

dr. sc. Zora Popović • Ljiljana Kovačević

Kemija²

Udžbenik za drugi razred gimnazije

2. izdanje



2021.



Nakladnik

ALFA d. d. Zagreb

Nova Ves 23a

Za nakladnika

Miro Petric

Direktorica nakladništva

mr. sc. Daniela Novoselić

Urednica za Prirodu, Biologiju i Kemiju

mr. sc. Daniela Novoselić

Recenzija

dr. sc. Draginja Mrvoš Sermek

Romina Tomas Grđan, prof.

Lektura

Draženka Jarec-Tomorad

Korektura

Dalia Mirt

Likovno i grafičko oblikovanje

Vilim Plužarić

Ilustracije

Igor Bojan Vilagoš

Željko Popović, dipl. ing.

Fotografije

shutterstock.com

arhiva Alfe

Tehnička priprema

Alfa d. d.

Tisak

Tiskara Zelina d. d.

Proizvedeno u Republici Hrvatskoj, EU

Udžbenik je uvršten u Katalog odobrenih udžbenika rješenjem Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske:

KLASA: UP/I-602-09/20-03/00007, URBROJ: 533-06-20-0002, od 30. travnja 2020. godine.

CIP zapis dostupan je u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem **001096735**.

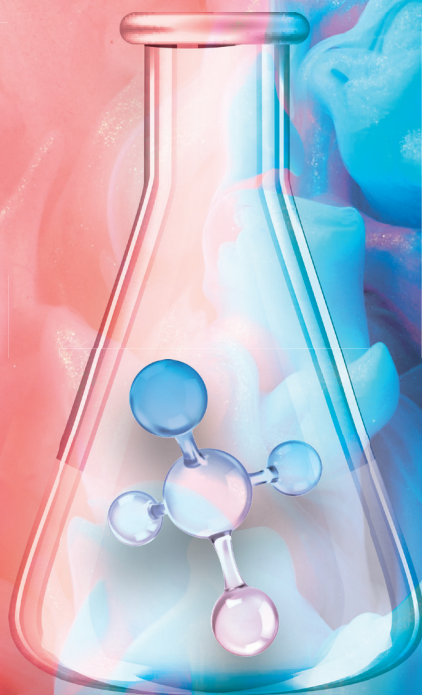
OPSEG PAPIRNATOG IZDANJA	MASA PAPIRNATOG IZDANJA	KNJIŽNI FORMAT	CIJENA
236 str.	490 g	265 mm (v) x 210 mm (š)	115,00 kn

Digitalno izdanje dostupno je na digitalnoj platformi *mozaLearn* na internetskoj adresi **www.mozaweb.com/hr** pod identifikacijskim brojem **HR-ALFA-KEM2-1928**.

© Alfa

Ova knjiga, ni bilo koji njezin dio, ne smije se umnožavati ni na bilo koji način reproducirati bez nakladnikova pismenog dopuštenja.

Mozaik Education Ltd. zadržava intelektualno vlasništvo i sva autorska prava za komercijalne nazive *mozaBook*, *mozaWeb* i *mozaLearn*, digitalne proizvode, sadržaje i usluge proizvedene neovisno o nakladniku Alfa d. d.



Kennija²



Dragi učenici,

udžbenik iz kemije **Kemija 2** predviđen za učenike drugoga razreda gimnazije napisan je na općim i specifičnim ciljevima i načelima predmetnoga kurikula kemije po kojemu je nastavno gradivo razvrstano u pet tematskih cjelina a kroz četiri obvezna koncepta: *Tvari, Promjene i procesi, Energija i Prirodno-znanstveni pristup*.

Tim je slijedom nastavna građa podijeljena na cjeline: *Napredovanje kemijskih reakcija, Tvari, Energija i kemijske promjene, Kemijska kinetika i Otopine*.

Na kraju udžbenika je *Pojmovnik* s istaknutim i sažetim tumačenjem najvažnijih pojmova koji su u udžbeniku obrađeni na način usvajanja novih znanja i ostvarenja odgojno-obrazovnih ishoda predmetnog kurikula, a na temeljima već naučenog u prvom razredu gimnazije, povezivanja sa spoznajama iz drugih polja prirodnih znanosti (fizika, biologija, geologija, matematika).

Svaka tematska cjelina je obogaćena sadržajima koji omogućavaju ostvarenje i odgojno-obrazovnih ishoda međupredmetnih tema kao što su: Učiti kako učiti, Zdravlje, Održivi razvoj, Osobni i socijalni razvoj, Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije.

U sastavni dio obveznih sadržaja, gdje god je to bilo prikladno za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda, uključile smo čestične prikaze na atomsko-molekularskoj razini (mikroskopska razina poimanja) što značajno pridonosi usvajanju cjelovitog kemijskog pojma ili koncepta ističući neraskidivu vezu makroskopskog opažanja i mikroskopskog tumačenja pri opisu promjena. Udžbenik smo opremile prikladnim dijagramima, grafovima, crtežima struktura molekula prema pravilima struke, shemama i tablicama te odgovarajućim ilustracijama. Brojni grafički prikazi rezultata mjerenja temeljeni na pokusima i dalje su nit vodilja (potka razumijevanja prirodne znanosti kao što je kemija) kojima smo vas nastojale uvesti u sveobuhvatne zakonitosti struke (termodinamički i kinetički čimbenici i njihov predominantan utjecaj na kemijske promjene, odnosno njihov ishod).

