

# KEMIJSKO RAČUNANJE

---

Zima, Dinko

**Authored book / Autorska knjiga**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Publication year / Godina izdavanja:* **2010**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:573444>

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-07**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in Pozega Graduate Thesis Repository](#)



VELEUČILIŠTE U POŽEGI



Dinko Zima

## **KEMIJSKO RAČUNANJE**

Za studente nekemijskih studija

(prvo izdanje)

Požega, ožujak 2010.

Naslov publikacije: Kemijsko računanje - skripta

Autor: mr.sc. Dinko Zima, viši predavač

Izdanje: 1. internetsko

Format dokumenta: PDF

Skriptu odobrilo: Povjerenstvo za udžbenike i publikacije Veleučilišta u Požegi

Nakladnik: Veleučilište u Požegi

Stručna recenzija: Prof.dr.sc. Drago Šubarić

Dr.sc. Borislav Miličević

URL: [www.vup.hr/skriptarnica](http://www.vup.hr/skriptarnica)

Datum objavljivanja na mreži: 4.3.2010.

ISBN: 978-953-7744-03-8

## SADRŽAJ:

|  |    |
|--|----|
| 1. NAČIN RJEŠAVANJA KEMIJSKIH ZADATAKA.....  | 4  |
| 2. MJERNE JEDINICE.....  | 5  |
| 3. ATOMSKI I MASENI BROJ.....  | 8  |
| 4. ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA.....  | 10 |
| 5. RELATIVNA ATOMSKA I MOLEKULSKA MASA I MNOŽINA TVARI.....                                  | 12 |
| 6. RAČUNANJE EMPIRIJSKE I MOLEKULSKE FORMULE SPOJA.....                                      | 16 |
| 7. RAČUNANJE MASENIH UDJELA (MASENIH POSTOTAKA) POJEDINIH<br>SASTOJAKA SPOJA ILI SMJESE..... | 19 |
| 8. MINERALNA GNOJIVA.....  | 22 |
| 9. RAČUNANJA NA TEMELJU KEMIJSKE JEDNADŽBE.....  | 25 |
| 10. KONCENTRACIJA OTOPINA.....   | 28 |
| 11. KISELINE, LUŽINE I NEUTRALIZACIJA.....   | 32 |
| 12. RAČUNANJE MASENOG UDJELA SO <sub>2</sub> U VINU.....                                     | 35 |
| 13. REAKCIJE MEĐU OTOPINAMA (EKVIVALENCIJA).....   | 37 |
| 14. RAZRIJEĐIVANJE OTOPINA I MIJEŠANJE ISTOVRISNIH OTOPINA.....                              | 39 |
| 15. MIJEŠANJE (SLJUBLJIVANJE) VINA.....  | 42 |
| 16. RANDMAN ALKOHOLA.....  | 44 |
| 17. PLINSKI ZAKONI.....  | 47 |
| 18. REDOKS JEDNADŽBE.....  | 50 |
| 19. ORGANSKA KEMIJA.....   | 52 |
| 20. MJERE OPREZA U LABORATORIJU.....   | 53 |
| 21. LITERATURA.....  | 54 |
| 22. PRILOZI.....   | 55 |



## 1.NAČIN RJEŠAVANJA KEMIJSKIH ZADATAKA

### 1. PAŽLJIVO PROČITATI TEKST ZADATKA

Pažljivo pročitati zadatak uočavajući što je u zadatku zadano i što se u zadatku traži.

### 2. ISPISATI ZADANE PODATKE

Zadane veličine u zadatku označiti pripadajućim slovima i napisati koliko one iznose

