

prof. dr. sc. Zora Popović
Ljiljana Kovačević

Kemija 1

Udžbenik iz kemije za prvi razred gimnazije

3. izdanje



2022.



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

izv. prof. dr. sc. Draginja Mrvoš-Sermek

Kristina Kristek

Lektura

Kristina Ferencina

Korektura

Marijana Ivić

Likovno i grafičko oblikovanje

Irena Lenard

Ranko Peršić

Ilustracije

Željko Popović

Fotografija

arhiva Alfe

shutterstock.com

Digitalno izdanje

Alfa d. d.

Mozaik Education Ltd.

Tehnička priprema

Alfa d. d.

Tisak

Tiskara Dvornik

Proizvedeno u Republici Hrvatskoj, EU

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

KLASA: **602-09/19-03/00045**, URBROJ: **533-06-19-0002**, od **7. lipnja 2019.**

CIP zapis dostupan je u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem **001124412**.

OPSEG PAPIRNATOG IZDANJA	MASA PAPIRNATOG IZDANJA	KNJIŽNI FORMAT	CIJENA
156 str.	343 g	265 mm (v) x 210 mm (š)	110,00 kn

Digitalno izdanje dostupno je na digitalnoj platformi *mozaLearn* na internetskoj adresi **www.mozaweb.com/hr** pod identifikacijskim brojem **HR-ALFA-KEM1-0396**.

© 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.



SADRŽAJ



I. Uvod 6

Prigoda čeka pripremljen um	8
Točnost i preciznost mjerenja	9
Značajne znamenke	10
Mjere sigurnosti u kemijskom laboratoriju	12
Prisjetite se naučenog o kemijskim elementima, spojevima i smjesama	14



1. Atomska struktura 20

Daltonova atomistička teorija	22
Građa atoma	23
Izotopni i izobarni nuklidi	26
Relativna atomska masa	28
Razmještaj elektrona u atomima	30



2. Periodni sustav elemenata i periodičnost svojstava 34

Kemijski elementi	36
Razvoj periodnog sustava elemenata	37
Periodni sustav elemenata i struktura atoma	39
Periodičnost svojstava elemenata	40
Radius atoma	41
Energija ionizacije	41
Afinitet prema elektronu	43
Elektronegativnost	44



3. Kemijske veze 50

Kemijske veze	52
Ionska veza	53
Lewisova simbolika	57
Energija kristalne rešetke (ionske veze)	58
Ionski kristali	59
Svojstva ionskih spojeva	62
Pisanje formula ionskog spoja	62
Kovalentna veza	64
Lewisove formule	68
Atomski kristali	70
Molekulski kristali	73
Alotropija	73
Polimorfija	74
Energija kovalentne veze	75
Nomenklatura (nazivlje) anorganskih i organskih spojeva	75
Oblik molekula	81
Elektronegativnost i polarnost veze – dipolni moment	84
Međumolekulske sile	88
Veza u metalima	91
Kristali metala	92



4. Fizička svojstva čvrstih tvari, tekućina i plinova 98

Svojstva tvari	100
Kinetička teorija – tvari su građene od čestica	104
Promjene agregacijskih stanja	106
Promjene tvari i energija	111
Svojstva tekućina	113
Otapanje čvrstih tvari	120
Otapanje plinova	123



5. Kemijski račun 126

Relativna molekulska masa (M_r)	128
Izražavanje sastava kemijskog spoja	128
Brojnost jedinki (N)	130
Množina tvari (n)	130
Molna (molarna) masa (M)	132
Određivanje empirijske i molekulske formule	134
Molni (molarni) volumen plina	137
Stehiometrija kemijskih reakcija	139

Pojmovnik	145
Dodatci	152

Predgovor

Dragi učenici,

kemija je egzaktna eksperimentalna znanost pomoću koje upoznajemo svojstva tvari i proučavamo promjene u njihovu sastavu te spoznajemo uvjete pod kojima se te promjene odvijaju. To su podatci na osnovi kojih kemičari kreiraju teorije, postavljaju hipoteze. Najveća je snaga teorija u tome da nam omogućuju predviđanje rezultata eksperimenata koje tek treba načiniti. Dakle, ponovno je eksperiment na potezu, ali ovaj put osmišljen tako da se provjeri postavljena hipoteza. Tek kada rezultati mnogobrojnih neovisno izvedenih pokusa potvrđuju neku teoriju, postavljaju se zakoni. Katkad je prije postavljanja zakona potrebno modificirati teoriju ako je rezultati eksperimenata posve ne potvrđuju. To je strategija koju svaki znanstvenik koristi pri rješavanju nekog znanstvenog problema. Da biste stekli sposobnost predviđanja svojstava novih spojeva, mogućih kemijskih reakcija, potrebno je usvojiti mnogo činjenica, a pokusima se one najlakše uče.

Stoga smo u ovom udžbeniku predvidjele pokuse da vam učenje kemije ne bude preteško, barem ne na samom početku. Pokusi su tu radi razvijanja vještina slaganja određenih aparatura, što je ponajprije važno za buduće kemičare, ali i radi razvijanja umijeća promatranja i opažanja pojava jer je to umijeće važno što god radili u životu. Potrebna mjerenja u pokusima izvodite pažljivo. Bilježite opažene promjene jer će vam tako prikupljeni podatci služiti kao osnova pri izvođenju zaključaka o nekoj kemijskoj promjeni, a čemu će pripomoći i dodatni zadatci koje ćete naći u digitalnoj inačici udžbenika.



Osim pokusa vezanih uz predviđene nastavne sadržaje, u udžbeniku su i zadatci za provjeru znanja. Nastojte ih samostalno rješavati. Udžbenik nudi sve potrebne sadržaje za njihovo rješavanje, a putokaz u traženju odgovora otisnuti su ključni pojmovi, a cjelovite odgovore na sva deskriptivna pitanja koji će vam omogućiti samoevaluaciju usvojenog znanja naći ćete također u digitalnoj inačici udžbenika.



U udžbeniku su predviđeni i mini istraživački projekti koji nude mogućnost obogaćivanja i proširivanja spoznaja iz pojedine nastavne cjeline, a unutar su nekih vaših potencijalnih interesa ili znatiželje.