Pojedini pojmovi kroz pokuse, istraživačke učeničke mini-projekte, zanimljivosti za one koji već sada znaju da će kemija biti njihov životni poziv, zanimanje, doprinose prirodno-znanstvenom pristupu poučavanja, ali istovremeno, kroz ponuđene teme individualnih istraživanja, nastojale smo osvijestiti kod vas odgovornost za svoje djelovanje što god odabrali za svoj životni poziv.

Kao i u udžbeniku prethodnoga razreda, svaka cjelina počinje s motivacijskom pričom koja naznačuje gradivo koje slijedi i kako ga staviti u taj veći okvir.

Pokuse i dalje radimo po pravilima struke koji se poštuju bez iznimke uz jasno otisnute mjere opreza i zaštite. I dalje vrijedi pravilo da se pokus izvodi tako da se najprije dobro pročita uputa, skiciraju koraci, bilježe opažanja jer su ona krucijalna u donošenju zaključaka. Rezultati mjerenja koje ste zabilježili, zaključci koje ste izveli bit će ujedno potvrda razine postignute osobne vještine eksperimentiranja.

Osim pokusa svaka cjelina ima primjere rješavanja numeričkih zadataka, a kroz **Provjerite svoje znanje** načinit ćete prvi korak, a to je samoevaluacija naučenog, usvojenog. Sadržaji iz udžbenika dovoljni su vam za uspješno rješavanje svakog postavljenog zadatka.

Mini projekti **Istražite** nude mogućnost proširivanja vlastitih horizonata u kemiji kao struci života.

Pored usmjerenih tema, nudimo vam provjerene internetske stranice za nadogradnju vlastitoga znanja: <https://euditorij.e-skole.hr> i <https://tesla.carnet.hr>

Elektronički udžbenik sastoji se od baze koja predstavlja digitalnu inačicu tiskanog udžbenika i digitalne nadogradnje u obliku slojeva s multimedijским i interaktivnim sadržajima. Dodani su zvučni zapisi, video zapisi, snimljeni pokusi, animacije i 3D-scene odnosno dinamički 3D-modeli s prikazima, animacijama, ugrađenim kvizovima i interaktivnim igrama te mogućnostima za doživljaj u virtualnoj stvarnosti.

I naposljetku, ali ne manje važno: budite znatiželjni, pitajte nas i inzistirajte na odgovorima. I slobodno izađite sa svojim idejama izvan okvira poznatog jer ćete time zadovoljiti svoju potrebu za otkrivanjem a unaprijediti razumijevanje procesa u kojima smo svi sudionici i svi na istoj strani – svi želimo što preciznije razumjeti zakonitosti održivosti života našeg predivnog, zelenog planeta Zemlje.

Autorice



POKUS



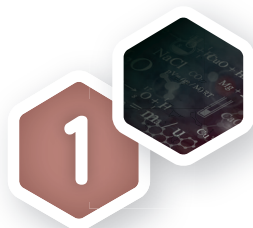
SAZNAJTE
VIŠE



ZNATE LI?



Napredovanje kemijskih reakcija



Doseg kemijske reakcije u stehiometriji	10
Mjerodavni reaktant	11

Tvari



Tvari	15
Metali	20
Reakcije metala	28
Nemetali	42
Oksidi metala i nemetala	44
Reakcije oksida s vodom	45
Hidridi metala i nemetala	55
Halogenidi i halogenovodici	70
Organski spojevi	75

Energija i kemijske promjene



Energija	100
Toplina i rad	101
Unutarnja energija sustava	103
Toplinski kapacitet	104
Entalpija	105
Egzotermne i endotermne reakcije	107
Promjena energije u kemijskim reakcijama – raskidanje i stvaranje kemijskih veza	112
Reakcijska entalpija	115
Računanje entalpije kemijske reakcije	121

Kemijska kinetika



Molekularnost i red reakcije	139
Čimbenici koji utječu na brzinu kemijske reakcije	142
Brzina kemijske reakcije i koncentracija reaktanata	143
Brzina kemijske reakcije i temperatura	145

Otopine



Otopine	152
Topljivost	155
Utjecaj temperature na topljivost	158
Utjecaj tlaka na topljivost	161
Zasićene, nezasićene i prezasićene otopine	162
Brzina otapanja čvrstih tvari	164
Izražavanje sastava otopina	167
Priprava, miješanje i razrjeđivanje otopina	172
Koligativna svojstva otopina	179

Pojmovnik	190
-----------	-----

1

Napredovanje kemijskih reakcija

Ako se u sustavu zbiva reakcija za koju možemo napisati jednadžbu kemijske reakcije, onda je napredovanje te reakcije određeno promjenom količina svih sudionika (količine reaktanata i produkata). No jednako tako promjena količine bilo kojeg sudionika reakcije jednoznačno određuje koliko je reakcija napredovala. Količina ovdje predstavlja bilo koju od fizičkih veličina kojima je opisujemo (masa, množina, broj jedinki, volumen).

