva na desno unutar periodnog sustava, ali to nije tako. S obzirom na to da se povećava broj protona i broj elektrona, raste i privlačna sila između pozitivno nabijene jezgre i negativno nabijenog elektronskog omotača te se stoga smanjuje polumjer atoma.

Polumjer atoma povećava se unutar periode s desna na lijevo.

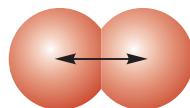
Kako se mijenja polumjer atoma unutar skupine periodnog sustava? Svaka sljedeća perioda ima jednu ljuštu više od prethodne pa je razumljivo da se i polumjer atoma povećava unutar pojedine skupine.

Polumjer atoma raste unutar skupine odozgo prema dolje.



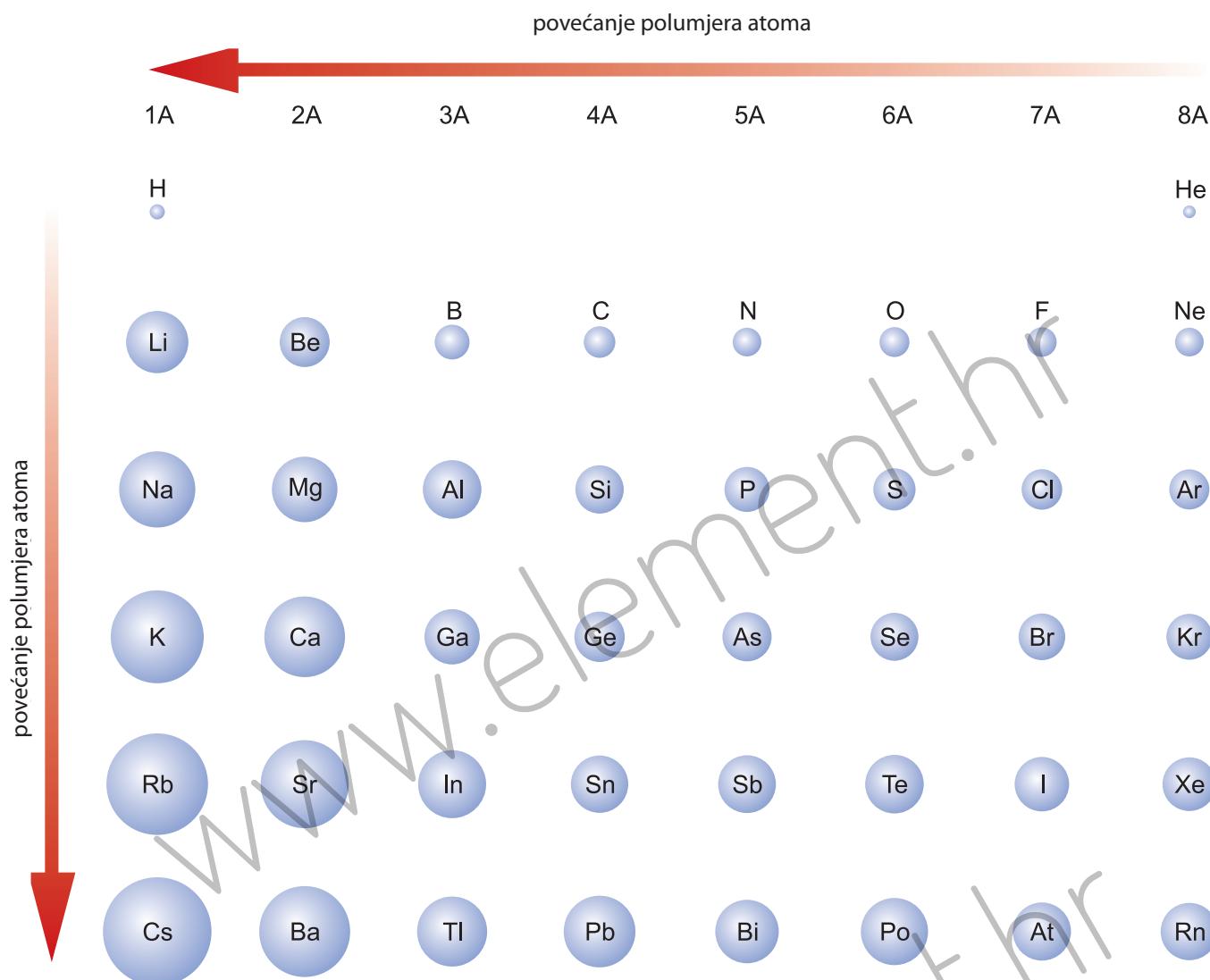
Slika 1-3

Polumjer atoma jednak je polovici razmaka između dva susjedna atoma u rešetki (primjerice berilija)