### 3. UOČITI I ISPISATI ŠTO SE U ZADATKU TRAŽI

Iz zadataka saznati što se traži i te veličine napisati odgovarajućim oznakama

### 4. POVEZATI TRAŽENU VELIČINU SA PRIPADAJUĆOM JEDNADŽBOM (ODABRATI ODGOVARAJUĆU FORMULU)

### 5. UVRSTITI ZADANE PODATKE I ISKAZATI IH ODGOVARAJUĆIM JEDINICAMA

### 6. IZRAČUNATI ZADATAK I RJEŠENJE ISKAZATI PRIPADAJUĆOM JEDINICOM

### 7. (PROVJERITI ZADATAK I PISMENO ODGOVORITI)

#### PRIMJER 1.

**Izračunajte masu lješnjaka u eurocreamu ako je poznato da u 400g tog proizvoda ima 13 % lješnjaka.**

- |          |   |
|----------|---|
| 2. korak | $m(\text{eurocreama}) = 400 \text{ g}$                                  |
|          | $w(\text{lješnjaka}) = 13 \%$   |
| 3. korak | $m(\text{lješnjaka}) = ?$   |
| 4. korak | $w(\text{lješnjaka}) = m(\text{lješnjaka}) / m(\text{eurocreama})$      |
|          | $m(\text{lješnjaka}) = w(\text{lješnjaka}) \times m(\text{eurocreama})$ |
| 5. korak | $m(\text{lješnjaka}) = 0.13 \times 400 \text{ g}$                       |
| 6. korak | $m(\text{lješnjaka}) = 52 \text{ g}$                                    |

(7. korak Masa lješnjaka u 400 grama eurocreama je 52 grama)

## 2. MJERNE JEDINICE

u kemijskom računanju vrlo se često provode različiti pokusi i mjerenja pri čemu se određuju neke fizičke veličine koje se iskazuju međunarodno određenom i definiranom jedinicom. Međunarodni sustav jedinica (SI) prihvaćen je 1960. godine te je primjenjiv za sve sfere ljudskih djelatnosti.

Ipak i danas se, pogotovo u narodu, koriste i mjerne jedinice koje nisu SI, ali ih češće upotrebljavamo i bolje njima baratamo nego sa SI jednicama (npr. 1 jutro ili 1 ar zemlje). Međunarodnim sustavom jedinica određeno je sedam osnovnih jedinica

| Fizička veličina           |                | Osnovna SI jedinica |      |
|----------------------------|----------------|---------------------|------|
| naziv                      | znak           | naziv               | znak |
| duljina                    | l              | metar               | m    |
| masa                       | m              | kilogram            | kg   |
| vrijeme                    | t              | sekunda             | s    |
| Električna struja          | I              | amper               | A    |
| Termodinamička temperatura | T              | kelvin              | K    |
| Množina (količina tvari)   | n              | mol                 | mol  |
| Intenzitet svjetlosti      | I <sub>v</sub> | kandela             | cd   |

U praksi se koristi još niz fizičkih veličina i jedinica od kojih treba spomenuti

| Fizička veličina        | znak   | jedinica       |
|-------------------------|--------|----------------|
| Volumen                 | V      | $m^3$          |
| Gustoća                 | $\rho$ | $kgm^{-3}$     |
| Molarna masa            | M      | $kgmol^{-1}$   |
| Molarni volumen         | $V_m$  | $m^3 mol^{-1}$ |
| Maseni udio             | w      | 1              |
| Množinska koncentracija | c      | $molm^{-3}$    |

Osim navedenih upotrebljavaju se i višekratnici osnovnih jedinica koji se tvore dodavanjem predmetaka ispred znaka jedinice

| faktor     | predmetak | znak  |
|------------|-----------|-------|
| $10^{18}$  | peta      | P     |
| $10^{15}$  | eksa      | E     |
| $10^{12}$  | tera      | T     |
| $10^9$     | giga      | G     |
| $10^6$     | mega      | M     |
| $10^3$     | kilo      | k     |
| $10^2$     | hekto     | h     |
| $10^1$     | deka      | da    |
| $10^{-1}$  | deci      | d     |
| $10^{-2}$  | centi     | c     |
| $10^{-3}$  | mili      | m     |
| $10^{-6}$  | mikro     | $\mu$ |
| $10^{-9}$  | nano      | n     |
| $10^{-12}$ | piko      | p     |
| $10^{-15}$ | femto     | f     |
| $10^{-18}$ | ato       | a     |

Neke stare jedinice koje su i danas u čestoj upotrebi:

Milimetara stupca žive – mmHg – 133,322 Pa

Četvorni hvat – čhv – 3,596 653  $m^2$

Jutro – 1600 čhv 5754,64  $m^2$  – 0,575464 ha

Oka (turska)– 1,282  $dm^3$

Ar – 100  $m^2$

Hektar 10 000  $m^2$

**Zadatak 2.1.**

Izmjereni je volumen  $\text{SO}_2$  od  $580 \text{ cm}^3$ . Koliko je to  $\text{m}^3$ , a koliko  $\text{dm}^3$ ?