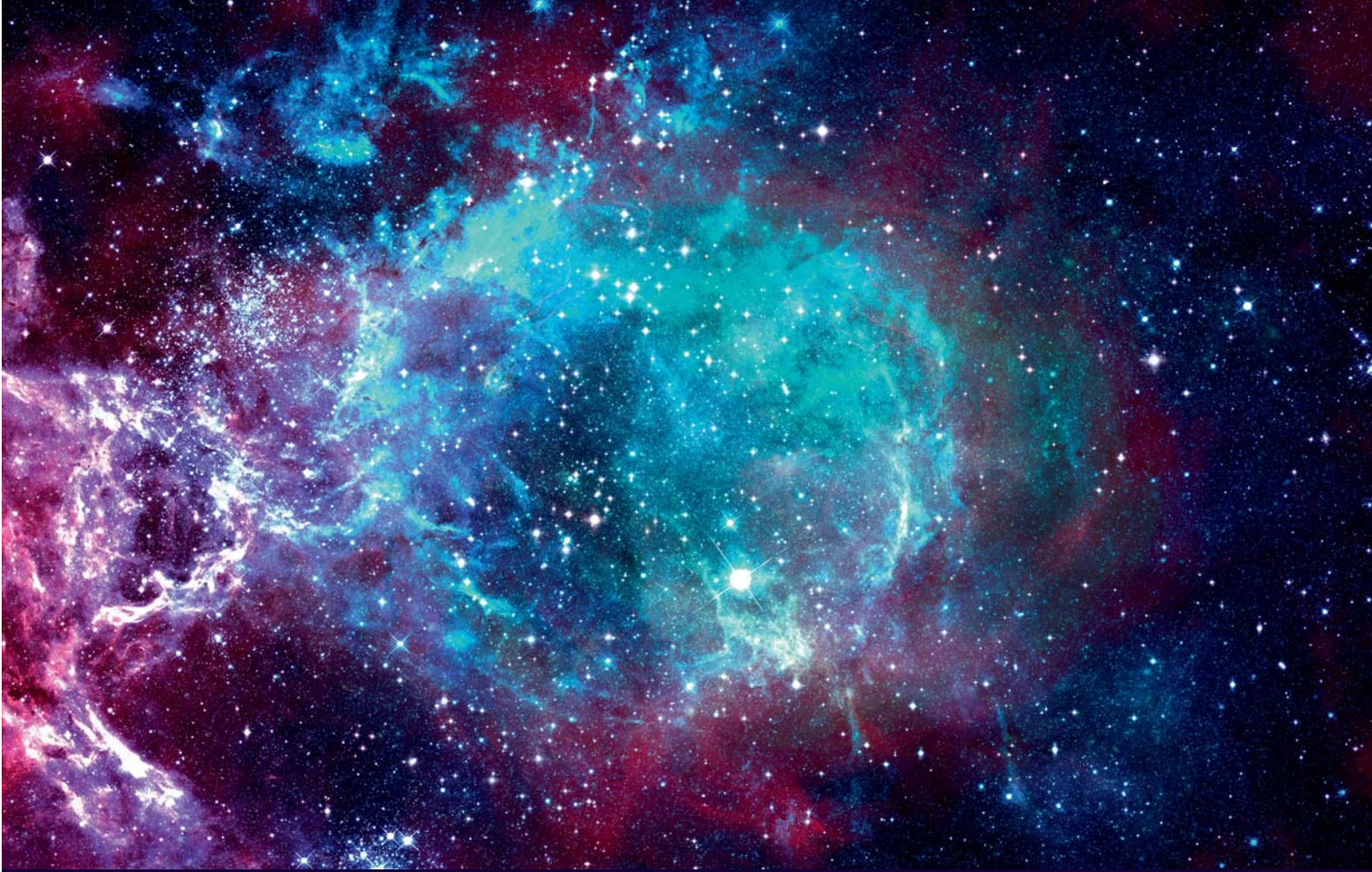


Dodatne informacije slobodno možete potražiti na sljedećim internetskim stranicama: <https://edutorij.e-skole.hr/>, <https://tesla.carnet.hr/>.

Da biste odabrali kemiju kao svoju buduću profesiju, trebate oduševiti samo jednu osobu, a to ste vi sami.

No ako vam u budućoj profesiji kemija i ne bude u fokusu, vjerujemo da će vam se svidjeti ljepota njezine logičnosti i mnogostruke primjene.

Autorice



I. Uvod

Napredak astrofizike u posljednjem desetljeću rezultirao je otkrićima koja su posve promijenila naše poznavanje svemira. Jedno od njih je rezultat da „vidljiva” tvar (čine ju protoni, neutroni i elektroni) čini svega 4 % mase svemira, dok se ostatak sastoji od „tamne tvari” (23 %) i „tamne energije” (73 %). Još se ne zna što čini tamnu energiju i tamnu tvar. Jezgre atoma vodika i atoma helija daleko su najbrojnije i čine 96-99 % ukupne materije svemira.

Učenik će moći:

- koristiti se pravilima za određivanje značajnih znamenki pri iskazivanju rezultata, te procijeniti točnost izmjerenih vrijednosti (SŠ KEM D.1.2.)
- izvesti zaključke na temelju rezultata pokusa (SŠ KEM D.1.1.)
- podatke prikupljene pokusom i/ili radom na tekstu prikazati tablicama i grafovima (SŠ KEM D.1.3.)
- primjenjivati mjere opreza i zaštite pri rukovanju s anorganskim i organskim spojevima (SŠ KEM A.1.2.)
- kritički razmatrati upotrebu anorganskih i organskih tvari i njihov utjecaj na okoliš (SŠ KEM A.1.4.)
- poznavanjem strukture atoma i posljedično njihovih različitih kemijskih spojeva koji izravno utječu na zdravlje upotrebljavati mjere opreza pri radu, mjere samopomoći i pomoći drugoj zdravstveno ugroženoj osobi (ZDR C.4.1.A.; C.4.2.A.; C.4.2.B.; C.4.2.C.)
- samovrednovati proces učenja, svoje rezultate, procjenjivati napredak i tražiti/razvijati nove strategije učenja (UKU B.4/5.4.), uspješno surađivati s kolegama iz razreda, tražiti njihovu/nastavnikovu pomoć (UKU D.4/5.2.)

Prigoda čeka pripremljen um

Kemija je znanost o tvarima i njihovim promjenama. Kemičar pojave oko sebe promatra, odnosno proučava „iznutra”. Svojstva tvari uvjetovana su njihovom građom, tj. prirodom kemijskih veza koje djeluju između čestica koje ih izgrađuju. Razumijevanje prirode kemijske veze omogućuje kemičaru predviđanje ponašanja tvari u različitim uvjetima, što znači da se kemijske promjene mogu predvidjeti, odnosno iskoristiti kao „alat” za pripremu novih tvari sasvim određenih, željenih svojstava. Što se više eksperimentalnih podataka u lancu svojstva-struktura-funkcija-aktivnost prikupi, to će se više proširiti i naše opće razumijevanje pojava koje se oko nas događaju, a za naš sveopći boljitak.

Pa kako to razmišlja kemičar? Kako se to znanstveno uči ili uči znanost? Osnovni je preduvjet pripremiti um! I to se određenim „vježbama” postiže bez većih teškoća.

Odmah treba istaknuti da znanstvena metoda nije „recept iz kuharice” koji, ako ga potpuno slijedimo, jamči novo otkriće. Mnogo je bolje reći da se radi o organiziranom pristupu pri rješavanju znanstvenih problema.

Svaki znanstvenik ili znanstvenica obogaćuje znanstvenu studiju svojom osobnom radoznalošću, kreativnošću i vizijom. No ponešto iz pristupa „kuharice” ipak je uključeno u znanstveni pristup. Tijekom rada u laboratoriju iskoristit ćemo poznate i razrađene metode mjerenja, npr. postupak mjerenja gustoće mokraće kako bi se odredio sadržaj šećera u njoj. Ako tako ponavljamo „recept”, onda je on dio znanstvene metode istraživanja.

Znanstveni pristup istraživanju uključuje nekoliko faza rada.