Učenik će moći:

- primijeniti kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari (SŠ KEM A.2.2.)
- analizirati kemijske promjene anorganskih i organskih tvari (SŠ KEM B.2.2.)
- napisati jednadžbu kemijske reakcije (SŠ KEM B.2.2.)
- povezati doseg reakcije s množinom reakcijskih pretvorbi (SŠ KEM D.2.2.)
- na temelju računa odrediti doseg kemijske reakcije (SŠ KEM D.2.2.)
- odrediti mjerodavni reaktant u reakciji i izračunati masu nastalog produkta u reakciji (SŠ KEM D.2.2.)
- povezati rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama (SŠ KEM D.2.1.)

Pored ishoda zadanih kurikulumom predmeta kemije učenik će:

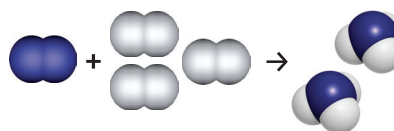
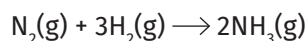
- kvalitativno zaključivati rješavajući problem, odabirati odgovarajuće jednadžbe za zadani problem, računati iznos fizičke veličine (FIZ SŠ C.1.8.), razlikovati osnovne i izvedene mjerne jedinice i međusobno ih pretvarati (FIZ SŠ C.1.8.)
- samostalno odabrati odgovarajuću digitalnu tehnologiju (IKT A 3.1.)
- samostalno kritički procijeniti proces, izvore i rezultate pretraživanja, te odabrati potrebne informacije (IKT C 4.3.)

Doseg kemijske reakcije u stehiometriji

Doseg reakcije je fizička veličina koja opisuje napredovanje kemijske reakcije. Doseg reakcije povezan je s jednadžbom kemijske reakcije, tj. jednak je množini reakcijskih pretvorbi (n_r), odnosno broju reakcijskih pretvorbi (N_r) i označava se grčkim slovom ξ (**ksi**).

$$\xi = n_r = \frac{N_r}{N_A}$$

Primjerice, reakcija sinteze amonijaka prikazana jednadžbom kemijske reakcije



Stehiometrijski koeficijent za reaktante je manji od nule, ($v_r < 0$), a za **produkte** veći od nule ($v_p > 0$). U jednadžbi kemijske reakcije navedene su apsolutne vrijednosti stehiometrijskih koeficijenata.

opisuje pretvorbu jedne molekule dušika i tri molekule vodika u dvije molekule amonijaka. Kada se dogodi $6,022 \times 10^{23}$ pretvorbi, kažemo da se dogodio 1 mol pretvorbi, odnosno da je doseg reakcije 1 mol.

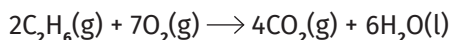
U molu pretvorbi, odnosno pri dosegu 1 mol reakcije, utrošiti će se jedan mol molekula dušika i tri mola molekula vodika, a nastati dva mola molekula amonijaka. Doseg reakcije izračunava se iz promjene množine bilo kojeg sudionika reakcije podijeljene s njegovim stehiometrijskim koeficijentom.

$$\xi = \frac{\Delta n(X)}{v(X)}$$

Δn – promjena množine tvari

$n(X)$ – stehiometrijski koeficijent reaktanta ili produkta X, označava se grčkim slovom v (ni)

Primjerice ako je u reakciji gorenja etana prikazanoj jednadžbom kemijske reakcije



nastalo 1,6 mol ugljikova(IV) oksida doseg reakcije će biti:

$$\xi = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{v(\text{CO}_2)} = \frac{1,6 \text{ mol}}{4} = 0,4 \text{ mol}$$

Ako je u istoj reakciji utrošeno 0,8 mol etana, doseg reakcije će biti:

$$\xi = \frac{\Delta n(\text{C}_2\text{H}_6)}{v(\text{C}_2\text{H}_6)} = \frac{0,8 \text{ mol}}{2} = 0,4 \text{ mol}$$

Za istu reakciju doseg će biti isti, neovisno s kojim sudionikom reakcije se računa.

Mjerodavni reaktant

Razmisлите

Raspolažemo s 8 jednakih, duljih trupova i 27 jednakih, kratkih prečica, a želimo načiniti ljestve s devet kraćih prečica. Koliko ljestava se može složiti od tog raspoloživog materijala? Koji materijal to diktira, tj. koji je mjerodavan?



Primjer:

Reakcijom 6,00 g magnezija i 2,00 g kisika nastaje magnezijev oksid. Odredite masu nastalog magnezijeva oksida (MgO).

Zadano je:

$$m(\text{Mg}) = 6,00 \text{ g}$$

$$m(\text{O}_2) = 2,00 \text{ g}$$

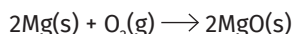
Treba izračunati:

$$m(\text{MgO}) = ?$$

Izradak:

Korak 1.

Napiše se jednadžba kemijske reakcije:



Iz jednadžbe kemijske reakcije odrede se omjeri množina tvari:

$$n(\text{Mg}) : n(\text{O}_2) : n(\text{MgO}) = 2 : 1 : 2$$

Korak 2.

Izračunamo množine reaktanata:

$$n(\text{Mg}) = \frac{6,00 \text{ g}}{24,3 \text{ g mol}^{-1}} = 0,247 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{2,00 \text{ g}}{32,0 \text{ g mol}^{-1}} = 0,063 \text{ mol}$$

Korak 3.