Slika 1-4

Kod elemenata koji u elementarnom stanju dolaze kao dvoatomne molekule polumjer atoma jednak je polovici razmaka između središta atoma, govorimo o kovalentnom polumjeru atoma (primjerice klor)



Slika 1-5

Promjena atomskih polumjera reprezentativnih elemenata s obzirom na njihov položaj u periodnom sustavu elemenata

Polumjer iona

Dosad smo između ostalog naučili da su atomi neutralne čestice. Imaju jednak broj protona i elektrona. U određenim situacijama atomi mogu otpuštati ili primati elektrone. Na taj način nastaju nove čestice koje nazivamo ionima. Ioni više nisu neutralne čestice.

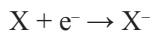
Otpuštanjem ili primanjem elektrona poremetila se ravnoteža između pozitivnih i negativnih naboja. Čestica koja se na taj način dobije jest za razliku od neutralnih atoma električki nabijena.

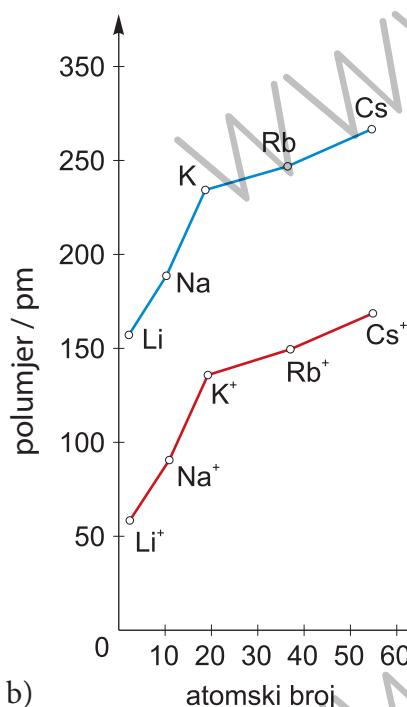
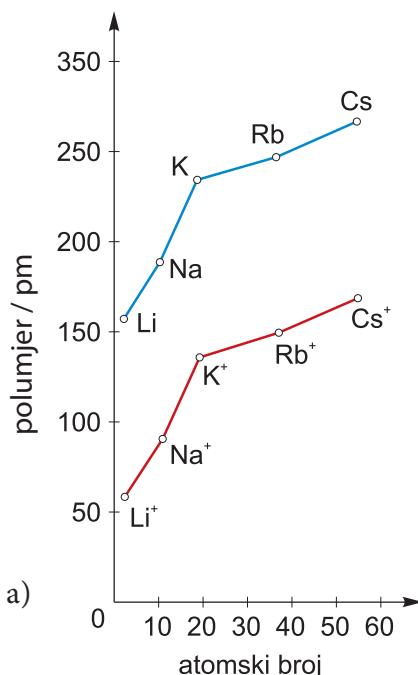
Napomena

anion X^-
kation Y^+

Ioni su električki nabijene čestice.

Gubitkom elektrona atom postaje pozitivno nabijeni ion – kation, a primanjem elektrona negativno nabijeni ion – anion.





Slika 1-6

Usporedba atomske i ionske veličine za:

- alkalijske metale
- halogene elemente

Vidjeli smo kako se mijenja polumjer atoma unutar perioda i skupina u periodnom sustavu elemenata. Sad nas zanima kako će se mijenjati polumjer iona.