1. Opažanje. Znanstveni proces započinje opažanjima koja se najčešće izvode u laboratoriju u strogo kontroliranim uvjetima, iako se katkad dogode i slučajno. Opažanja su npr. boja, okus, miris supstancije koja se istražuje. Mjerenjem možemo doznati temperaturu neke tekućine, odrediti

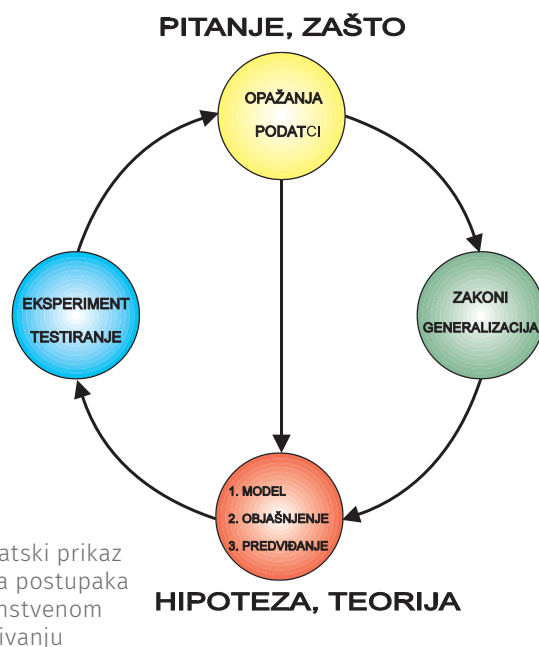
masu neke tvari i sl. Naša opažanja, bilo kvalitativna bilo kvantitativna, nazivaju se podacima.

2. Postavljanje hipoteze, teorije. Na temelju dobivenih podataka znanstvenik postavlja model kojim objašnjava opažanja i na toj osnovi postavlja hipotezu ili teoriju. Prava snaga teorije jest u predviđanju rezultata budućih pokusa, tj. onih koje tek treba izvesti.

3. Testiranje. Novi se pokusi osmisle i eksperimentalno izvode da bi potvrdili ili opovrgnuli predloženu teoriju ili hipotezu (nema zasad jasne razlike između tih dvaju termina). Ako dobiveni podatci potvrđuju postavljenu teoriju, onda su oni prilog njezinoj većoj pouzdanosti te ako se i putem mnogih drugih eksperimenata potvrdi njezina ispravnost, njezinim poopćavanjem nastaju zakoni.

4. Postavljanje zakona. Znanstveni zakon nije ništa drugo nego zakonitost provjerena na golemom broju podataka.

Bez obzira na to koliko snažan bio teorijski model, on je još uvijek model koji su kreirali ljudi, odnosno iako je neku teoriju poduprlo mnogo podataka, ona je još uvijek naša percepcija stvarnosti, a ne stvarnost kakva uistinu može postojati.



Izvođenje kemijskog eksperimenta podsjeća na pripremu hrane u kuhinji – moramo znati koji su nam sastojci za njihovu pripremu potrebni, njihove količine, redoslijed kojim ih kombiniramo, koji nam alati pri tome trebaju itd.

Učimo iz iskustava slavnih nam prethodnika

Zasigurno vam je ime **Alexandera Fleminga** (1881. – 1955.) škotskoga biologa, spomenuo učitelj iz prirode, biologije, zbog njegova proučavanja bakterija odnosno otkrića penicilina.

Jednog mu je dana pokus propao zbog kolonija plijesni na njegovim pločicama. Međutim, opažanje iz tog „neuspjelog” eksperimenta da bakterije ne mogu rasti u područjima gdje su kolonije plijesni pomoglo je Flemingu unaprijediti medicinsku praksu. On je pretpostavio da plijesan stvara neki kemijski spoj koji sprječava rast bakterija, tj. postavio je hipotezu, koju je da bi je potvrdio istestirao na nizu novih eksperimenata.

Za znanstvenu metodu od presudnoga je značenja osmisliti pokus koji će se izvesti i pratiti u strogo kontroliranim uvjetima. Točno to je načinio Fleming. U jednom je pokusu uzeo dva seta posudica sa sterilnom hranjivom podlogom. U jedan je set nasadio stanice plijesni, a drugi (kontrolni) je ostavio sterilnim. Pustio je plijesan rasti kroz nekoliko dana. Zatim je eksperimentalnu i sterilnu podlogu propustio kroz filter kako bi uklonio stanice plijesni. Zatim je u oba seta posudica stavio bakterije. Da je Flemingova hipoteza bila točna, pokazao je taj eksperiment jer su bakterije rasle samo u posudici u kojoj nikad nije bilo plijesni. To je bila potvrda njegove hipoteze o postojanju neke tvari koja sprječava rast bakterija.

Nekoliko godina kasnije taj antibiotik, penicilin, počeo se koristiti u liječenju bakterijskih infekcija u pacijenata.

Zaključak: od iznimne je važnosti da se u eksperimentu kojim se testira neka znanstvena pretpostavka smije varirati samo jedna varijabla da bismo imali potvrdu da je upravo ona učinila razliku da se dogodilo opaženo.

Točnost i preciznost mjerenja

Dakle, što god određivali odnosno mjerili (masu, duljinu, vrijeme ili njihove izvedenice, npr. volumen, gustoću, brzinu itd.), nije apsolutno točno, već sadrži neku pogrešku. Opetovanim mjerenjem neke veličine dobit ćemo različite rezultate. Pogreške mogu biti sistematske, tj. prouzročene priborom kojim mjerimo. Pogreške te vrste mogu se minimalizirati tako da se sva mjerenja vrše na jednom te istom uređaju, odnosno istim priborom. Slučajne pogreške također su sastavni dio svakog mjerenja.



Precizno i točno



Mala preciznost i mala točnost



Netočno i neprecizno

Shematski prikaz preciznosti i točnosti

Međutim, opaziti ćemo da su rezultati grupirani oko neke srednje vrijednosti i tek će manji broj mjerenja značajnije odstupati od te aritmetičke sredine svih mjerenja. Pri mjerenju razlikujemo **točnost mjerenja** i **preciznost mjerenja**. Točnost mjerenja ukazuje koliko je mjerena vrijednost bliska stvarnoj, dok preciznost mjerenja pokazuje kolika je razlika između više uzastopnih mjerenja neke dane veličine. Ako se rezultati uzastopnih mjerenja međusobno malo razlikuju, mjerenje je preciznije, ali to ne znači i da je točnije.

I osobne pogreške nažalost se događaju i to ili zbog neznanja ili zbog nemarnog mjerenja. Znanstveni pristup rada odnosno mjerenja ne trpi osobne pogreške; eksperiment i mjerenje nužno treba ponoviti. Pogreške se lako mogu izbjeći pažljivim mjerenjem.

Eksperimentalno izmjerene vrijednosti fizičkih veličina mogu biti različito iskazane s obzirom na preciznost mjerenja i zbog ranije spomenute nepouzdanosti koje svako mjerenje uključuje moramo naučiti koristiti **pouzdanе znamenke**. U kemiji neprestano koristimo razne izračune na temelju rezultata nekog mjerenja i moramo razumjeti što se događa pri matematičkoj obradi brojčanih podataka koji u sebi nose specifičnu nepouzdanost. Dakle, prvi zadatak jest odrediti značajne znamenke.