**Zadatak 2.2.**

Često se u razgovoru može čuti da je netko popio 4 «deci» vode. Koliko je ta osoba popila  $\text{dm}^3$  i koliko  $\text{m}^3$  vode?

**Zadatak 2.3.**

Najpovoljnija temperatura za rad kvasaca je između 18 i  $25^\circ \text{C}$ . Koliko je to kelvina.

**Zadatak 2.4.**

Tijekom burnog vrenja temperatura u bačvi naglo raste te ako dosegne 298 K moramo smjesu hladiti. Izračunajte priolikoj temperaturi izraženoj u  $^\circ \text{C}$  smjesu treba početi hladiti.

**Zadatak 2.5.**

Nakon berbe izmjerena je masa ubranih plodova jabuka od  $150 \times 10^8$  grama. Koliko je to kilograma?

**Zadatak 2.6.**

Na tržnici kupac želi kupiti 90 «deka» (dekagrama) jagoda. Koliko će mu trgovac odvagati kilograma, a koliko grama jagoda.

**Zadatak 2.7.**

Za neki pokus potrebno je na analitičkoj vagi odvagati  $67 \mu\text{g}$  uzorka. Koliko je to grama, a koliko kilograma

**Zadatak 2.8.**

Izmjerena je površina zemljišta od približno  $19\,999 \text{ m}^2$ . Koliko je to ha? (2ha)

**Zadatak 2.9.**

Izmjereni tlak u nekoj posudi iznosi  $650 \text{ mm Hg}$ . Koliko je to pascala?

**Zadatak 2.10.**

Nakon mjerenja potvrđena površina nekog poljoprivrednog zemljišta je 3,22 ha. Koliko je to jutara zemlje?

**Zadatak 2.11.**

Izvagana količina krušaka nakon berbe je 5 tona. Koliko je to grama, dekagrama i kilograma.

**Zadatak 2.12.**

Izmjereni volumen bačve je 7 hl. Koliko ta bačva ima  $\text{dm}^3$ , a koliko  $\text{m}^3$ ?

**Zadatak 2.13.**

Vinar se ponosi na svoju bačvu koja ima 10 000 litara i da je uvijek nakon berbe puna. Koliko taj vinar ima  $\text{cm}^3$ ,  $\text{dm}^3$  i  $\text{m}^3$  tekućine u bačvi pod pretpostavkom da je puna.

**Zadatak 2.14.**

Ako pomiješamo  $500 \text{ dm}^3$  jedne,  $0,5 \text{ m}^3$  druge i  $2500 \text{ cm}^3$  treće tekućine, hoćemo li nam smjesa moći stati u posudu od 1000 litara? Dokaži.

### 3. ATOMSKI I MASENI BROJ

Atomski ( protonski, redni ) broj je broj protona sadržanih u atomskoj jezgri nekog atoma. Označuje se sa  $Z$  i pišemo ga lijevo dolje ispred kemijskog simbola elementa kao lijevi subskript ( $_{11}\text{Na}$ ).

Maseni ( nukleonski) broj je ukupni broj protona i neutrona (nukleona) sadržanih u atomskoj jezgri. Označuje se sa  $A$  i piše se gore lijevo ispred simbola kemijskog elementa kao lijevi superskript ( $^3\text{H}$ ).

$$A = N(p) + N(n)$$

$$Z = N(p) = N(e)$$

#### Primjer 2.

**Neki izotop elementa X ima maseni broj  $A=131$ , te sadrži 77 neutrona. Izračunajte broj protona i elektrona atomu, napišite simbol tog elementa, te odredite u kojoj se skupini i periodi PSE nalazi.**

$$A(X) = 131$$

$$N(n) = 77$$

$$N(p), N(e) = ?$$

$$A = N(p) + N(n)$$

$$N(p) = A - N(n)$$

$$N(p) = 131 - 77 = 54$$

$$N(p) = N(e) = 54$$

Taj element ima redni broj 54. Simbol mu je Xe (ksenon). Nalazi se u 18 skupini i 5. periodi PSE.