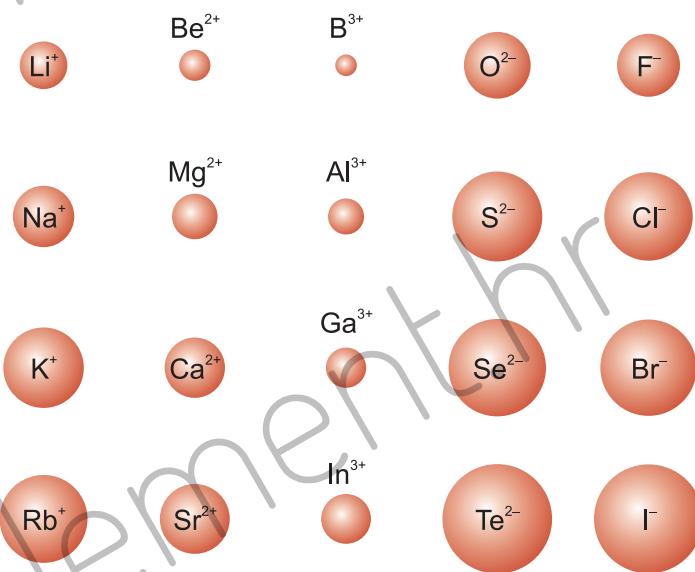
Isto kao i kod atoma, veličina polumjera iona ovisi o naboju jezgre, ukupnom broju elektrona i o elektronskoj konfiguraciji. Za očekivati je da će doći do nekakve promjene u veličini atoma kad on postane nabijena čestica.

Atomu koji otpusti jedan elektron ili više njih smanjuje se polumjer. Pozitivno nabijena jezgra jače privlači preostale elektrone pa je polumjer nastalog kationa manji od polumjera atoma od kojeg je taj kation nastao. To je prikazano na slici 1-6 a za alkalijske metale.

S druge strane atomu se kod primanja elektrona povećava polumjer. Naboje jezgre ostaje isti, ali sad dolazi do izražaja veća odbojna sila između većeg broja elektrona te je polumjer aniona veći od polumjera atoma od kojeg je taj anion nastao (slika 1-6 b).

Polumjer kationa manji je od polumjera atoma.

Polumjer aniona veći je od polumjera atoma.



Promotrimo sljedeći niz iona: O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} i Al^{3+} na slici 1-7. Svi nabrojeni ioni imaju jednak broj elektrona, deset. S porastom nabojnog broja iona (od negativnijeg prema pozitivnijem) smanjuje se polumjer iona jer broj elektrona ostaje isti pa više do izražaja dolazi privlačna sila jezgre. Pa tako ion kisika koji ima najmanji atomski broj ima najveći polumjer, a ion aluminija čiji je atomski broj u tom nizu najveći ima najmanji polumjer.

Energija ionizacije

Primjer 1

Poredaj sljedeće atome prema porastu prve energije ionizacije: natrij, sumpor, kalij, fluor.

Rješenje:

Prva energija ionizacije povezana je s polumjerom atoma. Što je polumjer atoma manji, energija ionizacije je veća.

Polumjeri atoma su redom od najmanjeg prema većem: fluor, sumpor, natrij i kalij.

Stoga za energije ionizacije vrijedi:

$$E_{i,1}(K) < E_{i,1}(Na) < E_{i,1}(S) < E_{i,1}(F).$$

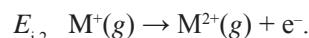
Kemijska svojstva svakog atoma uvelike su određena njegovom valentnom ljudskom. Njezina stabilnost, odnosno popunjeno utječe na to hoće li neki atom ili ion i kako stupiti u određenu kemijsku reakciju. Kod kemijskih reakcija, odnosno promjena, dolazi do promjene energije. Minimalnu energiju potrebnu za odvajanje elektrona od atoma ili iona u plinovitom stanju nazivamo energijom ionizacije i označavamo E_i .

Energija ionizacije je energija potrebna da se atomu ili ionu u plinovitom stanju oduzme elektron.