Izračuna se doseg reakcije:

$$\xi = \frac{\Delta n(\text{X})}{\nu(\text{X})}$$

$$\xi (\text{za magnezij}) = \frac{0,247}{2} \text{ mol} = 0,124 \text{ mol}$$

$$\xi (\text{za kisik}) = \frac{0,063}{1} \text{ mol} = 0,063 \text{ mol}$$

Tvari u nekoj kemijskoj reakciji reagiraju u stalnim omjerima.

Reaktant koji u kemijskoj reakciji određuje maksimalnu vrijednost dosega reakcije naziva se **mjerodavni reaktant** (limitirajući reaktant).

Stoga je u reakciji mjerodavni reaktant kisik (doseg mu je manji od magnezija).

Korak 4.

Masu nastalog produkta određuje mjerodavni reaktant. Iz omjera njihovih množina slijedi:

$$n(\text{MgO}) = 2n(\text{O}_2)$$

$$n(\text{MgO}) = 2 \times 0,063 \text{ mol} = 0,126 \text{ mol}$$

$$m(\text{MgO}) = n(\text{MgO}) \times M(\text{MgO})$$

$$m(\text{MgO}) = 0,126 \text{ mol} \times 40,3 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{MgO}) = 5,08 \text{ g}$$

Korak 5.

Za reakciju s 0,063 mol kisika utroši se 0,126 mol magnezija, dakle, nakon što se potroši sav kisik u reakcijskoj smjesi, preostaje određena množina magnezija. Magnezij je **reaktant u suvišku**.

$$n(\text{Mg}) = 0,247 \text{ mol} - 0,126 \text{ mol} = 0,121 \text{ mol}$$



POKUS

POKUS: Reakcija bakra i sumpora

Pribor:

epruveta, drvena hvataljka, vaga, plamenik, šibice

Kemikalije:

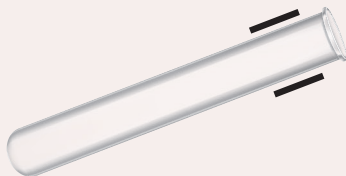
sumpor (prah), bakar (tanka bakrena žica)

Mjere opreza:

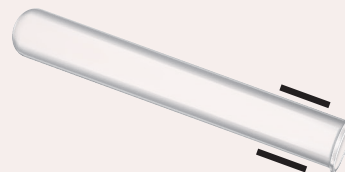
Koristiti zaštitne naočale. Opasnost od opekline.

Postupak:

- Izvagati uzorke: 2,00 g bakra i 0,75 g sumpora.
- Izvagane uzorke staviti u epruvetu i sadržaj zagrijavati dok se bakar ne zažari (slika 1).
- Epruvetu malo nagnuti s otvorom prema dolje i sadržaj zagrijavati dok se sumpor ne odvoji od produkta (slika 2). Epruvetu ostaviti u istom položaju dok se sadržaj ne ohladi.
- Produkt reakcije istresti iz epruvete i izvagati. Zabilježiti masu nastalog produkta.
- Zabilježite opažanja tijekom izvođenja pokusa.



slika 1



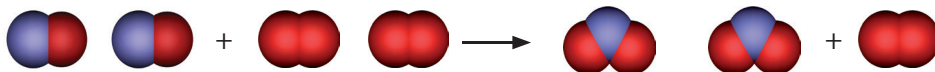
slika 2

Zadatci:

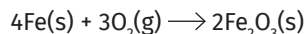
1. Reakcijom bakra i sumpora nastaje bakrov(II) sulfid koji daljnjim žarenjem prelazi u bakrov(I) sulfid i sumpor. Jednadžbama kemijskih reakcija prikažite opisane promjene.
2. Na temelju mase reaktanata izračunajte i zaključite koji je reaktant mjerodavan, a koji je u suvišku.
3. Na temelju mase mjerodavnog reaktanta izračunajte masu bakrova(I) sulfida koji bi mogao nastati reakcijom.

Provjerite svoje znanje

1. Kalotnim modelima prikazan je sastav reakcijske smjese. Napišite jednadžbu kemijske reakcije. Odredite koja tvar je mjerodavni reaktant, a koji reaktant u suvišku.

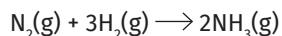


2. Odredite mjerodavni reaktant i izračunajte masu magnezijeva oksida nastalu reakcijom 5 g magnezija i 4 g kisika.
3. Izravnom sintezom 2,00 g kalija i 3,00 g klora nastaje kalijev klorid.
- A. Odredite mjerodavni reaktant u reakciji i izračunajte masu nastalog kalijeva klorida.
- B. Odredite masu reaktanta u suvišku, preostalu nakon kemijske reakcije.
4. Oksidacijom željeza nastaje željezov(III) oksid.

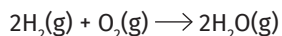


Izračunajte množinu i masu nastalog produkta ako je u reakcijskoj smjesi pomiješano 3,5 mola željeza i 6 mola kisika.