Značajne znamenke

Pravila za određivanje **značajnih znamenki**:

1. Sve znamenke različite od nule su **značajne znamenke**.
2. **Pouzdanе znamenke**. Broj pouzdanih znamenki određen je preciznošću mjerenja. Neki su brojevi pouzdani. Primjerice, posjedujemo li i izbrojimo 15 kuna i 50 lipa, imamo točno 15 kuna i 50 lipa; jedan sat ima točno šezdeset minuta; 100 cm čini jedan metar. Spomenutim brojevima nije svojstvena nepouzdanost.
3. **Nule**. Nula je značajna znamenka:
 - ako se nalazi između brojeva različitih od nule 302 ima tri značajne znamenke
 - 3,02 ima tri značajne znamenke
 - 72,09 ima četiri značajne znamenke

- ako se nalazi na kraju decimalnog broja (iza decimalnog zareza) 0,500 ima tri značajne znamenke (5, 0, 0)
- 25,160 ima pet značajnih znamenki (2, 5, 1, 6, 0)
- 7,00 ima tri značajne znamenke (7, 0, 0)

4. Nula **nije** značajna znamenka:

- ako se nalazi ispred decimalnoga mjesta (zareza) jer ona samo označuje broj manji od 1 0,0025 ima dvije značajne znamenke (2, 5)
- 0,0108 ima tri značajne znamenke (1, 0, 8)
- ako se nalazi na kraju broja koji nije decimalan 1000 ima samo jednu značajnu znamenku (1)
- 590 ima dvije značajne znamenke (5, 9).

Jedan od načina određivanja značajnih znamenki jest prirodno znanstveni zapis. Dakle, 1000 znanstveno prikazujemo kao $1,000 \times 10^3$, odnosno 1×10^3 .

Time slijedom broj 590 iskazujemo kao $5,9 \times 10^2$.

Značajne znamenke u matematičkim operacijama

Kao što smo ranije istaknuli, rezultate mjerenja redovito koristimo pri izračunavanju neke veličine. U današnje doba dostupni su nam elektronički kalkulatori koji će nam rezultat izračunavanja prikazati i na deset znamenki, a početnici uglavnom takav rezultat prepisu, što je pogrešno. Za ispravno prikazivanje rezultata mjerenja nakon provedene matematičke operacije nužno je držati se sljedećih pravila:

Zbrajanje i oduzimanje

Pri zbrajanju i oduzimanju važan je broj pouzdanih znamenki iza decimalnog zareza i njega određuje broj s najmanjim brojem pouzdanih znamenki, odnosno rezultat te matematičke operacije mora se prikazati s preciznošću rezultata najmanje preciznog mjerenja.

Zbrojimo: 125,17, 129 i 52,2.

$$\begin{array}{r} 125,17 \\ 129 \\ + 52,2 \\ \hline 306,37 \end{array}$$

Podatak s najmanjom preciznošću (s najmanje pouzdanih znamenki iza decimalnog mjesta) je 129. Stoga je **ispravno prikazan rezultat zbrajanja 306**.

Oduzmimo 14,1 od 132,56

$$\begin{array}{r} 132,56 \\ - 14,1 \\ \hline 118,46 \end{array}$$

14,1 je broj s najmanje pouzdanih znamenki pa je **ispravan i zaokružen rezultat: 118,5**.

Množenje i dijeljenje

Pri množenju ili dijeljenju broj pouzdanih znamenki također određuje veličina s najmanjim brojem pouzdanih znamenki.

Pomnožimo 190,6 s 2,3.

$$190,6 \times 2,3 = 438,38.$$

Budući da broj 2,3 ima samo dvije značajne znamenke i rezultat množenja **mora** biti broj s dvije značajne znamenke, a to je **440** ili znanstveni zapis: **$4,4 \times 10^2$** .

Riješimo:

$$\frac{13,59 \times 6,3}{12} = 7,13475$$

Ispravan rezultat **mora** imati dvije značajne znamenke jer su brojevi 6,3 i 12 brojevi s dvije značajne znamenke pa je ispravan rezultat broj s dvije značajne znamenke, odnosno **7,1**.

U primjerima smo se susreli sa zaokruživanjem rezultata. Ako je prva znamenka koja ne pripada nizu pouzdanih znamenki manja od 5, posljednja znamenka rezultata ostaje ista, nepromijenjena. Međutim, ako je pet i veća od pet, posljednja se znamenka rezultata uveća za jedan. Važno je istaknuti da ako račun uključuje više koraka, sva se izračunavanja provode bez zaokruživanja međurezultata. Konačan rezultat zaokružuje se na onaj ukupni broj pouzdanih znamenki koliko ih ima član s najmanje pouzdanih znamenki.



Provjerite svoje znanje

1. Odredite broj značajnih znamenki u zapisu:
(a) 0,0012 (**Rj.** 2) (b) 438 000 (**Rj.** 3) (c) 700,0 (**Rj.** 4)
2. Prikažite broj 482 000 000:
(a) s jednom značajnom znamenkom (**Rj.** 5×10^8)
(b) s dvije značajne znamenke (**Rj.** $4,8 \times 10^8$)
(c) s tri značajne znamenke (**Rj.** $4,82 \times 10^8$)
3. Izračunajte:
(a) $4,184 \times 100,62 \times (25,27 - 24,16)$ (**Rj.** 467)
(b) $[(8,925 - 8,904) / 8,925] \times 100$ (**Rj.** 0,24)
4. Što nije ispravno u zaključku?
Rezultati eksperimenta ne slažu se s teorijom. Nešto nije dobro s eksperimentom."
5. Odredite značajne znamenke:
(a) u uzorku čaja nalazi se 0,0105 g kofeina
(b) odvaga uzorka za analizu iznosila je 0,050080 g
(c) u pokusu je eksperimentator izmjerio vrijeme od $8,050 \times 10^{-3}$ s. **Rj.** (a) 3; (b) 5; (c) 4
6. Provedite matematičke operacije i rezultate iskažite preko značajnih znamenki:
(a) $(1,05 \times 10^{-3}) : 6,135$ (b) $21 - 13,8$
(c) odredite vrijednost plinske konstante R (L bar K^{-1} mol $^{-1}$) prema izrazu $R = pV/T$ ako je $p = 2,56$ bar, $T = 275,15$ K, $V = 8,8$ L
Rj. (a) $1,71 \times 10^{-4}$; (b) 7; (c) $8,2 \times 10^{-2}$ L bar K^{-1} mol $^{-1}$
7. Objasnite razliku između preciznosti i točnosti.
Rj. Točnost je mjera koja pokazuje koliko je rezultat mjerenja blizak stvarnoj vrijednosti, a preciznost je mjera koja pokazuje odstupanje u seriji istovrsnih mjerenja.
8. Napišite sljedeće brojeve na neznanstveni način:
(a) $8,5 \times 10^4$ g (masa zraka u prosječnoj sobi)
(b) $5,0 \times 10^{-3}$ % (koncentracija CO na ulici)
(c) 1×10^{-5} g (preporučena dnevna doza vitamina D).
Rj. (a) 85 000 g; (b) 0,005 %; (c) 0,00001 g
9. Izrazite sljedeći broj 582 000 000:
(a) jednom značajnom znamenkom
(b) dvjema značajnim znamenkama
(c) trima značajnim znamenkama.
Rj. (a) 6×10^8 ; (b) $5,8 \times 10^8$; (c) $5,82 \times 10^8$

Mjere sigurnosti u kemijskom laboratoriju

Kemija je prirodna i eksperimentalna znanost koja proučava sastav, svojstva, promjene i međudjelovanje jedne tvari na druge tvari.