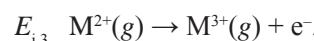
Energiju koju moramo uložiti da bi oduzeli elektron atому u plinovitom stanju nazivamo prva energija ionizacije i označavamo $E_{i,1}$, te pišemo:



Ako želimo tom, novonastalom ionu M^+ oduzeti još jedan elektron, moramo opet uložiti energiju. Tu energiju nazivamo druga energija ionizacije, $E_{i,2}$:



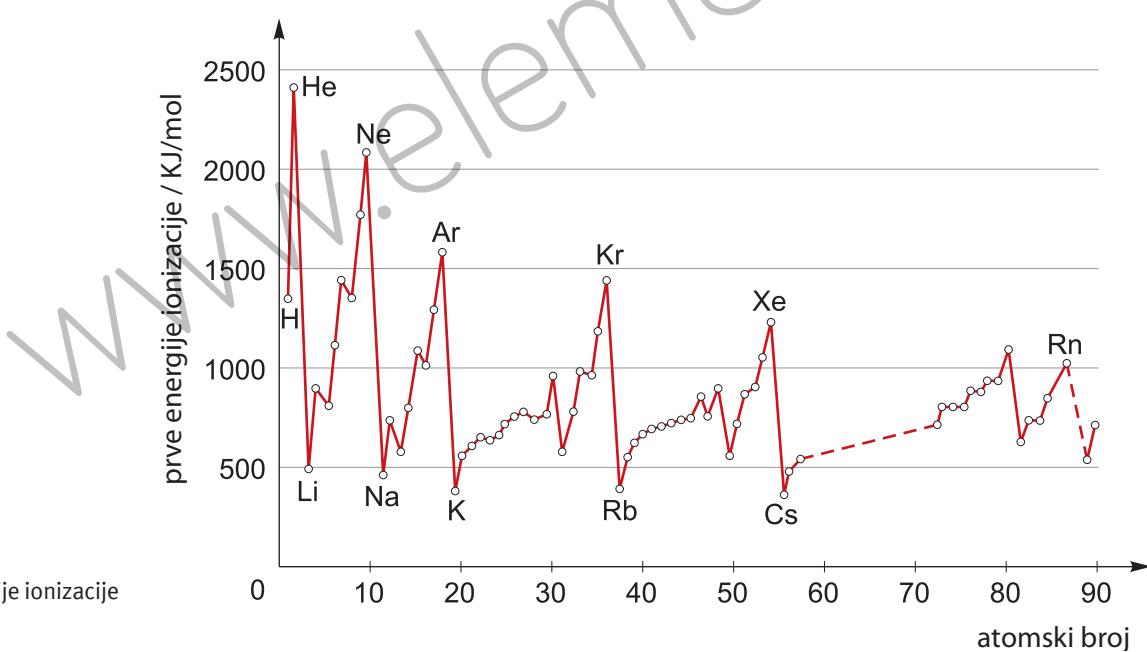
Slično definiramo treću energiju ionizacije, $E_{i,3}$ i sve sljedeće:



Kad atomu oduzmemo elektron smanji se odbojna sila između preostalih elektrona. S obzirom da naboj jezgre ostaje isti jer se nije promjenio broj protona, svaki je sljedeći elektron sve teže odvojiti. Zato je svaka sljedeća energija ionizacije veća od one prethodne:

$$E_{i,1} < E_{i,2} < E_{i,3} < \dots$$

Graf na slici 1-7 prikazuje ovisnost prve energije ionizacije o atomskom broju Z za neke elemente. Iz grafa možemo očitati neke zanimljive podatke.



Slika 1-8

Ovisnost prve energije ionizacije o atomskom broju

Vidimo da se prva energija ionizacije unutar periode povećava s atomskim brojem (znači unutar periodnog sustava s lijeva na desno). Primjerice, prva je energija ionizacije neon-a veća od one za litij. Razlog tome je što s povećanjem atomskog broja Z raste i naboј jezgre, pa jezgra jače privlači valentne elektrone. Potrebno je više energije da bi atomu oduzeli elektrone. Isto tako možemo vidjeti da najviše energije ionizacije imaju atomi plemenitih plinova i to redom:

$$E_{i,1}(\text{He}) > E_{i,1}(\text{Ne}) > E_{i,1}(\text{Ar}) \dots$$

Objašnjenje tako visokih energija ionizacije opet se krije u elektronskoj konfiguraciji. Plemeniti plinovi imaju potpuno popunjenu vanjsku ljsku što predstavlja stanje maksimalne stabilnosti. Zato helij sa samo jednom ljskom elektronske konfiguracije $1s^2$ ima najvišu energiju ionizacije od svih elemenata. Ako na grafu potražimo elemente s najnižom energijom ionizacije, vidimo da su to elementi iz 1. skupine (s iznimkom vodika). Svi oni imaju konfiguraciju valentne ljske ns^1 , odnosno jedan valentni elektron. Energetski gledano, lako je atomu oduzeti taj jedan elektron iz valentne ljske.