5. Amonijak se dobiva izravnom reakcijom dušika i vodika.



- A. Koliko će litara amonijaka nastati reakcijom 16 L dušika i 18 L vodika pri tlaku 101 325 Pa i temperaturi 0 °C?
- B. Odredite broj molekula amonijaka u dobivenom uzorku pri tlaku 101 325 Pa i temperaturi 0 °C.
6. Uzorak smjese koja sadrži 100 g vodika i 100 g kisika izložen je djelovanju električne iskre. Reakciju nastajanja vode prikazuje sljedeća jednadžba kemijske reakcije:



- A. Odredite koji od reaktanata je mjerodavni reaktant.
- B. Izračunajte masu vode nastale u reakciji.
- C. Izračunajte masu reaktanta u suvišku.
7. Izračunajte masu aluminijeva klorida (AlCl_3) koji nastaje reakcijom 2,1 g aluminija i 8,51 g klora. Koji je reaktant u suvišku? Izračunajte kolika će masa tog reaktanta ostati neutrošena.
8. Izravnom reakcijom natrija i klora nastaje natrijev klorid. Ako na raspolaganju imamo 12,5 g natrija i 25,5 g klora odredite mjerodavni reaktant i izračunajte masu nastalog natrijeva klorida.
9. Izračunajte masu kalijeva klorida nastalog izravnom sintezom 2,00 g kalija i 3,00 g klora.
- A. Koji reaktant je mjerodavni reaktant?
- B. Koji reaktant je reaktant u suvišku?
10. Oksidacija glukoze prikazana je jednadžbom kemijske reakcije: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6\text{(s)} + 6\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 6\text{CO}_2\text{(g)} + 6\text{H}_2\text{O(l)}$
- A. Izračunajte množinu nastalog ugljikova(IV) oksida koji nastaje reakcijom 25 g glukoze i 40 g kisika.
- B. Izračunajte množinu reaktanta u suvišku, preostalu nakon kemijske reakcije.



Tvari

Očaravajuće boje polarne svjetlosti – Aurore Borealis pripadaju kemiji Zemljine atmosfere. Zanima li nas zbog čega nastaje ta pojava, ili nešto bliže – prekrasan vatromet kojim mi ljudi volimo obilježiti nama važne događaje? Ili još bliže, topli osjećaji dok gledamo plamene jezičke u kaminima. Mogli bismo tako unedogled nabrajati, no tu ćemo se zaustaviti jer se takve i druge pojave svakodnevno događaju oko nas, ali ih mi uzimamo zdravo za gotovo. Odgovore na ta pitanja daje kemija jer kemijske promjene tvari omogućuju pojavu prekrasnih boja, svjetla, topline, tvari od kojih su načinjeni predmeti koje koristimo svakodnevno.

Učenik će moći:

- navesti, opisati i usporediti svojstva metala i nemetala (SŠ KEM A.2.1.)
- prikazati čestičnu građu tvari (oksida metala i nemetala, kiselina, baza, soli, ugljikovodika i halogenoalkana) (SŠ KEM A.2.2.)
- objasniti reaktivnost odabranih metala i nemetala (SŠ KEM B.2.2.)
- jednadžbama prikazati kemijske promjene tvari, nastajanje hidrida, oksida, kiselina i baza te soli odabranih kemijskih elemenata (SŠ KEM B.2.2.)
- opisati i objasniti kemijsku građu i svojstva ugljikovodika (alkana, alkena i alkina) (SŠ KEM A.2.1.)
- jednadžbama prikazati kemijske promjene u reakcijama supstitucije i adicije na ugljikovodicima te eliminacije na halogenoalkanima (SŠ KEM B.2.2.)
- uočiti periodičnost svojstava kemijskih elemenata i spojeva (SŠ KEM B.2.2.)
- kritički razmotriti upotrebu oksida, soli, ugljikovodika i halogenoalkana i njihov utjecaj na okoliš (SŠ KEM A.2.3.)
- usporediti reaktivnost anorganskih i organskih tvari na temelju izvedenih pokusa (SŠ KEM D.2.1.)
- modelima prikazati čestičnu građu tvari uključenih u promjene i procese (SŠ KEM D.2.3.)
- prikazati čestičnu građu kiselina, baza i soli (SŠ KEM A.2.2.)
- usporediti svojstva kiselina, baza i soli (SŠ KEM A.2.1.)
- jednadžbama prikazati reakcije dobivanja kiselina, baza i soli (SŠ KEM A.2.2.)
- objasniti i kritički razmotriti upotrebu kiselina, baza i soli i njihov utjecaj na okoliš (SŠ KEM A.2.3.)