Ljudi su oduvijek promatrali svoju okolinu, pratili njene promjene, a ubrzo su shvatili da mogu biti aktivni sudionici u tim procesima. Naravno da naši daleki predci, iako su vođeni znatiželjom otkrili mnogo tvari i mijenjali ih ponajprije poslije otkrića vatre i njenim kontroliranjem, nisu baš u pravom smislu riječi bili kemičari.

Ponovimo gdje i kako rade kemičari danas.

Do novih spoznaja kemičari dolaze radeći u kemijskim laboratorijima – prostorima opremljenim suvremenim uređajima, odgovarajućim priborom i posuđem u kojem izvođe svoje pokuse i naravno mnogim kemikalijama koje im predstavljaju polazne supstancije, raznim otapalima u kojima provode reakcije od njihova interesa.

Danas znamo da postoji vrlo mali broj „potpuno“ bezopasnih, neškodljivih kemikalija. Stoga prije izvođenja eksperimenta treba se temeljito upoznati s tijekom reakcije i poduzeti sve **mjere opreza radi osobne zaštite**, ali i **zaštite ostalih sudionika u laboratoriju**.

Sredstva osobne zaštite

Eksperimentator treba nositi radnu, zaštitnu kutu, gumene rukavice i zaštitne naočale čime se štite oči, ruke, ali i odjeća ako bi iznenada došlo do prskanja iz reakcijske posude, prsnuća staklenog posuđa (najčešće izazvano ranijim naoko nevidljivim oštećenjima) ili slično. Također osobe s dugom kosom dužne su je propisno svezati. U laboratoriju trebamo imati propisnu obuću (nikako otvorene sandale, dakle štititi tkivo na našim nogama).

Bez obzira na to što su kemičari svjesni potencijalnih opasnosti rada u laboratoriju i poštuju pravila ponašanja, nezgode se uvijek mogu dogoditi.

Znakovi opasnosti – piktogrami

Kao što smo već istaknuli da je malo kemikalija potpuno bezopasnih, osmišljeni su znakovi štetnosti kemikalija koji jasno ukazuju na stupanj opasnosti po zdravlje eksperimentatora i ostalih radnika u laboratoriju.

Kemikalije koje nazivamo komercijalnim, dakle one koje dolaze kao proizvodi iz kemijskih industrija moraju na posudama u kojima ih dostavljaju imati vidljivu deklaraciju o kojoj je kemikaliji riječ, kojeg je stupnja štetnosti po zdravlje, kako se mora uskladištiti ili po otvaranju kako dalje pohraniti do sljedeće upotrebe.

Piktogrami su međunarodno dogovoreni, odnosno istoznačni su diljem svijeta.

				
nagrizajuće	štetno za zdravlje	eksplozivno	opasno za okoliš	oksidirajuće
				
otrovno	opasno	zapaljivo	plin pod visokim tlakom	

Označavanje opasnih kemikalija

Posljedično tomu **svaki laboratorij obvezno treba imati:**

- **ormarić prve pomoći**
- **sredstva za gašenje požara**
- **na vidljivu mjestu brojeve telefona službi koje treba po potrebi nazvati**

Pravila pri izvođenju pokusa:

Postupanje s kemikalijama

- Kemikalije se **nikad ne smiju kušati**.
- Kemikalije se ne diraju prstima već odgovarajućim priborom (spatule, žličice, i slično)
- **Nikad** se ne koriste kemikalije čije oznake na boci nisu jasno označene.
- Miris kemikalija, bilo iz originalne boce, bilo iz reakcijske posude (epruveta, tikvica, čaša) testira se tako da se rukom iznad otvora mahne par puta kako bi miris dospio do eksperimentatora.
- Ukoliko je epruvetu sa sadržajem potrebno protresti, to se **nikad** ne čini stavljanjem prsta na njen otvor. Ili se koristi prikladni čep ili se obazrivo potresa sadržaj, ali opet pazeći da nije usmjeren na osobu koja radi do nas.
- Ako se dogodi slučajno izlivanje kemikalije ili prosipanje praškaste tvari, potrebno je površinu očistiti uz upotrebu rukavica i odgovarajućeg pribora, **nikako golom rukom**.
- Boca s kemikalijom nakon uzimanja se potrebne količine vraća na njeno mjesto u laboratorijskim ormarićima.
- Otpadne se kemikalije pohranjuju u za to predviđene spremnike

Prelijevanje tekućih tvari

- Iz boca se tekuće kemikalije prelijevaju držeći bocu da dlanom prekrivamo naljepnicu s nazivom dotične tvari.
- Pri prelijevanju odmjerene potrebne količine koristi se lijvak.

Zagrijavanje uzoraka

- Stakleno se posuđe prije zagrijavanja treba obrisati suhom krpom.
- U epruvetama se tekućine griju laganim plamenom jednoliko odozgo prema dolje, a epruveta se pridržava prikladnom drvenom hvataljkom. **Otvor epruvete nikad ne smije biti usmjeren prema osobi do nas.**
- Ako se tekućina grije u tikvici ili čaši, potrebno ju je povremeno miješati štapićem kako bi se tekućina ravnomjerno zagrijavala. Zagrijan pribor **nikad ne hvatamo golom rukom** već se koristimo zaštitnim rukavicama.

Prisjetite se naučenog o kemijskim elementima, spojevima i smjesama

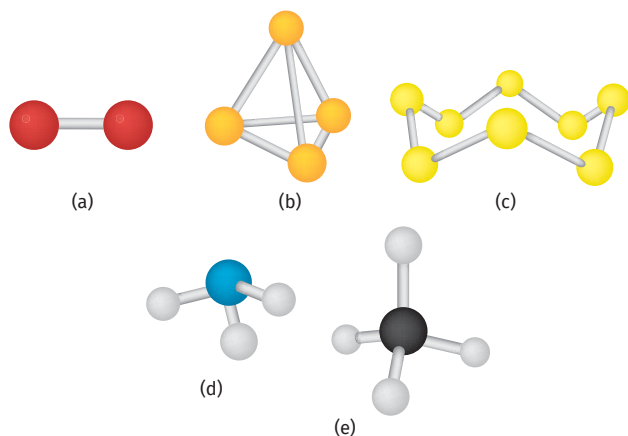
Atomi

Kemijski elementi građeni su od sitnih, oku nevidljivih čestica – atoma. Atom je najmanja čestica koja još uvijek predstavlja kemijski element.

Neki kemijski elementi kao što su helij, neon, argon, ksenon i radon građeni su od atoma. Kažemo da su to **monoatomni** elementi i označavamo ih simbolima He, Ne, Ar, Kr, Xe i Rn.

Molekule

Čestice u nekim tvarima sastoje se od dvaju ili više povezanih atoma. Te se čestice nazivaju **molekule**. Kisik, vodik, dušik, fluor, klor, brom i jod građeni su od **dvoatomnih** molekula (O_2 , H_2 , N_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2). Fosfor i sumpor građeni su od **višeatomnih molekula** (P_4 , S_8). Molekule nisu uvijek građene samo od istovrsnih atoma. Primjerice, molekulu amonijaka grade atomi vodika i atom dušika (NH_3), a molekulu metana grade atomi vodika i atom ugljika (CH_4).