Također možemo zapaziti da se s povećanjem atomskog broja unutar skupine (odozgo prema dolje) smanjuje prva energija ionizacije. Razlog je u tome što je svaki sljedeći atom unutar određene skupine sve veći i elektroni su sve udaljeniji te se smanjuje energija ionizacije.

element	Energije ionizacije / kJ mol^{-1}						
	$E_{i,1}$	$E_{i,2}$	$E_{i,3}$	$E_{i,4}$	$E_{i,5}$	$E_{i,6}$	$E_{i,7}$
Na	495	4562					
Mg	738	1451	7733				
Al	578	1817	2745	11577			
Si	786	1577	3232	4356	16091		
P	1012	1907	2914	4964	6274	21267	
S	1000	2252	3357	4556	7004	8496	27107
Cl	1251	2298	3822	5159	6542	9362	11018
Ar	1521	2666	3931	5771	7238	8781	11995

Tablica 2

Energije ionizacije za elemente treće periode

U tablici 2 navedene su energije ionizacije za elemente treće periode. Kod svih elemenata možemo zapaziti nagli skok između dviju energija ionizacije. Kod natrija je to između prve i druge energije ionizacije, dok je kod magnezija između druge i treće. Razlog tome je što natrij i svi drugi alkalijski metali oduzimanjem jednog elektrona postižu elektronsku konfiguraciju prethodnog plemenitog plina. Za nju smo već rekli da predstavlja stanje maksimalne stabilnosti.

Stoga je teško oduzeti još jedan elektron i zato postoji nagli skok između prve i druge energije ionizacije. Na sličan način možemo objasniti skok između druge i treće energije ionizacije kod magnezija i drugih zemnoalkalijskih metala. Za oduzimanje trećeg elektrona, iz zadnje, popunjene ljske, potrebno je uložiti mnogo veću energiju. Kad god želimo oduzeti elektron iz popunjene ljske potrebna je jako visoka energija ionizacije kao što je to i bio slučaj kod atoma plemenitih plinova.

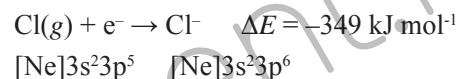
Iz ovih saznanja možemo doći do zaključka koji će metali biti reaktiviji. Što metal ima nižu prvu energiju ionizacije, to će lakše stupiti u kemijsku reakciju, bit će reaktivniji. Znači, najnižu prvu energiju ionizacije imaju atomi alkalijskih metala pa za njih kažemo da lako stupaju u kemijske reakcije, reaktivni su. Što je s nemetalima o tom pitanju, znat ćemo kad upoznamo još jedno bitno svojstvo – afinitet prema elektronu.

Afinitet prema elektronu

Prva energija ionizacije je promjena energija povezana s oduzimanjem elektrona atomu, pri čemu nastaju pozitivno nabijeni ioni. Ta je energija pozitivna, što znači da moramo uložiti energiju da bi atomu oduzeli elektron. Međutim, znamo da postoje atomi koji primaju elektrone i pri tom nastaju negativno nabijeni ioni. Promjenu energije koja se događa kad atomu u plinovitom stanju dodamo elektron nazivamo afinitet prema elektronu. Kod većine se nemetala energija oslobađa dodavanjem elektrona.

Afinitet prema elektronu je promjena energije koja se događa kad atomu u plinovitom stanju dodamo elektron.

Pogledajmo to na primjeru klora:



Negativan predznak energije govori nam da se radi o egzoternom procesu, energija se oslobodila tijekom tog procesa.

Dok je energija ionizacije uvijek endoterni proces (potrebno je uložiti energiju za oduzimanje elektrona), primanje elektrona može biti i egzoterman i endoterman proces.

Da bismo to pojasnili, moramo se opet prisjetiti elektronske konfiguracije. Nemetalni imaju gotovo popunjenu vanjsku ljsku. Vidimo na primjeru klora da do popunjene vanjske ljske nedostaje samo jedan elektron. Znači da je klor primanjem elektrona postigao stanje potpune stabilnosti. Ako želimo anionu klora dodati još jedan elektron, moramo uložiti energiju. Takav je proces endoterman.