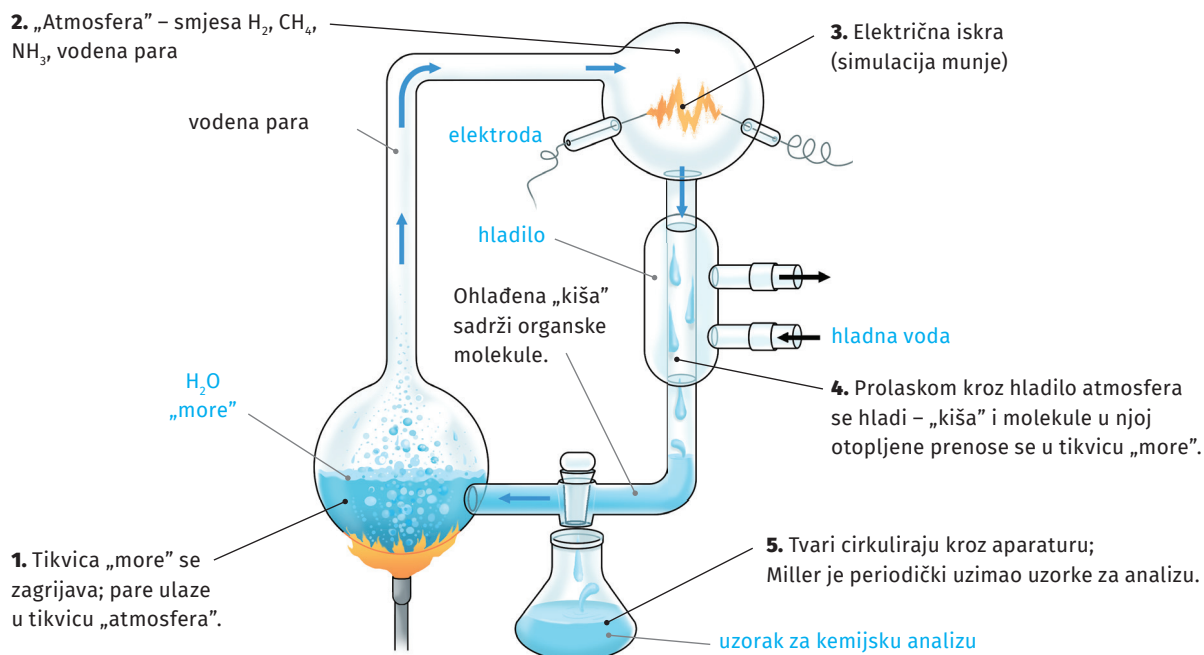
Pored ishoda zadanih kurikulumom predmeta kemije učenik će:

- koristeći znanja o svojstvima tvari moći prikupiti relevantne suvremene podatke o dizajniranju spojeva ciljanih svojstava i promicati načela „zelene kemije“ koji kao rezultat nude ekonomski razvoj na sigurnijim modelima, sigurnost, nezagađeni okoliš (ODR C.4.4. IKT A.4.4.)
- objašnjavati važnost uspostavljanja prirodne ravnoteže (ODR A.4.2.), procjenjivati utjecaj eko-sustava na kvalitetu života (ODR A.4.3.), aktivno djelovati u skladu s načelima održivog razvoja s ciljem zaštite prirode i okoliša; prosuđivati značaj održivog razvoja i kritički raspravljati o izazovima za postizanje opće dobrobiti (ODR A.4.1.)
- moći prikupljati, analizirati i vrednovati podatke o utjecaju gospodarstva, državne politike i svakodnevne potrošnje građana na održivi razvoj (ODR A.4.4.), promicati inovativna rješenja – plava ekonomija, ekološko modeliranje, djelovati prema rješavanju problema (urbana permakultura, niskougljični razvoj Hrvatske) (ODR B.4.2.)
- argumentirano procjenjivati utjecaj tehnologije na zdravlje i okoliš (IKT A.4.4.)

Tvari

Naš planet nastao je prije više od četiri i pol milijarde godina kondenzacijom oblaka sastavljenog od čestica prašine i kamenja koje je okruživalo mlado Sunce. Prvih nekoliko stotina milijuna godina Zemlju su bombardirali komadi stijena i leda koji su zaostali od nastanka Sunčeva sustava. Sudarima oslobođena toplina uzrokovala je isparavanje sve raspoložive vode i time spriječila stvaranje oceana i jezera. Ta su bombardiranja prestala prije 4 milijarde godina i time su bili stvoreni uvjeti za početak života. Prva atmosfera sadržavala je vrlo malo kisika i bila prepuna vodene pare i raznih tvari oslobođenih erupcijama vulkana, kao što su dušik i njegovi oksidi, ugljikov(IV) oksid, amonijak i vodik. Kako se Zemlja hladila, vodena se para kondenzirala u oceane, a veći dio vodika nestao je u prostoru. Početkom 20. st. ruski kemičar A. I. Oparin i engleski znanstvenik J. B. S. Haldane, neovisno jedan o drugome, postavljaju hipotezu da je rana Zemljina atmosfera bila reduktivna (elektron-donorska) i da su organski spojevi mogli nastati od jednostavnih molekula, a svjetlost i UV-zračenje osiguralo je energiju potrebnu za te sinteze. Haldane je smatrao da su oceani bili otopina organskih spojeva, neka svojevrsna „juha“ iz koje je potekao život. Sredinom 20. st. S. Miller i H. Urey testiranjem spomenute hipoteze eksperimentom simulacije uvjeta erupcije vulkana dobili su 20-ak aminokiselina. Ponovljeni pokus 2008. rezultirao je sintezom čak 80-ak aminokiselina. Ipak, postoje naznake da rana atmosfera nije bila ni reduktivna ni oksidativna i da je sadržavala samo dušik i ugljični dioksid. Nedavnim eksperimentima u simuliranoj „neutralnoj“ atmosferi također je došlo do sinteze organskih spojeva, iako je moguće da su dijelovi atmosfere blizu otvora vulkana imali svojevrsne „džepove“ koji su bili reduktivnih svojstava.

SLIKA 2.1
Shematski prikaz
Millerova
eksperimenta



Drugom hipotezom tumači se postanak života u oceanima uz hidrotermalne otvore. Zbog visokih temperatura vodene pare nisu bili pogodan medij za nastanak stabilnih organskih spojeva, ali je bilo otvora kroz koje se oslobađala lužnata voda (pH 9-11), temperatura 40 - 90 °C mogla bi pogodovati razvoju živih organizama. Raspoznaje se poimanje da se sinteza organskih spojeva može događati i u abiotskim uvjetima (abiotski uvjeti – izvan živog organizma). Štoviše, energija za te sinteze mogla je potjecati od gradijenta pH vode unutar tih otvora. I meteoriti bi mogli biti izvorom organskih spojeva.