Slika 1.1 Primjeri molekula građanih od istovrsnih atoma – kisik (a), fosfor (b), sumpor (c), i atoma različitih elemenata – amonijak (d), metan (e)



Provjerite svoje znanje

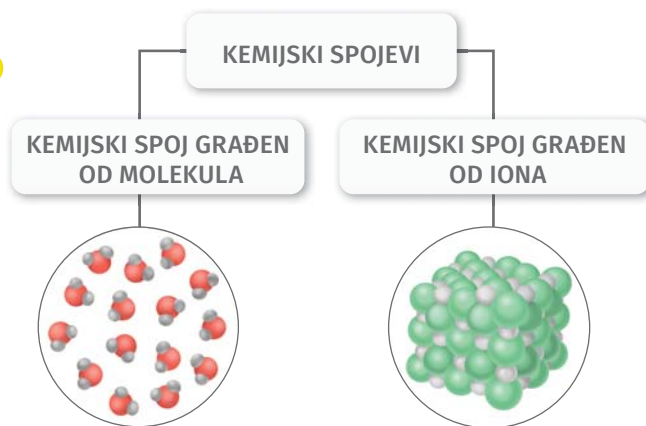
1. Koristeći tablicu periodnog sustava elemenata, izdvojite četiri kemijska elementa čiji naziv počinje slovom K. Napišite njihov naziv i kemijski simbol.
2. Napišite nazive elemenata čiji su kemijski simboli: N, P, Cu, Mg, Mn, Ag, Au, Sb, Sn.

Kemijski element čista je tvar koja se kemijskim postupcima ne može rastaviti na druge čiste tvari.

Kemijski spoj čista je tvar, građena od dva ili više elemenata, koja se kemijskom reakcijom može rastaviti na elemente.

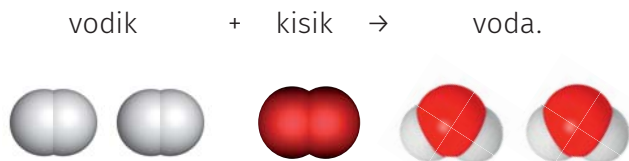
Spojevi

Složene čiste tvari koje se kemijskom reakcijom mogu rastaviti na elemente, odnosno mogu nastati iz tih elemenata nazivaju se **kemijski spojevi**. Spojevi se mogu podijeliti u dvije skupine – u spojeve građene od **molekula** i spojeve građene od **iona**.



Slika 1.2 Shematski prikaz podjele kemijskih spojeva

Voda je kemijski spoj građen od molekula. U sastavu molekule vode nalaze se jedan kisikov atom i dva vodikova atoma, što se prikazuje **kemijskom formulom** H_2O . Proces stvaranja vode riječima prikazujemo:



Slika I.3 Voda nastaje sintezom iz molekula kisika i vodika

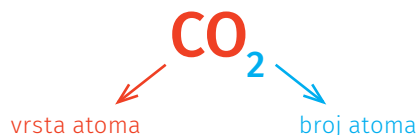
Ionski spojevi građeni su od električki nabijenih čestica **iona**. Ioni mogu biti pozitivno nabijene čestice (**kationi**) i negativno nabijene čestice (**anioni**) i u ionskim spojevima privlače se jakom elektrostatičkom silom. Primjer ionskog spoja jest natrijev klorid.



Slika I.4 Molekulu vode grade dva atoma vodika i jedan atom kisika; pozitivno nabijen natrijev ion i negativno nabijen kloridni ion grade jedinku natrijeva klorida

Kemijska formula

Sastav kemijskog spoja prikazuje se kemijskom formulom. Kemijske formule molekula pišu se tako da se vrsta atoma označi simbolom elementa, a broj atoma desnim donjim indeksom uz simbol tog elementa.



Tablica 1 Nazivi i kemijske formule nekih anorganskih i organskih tvari

Tvar	Kemijska formula
aceton	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
amonijak	NH_3
etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
glukoza	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
klorovodična kiselina	HCl
metan	CH_4
natrijev hidroksid	NaOH
natrijev karbonat	Na_2CO_3
octena kiselina	CH_3COOH
saharoza	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
ugljična kiselina	H_2CO_3



Istražite:

Aspartam, $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5$, bijeli je kristalni prah slatkog okusa, bez mirisa. Koristi se kao umjetni zaslađivač jer je 200 puta slađi od šećera (saharoze). Sadrže ga mnogi prehrambeni proizvodi „bez šećera” (tzv. *sugar-free*) – bezalkoholna pića, jogurti, bomboni, žvakaće gume, vitaminski pripravci i sl.

U europskom sustavu označavanja prehrambenih aditiva E-brojevima ima kôd E951.

- A** Istražite kakve štetne posljedice ima konzumiranje proizvoda koji sadrže aspartam na organizam čovjeka.
- B** Istražite koliki je dopušten dnevni unos aspartama u organizam odraslog čovjeka prema propisima Europske unije.
- C** Odredite maseni udio svih elemenata u navedenom spoju.
- D** Izračunajte broj molekula u 1,00 mg aspartama ako je masa jedne molekule $4,89 \times 10^{-22}$ g.

Tablica 2 Kvalitativno i kvantitativno značenje kemijske formule

Vrsta molekule	Atomi u molekuli	Kemijska formula	Model molekule
molekula kisika	dva atoma kisika	O ₂	
molekula klora	dva atoma klora	Cl ₂	
molekula klorovodika	jedan atom vodika i jedan atom klora	HCl	
molekula sumporova(IV) oksida	jedan atom sumpora, dva atoma kisika	SO ₂	
molekula metana	jedan atom ugljika, četiri atoma vodika	CH ₄	
molekula sumporne kiseline	dva atoma vodika, jedan atom sumpora, četiri atoma kisika	H ₂ SO ₄	
molekula glukoze	šest atoma ugljika, dvanaest atoma vodika, šest atoma kisika	C ₆ H ₁₂ O ₆	

Smjese

Mnoge tvari s kojima se svakodnevno susrećemo nisu čiste tvari već smjese dviju ili više čistih tvari (elemenata i/ili spojeva). Zrak koji udišemo, morska voda, nafta, zemni plin, stijene, samo su neki od primjera smjesa tvari. Smjese tvari mogu biti homogene i heterogene.

Smjese dviju ili više različitih tvari kojima je svojstveno da imaju isti sastav u svakom svojem djeliću nazivaju se **homogene** smjese. Komponente koje ih čine nije moguće razlučiti golim okom, povećalom, a ni mikroskopom (vodene otopine npr. šećera, soli; zrak, morska voda i dr.).

Smjese dviju ili više različitih tvari kojima nije svojstven isti sastav u svakom njihovom djeliću, **heterogene** su smjese. Sastojci tih smjesa uočavaju se već golim okom (zemlja, granitne stijene, mlijeko i dr.).


Slika 1.5 Morska je voda smjesa tvari



Slika 1.6 Heterogena smjesa



Slika 1.7 Željezo se iz smjese sa sumporom može odijeliti magnetom



Pokus: Promjene tvari

Pribor i kemikalije:

plamenik, čaša, magnet, komad lima, željezni prah, Fe(s) , sumporni prah, S(s) , otopina klorovodične kiseline, HCl(aq) , bakrena žica, Cu(s) , destilirana voda.

Mjere opreza: Nositi zaštitne naočale i rukavice. Raditi u ventiliranom prostoru.