Napomena

Egzoterni procesi: energija se oslobađa

Endoterni procesi: energija se veže
(apsorbira)

Relativni koeficijent elektronegativnosti

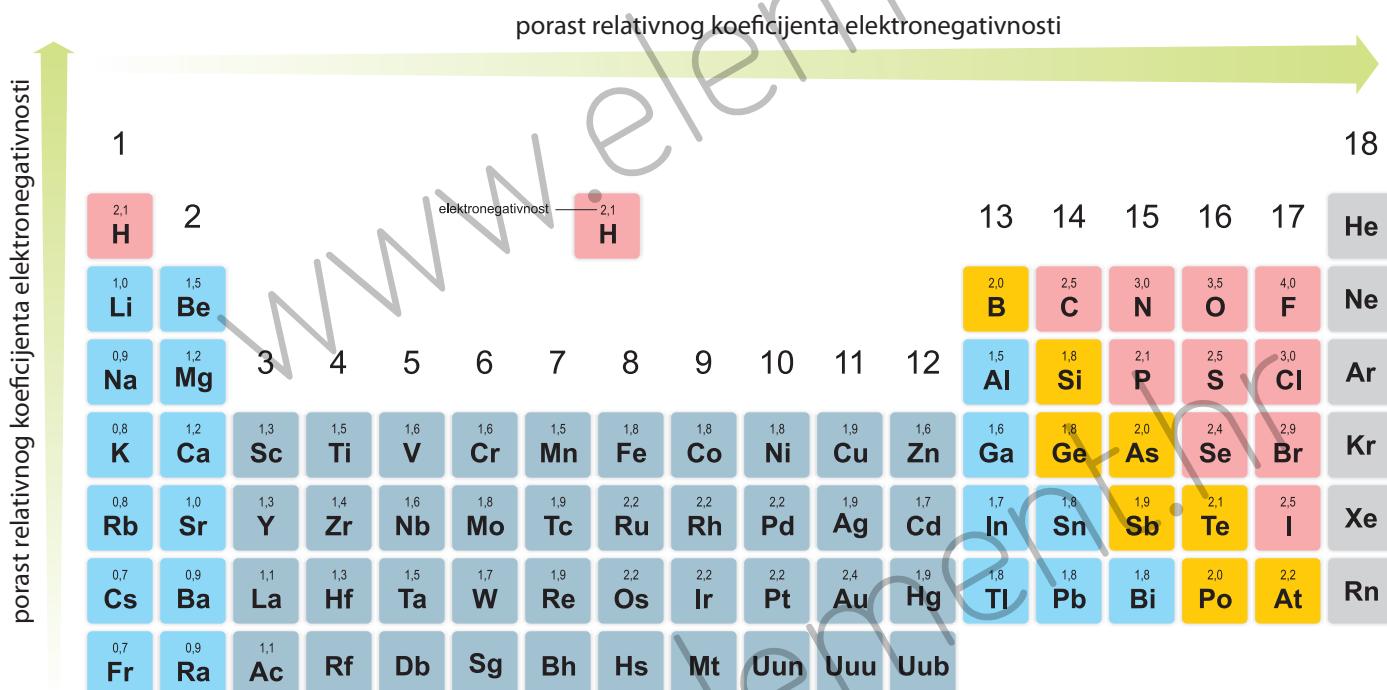
Napomena

Prvu je ljestvicu elektronegativnosti, na temelju podataka, napravio američki kemičar Linus Pauling. Prema toj je ljestvici atomu fluora dodijeljena najveća elektronegativnost 4,0, a atomu cezija najmanja 0,7.



Sposobnost atoma da privuče prema sebi elektrone u kemijskoj vezi s drugim atomima još je jedno svojstvo atoma koje utječe na fizikalna i kemijska svojstva tvari. To svojstvo, odnosno sposobnost atoma, nazivamo elektronegativnost. Što je veća elektronegativnost, to će jače atom privući elektrone prema sebi. Elektronegativnost atoma povezana je s energijom ionizacije i afinitetom prema elektronu koji su svojstva karakteristična za izolirane atome. Relativni koeficijent elektronegativnosti dobiven je iz vrijednosti energija ionizacije i afiniteta prema elektronu.