Naime, 1969. meteorit Murchison, pronađen u Australiji (star 4,5 milijarde godina) sadržavao je 80-ak aminokiselina, i one nisu mogle potjecati od kontaminacije sa Zemlje jer su sve bile prisutne u smjesi s 50 %-tnim udjelom L- i D-izomera, a zna se da organizmi sintetiziraju samo L-izomere (uz nekoliko iznimaka). Taj je meteorit sadržavao i lipide, jednostavne šećere i uracil (dušikovu bazu).

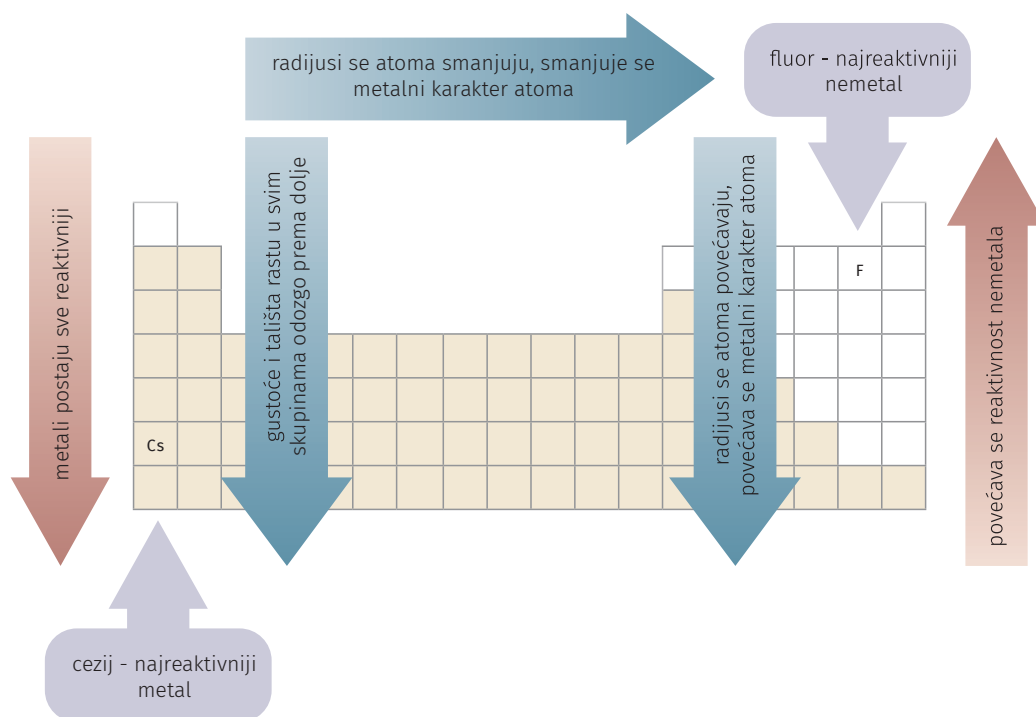
Miller je složio aparaturu, zatvoren sustav kako bi imitirao pretpostavljenu atmosferu u ranoj povijesti Zemlje (slika 2.1) i identificirao formaldehid, cijanovodik, različite aminokiseline. Pročitajte: S. L. Miller, 1953. *Science* **117**, 528-529.

Istražite

- Što bi moglo još nastati da je u „atmosferi” bio prisutan sumporovodik?
- Opišite i kritički se osvrnite na pokus njemačkoga kemičara Friedricha Wöhlera iz 1828. i njegovo iznenađenje dobivenim produktom.

Ponovite:

- Definirajte sljedeće fizičke veličine: radijus atoma, energija ionizacije i afinitet prema elektronu.
- Kako se kroz PSE mijenjaju radijus atoma, energija ionizacije i afinitet prema elektronu.
- Što je elektronegativnost i kako se mijenja kroz PSE. Navedite koji je element najelektronegativniji.