Postupak:

- Dobro pomiješati prah sumpora i željeza da se dobije što homogenija smjesa.
- Smjesu podijeliti na četiri dijela.
- Prvi dio staviti u čašu s destiliranom vodom.
- Drugom dijelu približiti magnet.
- Treći dio prelići razrijeđenom klorovodičnom kiselinom.
- Četvrti dio staviti na komad lima i zagrijavati plamenom plamenika (ili smjesi prinijeti užarenu bakrenu žicu).
- Zabilježiti opažanja tijekom svake faze pokusa.
- U pokusima u kojima je promjena kemijska prikazati promjenu jednadžbom kemijske reakcije.

Tablica 3 Osnovne razlike između kemijskog spoja i smjese

Smjesa	Spoj
sadrži dvije ili više čistih tvari	samo jedna čista tvar
sastav je smjese promjenjiv (mijenja se udio tvari u smjesi)	kemijski je sastav stalan (stalan omjer elemenata koji ga grade)
sastav smjese <i>ne može</i> se izraziti kemijskom formulom (samo udjelima tvari u smjesi)	sastav spoja predodžuje se kemijskom formulom
nastajanje smjese uključuje samo fizičke promjene	nastanak spoja uključuje kemijsku promjenu tvari
svaka tvar zadržava svoja karakteristična fizička i kemijska svojstva	svojstva spoja razlikuju se od svojstava pojedinih elemenata koji grade spoj
sastojci smjese mogu se odijeliti fizičkim postupcima	sastojci spoja mogu se odijeliti <i>samo</i> određenim kemijskim reakcijama

Kemija i zubi

Ukoliko se razvoj dentalne kemije nastavi sadašnjim tempom, propadanje zuba uskoro će biti stvar prošlosti. Svi smo bar jednom primijetili oštećenja zubne cakline. To su šupljine nastale u mineralu hidroksiapatitu, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ od kojeg je zubna caklina izgrađena.

Nedavna istraživanja pokazala su da se na površini zuba u slini događa stalno otapanje i ponovno stvaranje zubnog minerala. Demineralizacija (otapanje zubne cakline) je uglavnom prouzročena kiselinama prisutnim u slini koje proizvode bakterije tijekom probave hrane.

Prvi stupanj propadanja zuba manifestira se kao poroznost, odnosno spužvastom strukturom dijela površine zuba što zahtijeva odgovarajuću zaštitu da ne bi došlo do nastanka šupljina.

Ako se „načeti” zubi, međutim, dnevno peru otopinom koja sadrži odgovarajuće količine kalcijevih iona (Ca^{2+}), fosfatnih iona (PO_4^{3-}) i fluoridnih iona (F^-), omogućuje se remineralizacija odnosno proces stvaranja minerala. U tom procesu prisutni F^- zamjenjuju neke hidroksidne ione (OH^-) koji izvorno postoje u zubnom mineralu i na taj način $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ zamjenjuju s $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. Remineralizirana područja na zubima mnogo su otpornija i ne propadaju jednako brzo kao izvorna

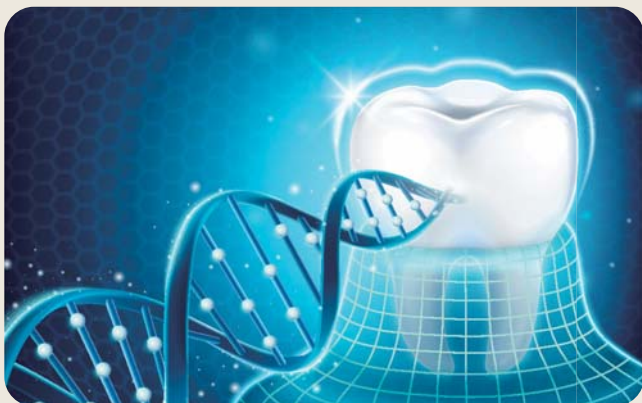
caklina zbog manje topljivosti $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. Također se otkrilo da prisutnost stroncijeva iona (Sr^{2+}) u otopini za ispiranje zubi dodatno usporava demineralizaciju.

Spomenuta istraživanja zapravo govore da će se praksa stomatologa uskoro dramatično promijeniti. Stomatolozi će se najvjerojatnije sve više uključivati u zaštitu zuba od propadanja i napuštati staru praksu popravljavanja zuba. Nije teško zamisliti da će se, rutinskim ispiranjem zuba tekućinom koja pospješuje remineralizaciju, kritična područja na površini zuba popraviti prije nego nastanu šupljine. Zubarske bušilice mogu se pridružiti pijavicama kao medicinskim anakronizmima i zacijelo neće jako nedostajati njihovim pacijentima.



Istražite:

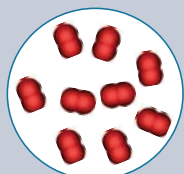
1. Fosforit, fosfatni mineral u čijem se sastavu nalaze PO_4^{3-} , OH^- i Ca^{2+} ioni, očekivano je netopljiv u vodi. Predložite kojim biste ga postupcima obradili i preveli u oblik u kojem ga biljke mogu koristiti za svoj rast, dakle topljiv u vodi?
2. Koštano tkivo izgrađeno je od kalcijeva fosfata (apatita, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Predložite moguće razloge zašto mu je *Priroda* dodijelila upravo tu biološku funkciju.



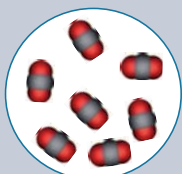
Slika 1.8 Zaštita zubi

1. Koji crtež prikazuje:

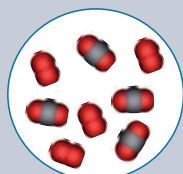
- (a) smjesu tvari
- (b) molekule kemijskog elementa
- (c) molekule kemijskog spoja?



(1)



(2)



(3)

2. A Navedene tvari razvrstajte na čiste tvari i smjese:

- (a) destilirana voda; (b) krv; (c) vino; (d) zrak;
- (e) pitka voda; (f) mjed; (g) kisik; (h) natrijev klorid.

B Navedene čiste tvari razvrstajte na kemijske elemente i kemijske spojeve.

3. Navedene promjene razvrstajte na fizičke i kemijske:

- (a) cijepanje drva (c) hrđanje željeza
- (b) isparavanje alkohola (d) truljenje voća.

4. Svrstajte sljedeće tvari u kemijske elemente, kemijske spojeve i smjese tvari:

- (a) tlo (e) jaje (i) dušik
- (b) željezo (f) krv (j) suhi led
- (c) mlijeko (g) sumporov(IV) oksid (k) limunada.
- (d) šećer (h) marmelada

5. Napišite kvantitativno značenje navedenih simbola/formula: $3H_2O$, $5O$, $5O_2$, $3CO_2$, HCl , MgO .

6. Što je od navedenog čista tvar? Obrazložite svoj odgovor.

- (a) mlijeko (c) kocka šećera
- (b) med (d) margarin

7. Predložite postupke za odjeljivanje tvari iz smjese tako da dobijete čiste sastojke:

- (a) jod, željezni prah, natrijev klorid
- (b) vodena otopina šećera
- (c) alkohol i voda
- (d) natrijev klorid i jod
- (e) natrijev klorid i voda
- (f) željezo, pijesak, šećer
- (g) kreda i voda.

8. Navedite svojstvo na temelju kojeg tvari iz smjese odjeljujemo:

- (a) destilacijom (b) ekstrakcijom.