Ako proučimo tablicu 3, možemo uočiti da relativni koeficijent elektronegativnosti raste unutar periode s lijeva na desno. Porastom atomskog broja unutar periode smanjuje se metalni karakter elemenata i koeficijent elektronegativnosti raste. Povećanjem metalnog karaktera unutar skupine smanjuje se relativan koeficijent elektronegativnosti.



Tablica 3

Relativni koeficijenti elektronegativnosti

Napomena

Ako je razlika elektronegativnosti između dva atoma veća ili jednaka 2,0 veza je pretežno ionskog karaktera.

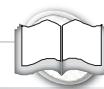


Prijelazni metali pokazuju odstupanje od rasta elektronegativnosti.

Ako je razlika u elektronegativnosti između dva atoma velika, tada je veza između tih atoma polarnija. Atomi se povezuju ionskom vezom. To je slučaj između atoma metala i nemetala koji općenito imaju veliku razliku u elektronegativnosti. Elektroni prelaze s atoma koji ima manji relativni koeficijent elektronegativnosti na atom koji ima veći relativni koeficijent elektronegativnosti.

Između atoma nemetala općenito je mala razlika u elektronegativnosti, zbog čega ne dolazi do prijelaza elektrona s jednog atoma na drugi. Atomi nemetala međusobno se povezuju kovalentnom vezom. No i ta veza može biti djelomično polarnog karaktera.

To je slučaj kod fluorovodika, HF. Razlika elektronegativnosti u tom spoju je velika i iznosi $4,0 - 2,1 = 1,9$.



SAŽETAK

POLUMJER ATOMA	povećava se unutar periode s desna na lijevo raste unutar skupine odozgo prema dolje
POLUMJER IONA	polumjer kationa manji je od polumjera atoma polumjer aniona veći je od polumjera atoma
ENERGIJA IONIZACIJE	energija potrebna da se atomu ili ionu u plinovitom stanju oduzme elektron
AFINITET PREMA ELEKTRONU	promjena energije koja se događa kad atomu u plinovitom stanju dodamo elektron
RELATIVNI KOEFICIJENT ELEKTRONEGATIVNOSTI	raste unutar periode s lijeva na desno i unutar skupine odozdo prema gore

Pitanja i zadatci za ponavljanje

1. Nabroji neke esencijalne elemente.
2. Poredaj sljedeće atome od najmanjeg prema najvećem: natrij, sumpor, kisik, berilij i magnezij.
3. Objasni zašto je polumjer kationa manji od polumjera atoma.
4. Za svaki par atoma odredite koji od njih ima veći polumjer.
 - a) fosfor ili klor
 - b) fosfor ili dušik
 - c) dušik ili fluor
 - d) fluor ili klor
5. Navedene atome poredajte u ovisnosti o polumjeru, od najmanjeg prema najvećem: natrij, magnezij, berilij, kalij i bor.
6. Za svaki par atom - ion odredite koji od njih ima veći polumjer.
 - a) F ili F^-
 - b) O ili O^{2-}
 - c) Li^+ ili Li
 - d) Mg^{2+} ili Mg
7. Navedene ione poredajte u ovisnosti o polumjeru, od najmanjeg prema najvećem: Na^+ , Al^{3+} , F^- , O^{2-} i Mg^{2+} .
8. Što je energija ionizacije?
9. Odredite koji od navedenih elemenata ima višu energiju ionizacije.
 - a) natrij ili neon
 - b) kalcij ili brom
 - c) neon ili klor
10. Zašto je treća energija ionizacije za magnezij znatno veća od druge energije ionizacije?
11. Poredaj sljedeće atome prema porastu prve energije ionizacije: klor, kisik, kalcij i kalij.
12. Objasnite relativni koeficijent elektronegativnosti.
13. Može li postojati ionski spoj u kojem bi ion natrija imao nabojni broj +2? ObjASNITE odgovor.
14. Koji će od sljedećih spojeva imati više ionska obilježja?
 - a) $AlCl_3$ ili $AlBr_3$
 - b) BeF_2 ili $BeBr_2$
15. Kakvom bi se kemijskom vezom mogla povezati dva elementa ako su njihovi relativni koeficijenti elektronegativnosti:
 - a) 3,0 i 3,5
 - b) 0,8 i 3,0?