SLIKA 2.2
Opažene pravilnosti u periodnom sustavu elemenata

Provjerite svoje znanje

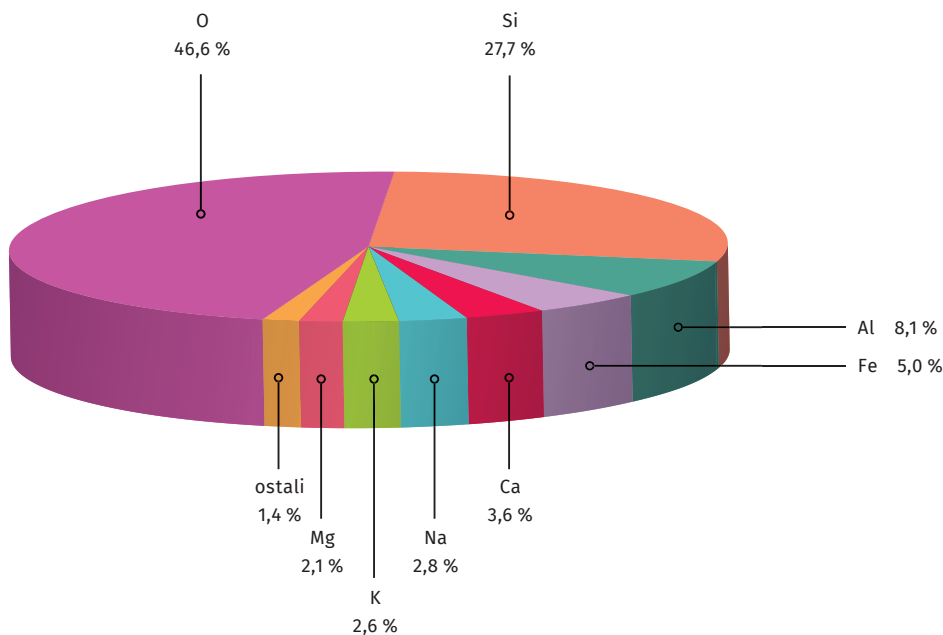
1. Odredite slovo ispred točnih tvrdnji:
 - a) Unutar periode afinitet atoma prema elektronu opada.
 - b) Atomi halogenih elemenata imaju najveće afinitete prema elektronima u svojim periodama.
 - c) Atomi metala imaju manji afinitet prema elektronu od atoma nemetala.
 - d) Unutar skupine afinitet atoma nekog elementa prema elektronu se smanjuje.
2. Koje tvrdnje o ionskom radijusu su točne?
 - a) Ionski radijus svojstven je neutralnim atomima, kationima i anionima.
 - b) Kation je većeg ionskog radijusa od radijusa neutralnog atoma iz kojeg je nastao.
 - c) Anion ima veći ionski radijus od neutralnog atoma iz kojeg je nastao.
 - d) Ionski radijus imaju kationi i anioni.
3. Koji od atoma u nizu ima najveću energiju ionizacije?
 - a) Br
 - b) K
 - c) S
 - d) Cl
4. Poredajte nabrojene atome od većeg prema manjem: Na, Al, P, Cl, Mg.
5. Odredite broj protona i elektrona sljedećim ionima:
 - a) Ca^{2+}
 - b) O^{2-}
 - c) P^{3-}
 - d) Cl^-
6. Najmanju energiju ionizacije imaju:
 - a) alkalijski metali
 - b) zemnoalkalijski metali
 - c) prijelazni metali
 - d) halkogeni elementi
 - e) halogeni elementi
7. Elektronsku strukturu valentne ljuske 2, 6 imaju:
 - a) alkalijski metali
 - b) zemnoalkalijski metali
 - c) prijelazni metali
 - d) halogeni elementi
 - e) plemeniti plinovi
8. Atom kojeg plemenitog plina nema osam elektrona u valentnoj ljusci?
9. Grupirajte izoelektronske jedinice:
 Be^{2+} , F^- , Fe^{2+} , N^{3-} , He, S^{2-} , Co^{3+} , Ar.
10. Napišite raspored elektrona po ljuskama elektronskoga omotača atoma sljedećih kemijskih elemenata:
 - a) kalija
 - b) magnezija
 - c) klora
 - d) željeza

Rasprostranjenost kemijskih elemenata na Zemlji

Najočigledniji izvor anorganskih tvari je Zemlja. Od njene mase (otprilike 6×10^{24} kg) tek 1 ppb (lat. *partes per billionem*, dijelova na milijardu) pripada biosferi. Oko trećine Zemljine mase otpada na jezgru (za koju se drži da je sastavljena od legure željeza i nikla), oko dvije trećine na plašt, a manje od 0,5 % na koru.

Velika zastupljenost silicija i kisika proizlazi iz strukture stijena koje su najvećim dijelom izgrađene od raznih silikata.

Reaktivniji metali u prirodi su prisutni u obliku ruda, raznih minerala, dok se oni manje reaktivni kao što su bakar, srebro ili zlato mogu pronaći u elementarnome stanju (za njih se kaže da su samородni elementi). Nama je važno da su zalihe tehnološki važnih metala, željeza, aluminijskog i magnezijevog gotovo neiscrpne.



SLIKA 2.3

Zastupljenost elemenata u Zemljinoj kori.

Metali

Fizička svojstva metala

Pri sobnoj temperaturi svi metali osim žive su čvrste tvari. Sjajni su, dobri vodiči struje i topline, kovki (mogu se kovati do vrlo tankih listova, lamela), elastični (duktilni, mogu se izvlačiti do vrlo tankih žica). Većina ih ima visoka tališta kao i velike gustoće.

Atomi u kristalnoj strukturi metala otpuštaju svoje valentne elektrone koji postaju zajednički svim atomima. Otpušteni elektroni ponašaju se u metalu kao plin, tzv. "elektronski plin". Veza u metalima je jaka, no nije usmjerena.



SLIKA 2.4

Živa je jedini metal u tekućem stanju pri sobnoj temperaturi



SLIKA 2.5

Bakar je metal crveno smeđe boje



SLIKA 2.6

Zlato



ZNATE LI?

Od svih je metala galiju svojstven najširi temperaturni interval u kojem on postoji u tekućem stanju (talište mu je pri 29,8 °C, a vrelište pri 2250 °C). To upućuje na zaključak da između galijevih atoma vladaju jake privlačne sile (visoko vrelište), ali da mu je energija kristalne rešetke niska. Galij se stoga upotrebljava za izradu termometara za mjerenje visokih temperatura.



SLIKA 2.7

Galij