9. Običava se reći da se cink „otapa” u razrijeđenoj klorovodičnoj kiselini. Čvrsti natrijev klorid otapa se u vodi. Saharoza (kristalni šećer) otapa se u vodi. Navedite činjenice kojima ćete objasniti da su samo posljednja dva primjera primjeri otapanja tvari, a prvi navedeni primjer označava kemijsku reakciju.

10. Koje je kvantitativno značenje sljedećih kemijskih formula navedenih spojeva (svi su u malim količinama prisutni u atmosferi)?

- (a) NO_2 (b) SO_2 (c) N_2O_4 (d) O_3

11. Navedite pet kućnih aktivnosti koje doprinose zagađenju zraka u prostoru u kojem se aktivnosti obavljaju.

Rj. Čišćenje površina sredstvima na bazi amonijaka, klora, korištenje acetona (skidanje laka za nokte) i medicinskog benzina (čišćenje mrlja), neoprezno baratanje plinom (disipacija u zatvorenom prostoru), pušenje (nikotin, CO), ljepila u namještaju (formaldehid), bojenje zidova (isparavanje boja, otapala, nitrorazrjeđivači)...

12. Kako biste dokazali da je tekućina bez boje i mirisa zapravo otopina soli u vodi?

Rj. Manju količinu otopine pustiti ispariti.

13. Vodena para jest plin bez boje i mirisa. Opišite pojave iz svakodnevnog života koje dokazuju njezinu prisutnost.

Rj. Orose se zrcala pri kupanju (topla voda vremenom isparava), orose se pipe ako puštamo vrlo hladnu vodu (para iz zraka kondenzira na metalnoj pipi).

14. Na što moraju osobito paziti kapetani brodova ledolomaca kad ugledaju gromade zaleđenog mora, oceana na svom putu?

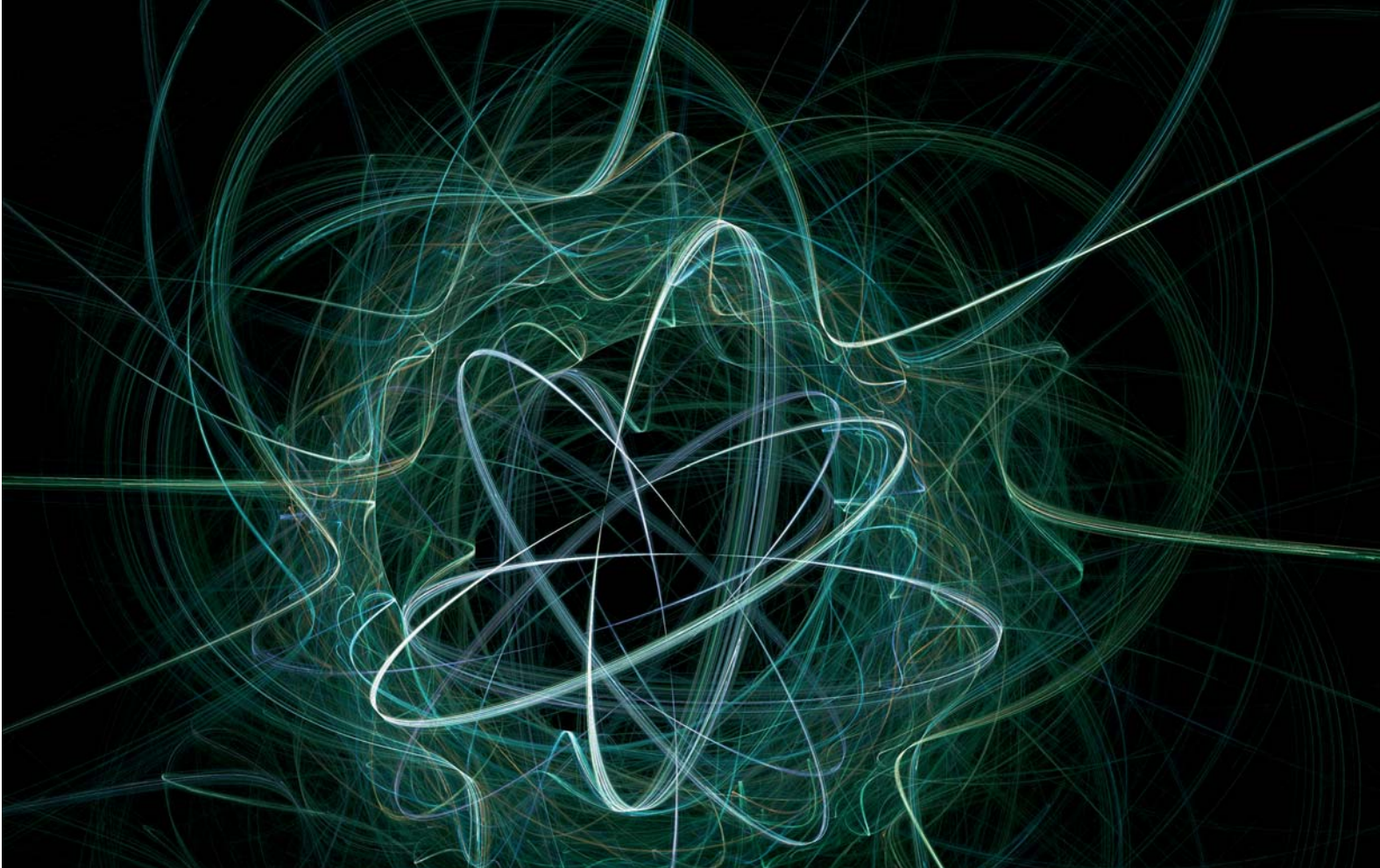
Rj. 1/9 mase leda nalazi se iznad površine, a 8/9 ispod površine mora.

15. Nabrojite tvari koje su otopljene u rijekama, jezerima, morima. (Mala pomoć: ne moraju to nužno biti samo čvrste tvari!)

Rj. Moraju se sjetiti otopljenih plinova iz zraka ili općenito zrak.

16. Zašto se pri zagrijavanju vode, primjerice za pripremu čaja, odjednom pojavljuju mjehurići koji se dižu s dna posude prema gore?

Rj. Otopljeni zrak u vodi pri povišenoj temperaturi slabije se otapa. Ili, preko kinetičke energije čestica koja se povećava i zrak „bježi” iz otapala.



1. Atomska struktura

Znate li da vino može poslužiti kao monitor zagađenja zraka olovom?

Iako se benzin s dodatkom organoolovnih spojeva kao antidetonatora (gorivo za motore s unutrašnjim sagorijevanjem) posve zabranio, još uvijek u okolišu postoje brojni izvori kontaminacije olovom: vodovodne cijevi načinjene od olova kojima nam dolazi voda za piće, pribor u vinarijama načinjen je od legure bakra i cinka, ali može sadržavati 3-5 % olova pa je u vinima doista ustanovljeno olovo. Analize olova mogu se načiniti brojnim metodama, no jedna od novijih tehnika masena je spektroskopija uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-MS) kojom se otkriva prisutnost i određuje brojnost izotopa olova: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb i ^{208}Pb čime se nedvojbeno utvrđuje kontaminiranost uzorka vina olovom. Dopuštena maksimalna količina olova iznosi 200 ng g^{-1} ($0,2 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$).