#### Zadatak 3. 1.

Izračunaj broj neutrona u izotopima vodika  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$  i  $^3\text{H}$ .

#### Zadatak 3. 2.

Izračunaj broj protona, elektrona i neutrona u atomu koji se nalazi u 11 skupini i 4. periodi, ako znamo da je njegov maseni broj 59.

#### Zadatak 3.3.

Označi česticu koja sadrži 16 protona i 18 elektrona.

#### Zadatak 3.4.

Izračunaj broj nukleona u atomu kalcija koji u jezgri ima 19 neutrona.

#### Zadatak 3.5.

Ukupni zbroj rednih brojeva atoma u molekuli sumporaste kiseline je 16. Koja vrsta atoma se nalazi u molekuli sumporaste kiseline i koji su njihovi redni brojevi.

**Zadatak 3.6.**

Izračunaj ukupan broj protona u molekuli amonijaka ( $\text{NH}_3$ ), amonijevog nitrata ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) i sumporovog (IV) oksida  $\text{SO}_2$ .

**Zadatak 3.7.**

Koliki je broj subatomske čestice u atomu masenog broja 55, ako se ta vrsta atoma nalazi u 11 skupini i poznato je da elektronski omotač ima 4 ljuske?

**Zadatak 3.8.**

Odredi broj subatomske čestice u atomu rednog broja 7, ako je njegov maseni broj 15.

**Zadatak 3.9.**

Koliko imaju protona i elektrona slijedeće čestice:

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{N}^{3-}$

**Zadatak 3.10.**

Koliki je broj neutrona u atomu  $^{38}\text{K}$ ?

**Zadatak 3.11.**

Odredite broj subatomske čestice i navedite elektronsku konfiguraciju atoma masenog broja  $A = 41$ , ako je poznato da je to jedini metal u kalcijevom karbonatu.

**Zadatak 3.12.**

Izračunaj broj protona, elektrona i neutrona u atomu koji se nalazi u 11 skupini i 4. periodi, ako znamo da je njegov maseni broj 59.

**Zadatak 3.13.**

Izračunaj ukupan broj protona u molekuli amonijaka ( $\text{NH}_3$ ), amonijevog nitrata ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) i sumporovog (IV) oksida  $\text{SO}_2$ .

**Zadatak 3.14.**

Koliko ukupno elementarnih čestica, a koliko protona, elektrona i neutrona imaju atomi:

$^{15}\text{N}$ ,  $^{157}\text{I}$ ,  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{20}\text{Na}$

**Zadatak 3.15.**

Odredite ukupni broj protona u molekuli uree  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ !

**Zadatak 3.16.**

Koliki je maseni, a koliki protonski broj atoma ako je poznato da se u njegovoj jezgri nalazi 30 čestica neutralnog naboja, te da u elektronskom omotaču njegovog iona  $\text{Cu}^{2+}$  ima 27 elektrona.

**Zadatak 3.17.**

Prirodni izotopi sumpora imaju masene brojeve 32,33 i 34. Odredite broj subatomske čestice za svaki od tih atoma.

**Zadatak 3.18.**

Kao produkt alkoholnog vrenja nastaje alkohol etanol koji u molekuli ima 2 atoma ugljika, 6 atoma vodika i 1 atom kisika. Izračunajte koliko ukupno protona ima u molekuli etanola, te napišite njegovu formulu.

#### 4. ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA

Elektronska konfiguracija nam pokazuje broj elektrona u atomu ili ionu i njihov razmještaj po orbitalama. Struktura i sve zakonitosti u periodnom sustavu elemenata ovise o elektronskoj konfiguraciji atoma. Svojstva elemenata ovise uglavnom o elektronskoj konfiguraciji elemenata vanjske ljuske.

Orbitala je dio prostora u kojoj je najveća vjerojatnost nalaženja 2 elektrona suprotnih spinova.

Orbitale se označavaju malim slovima s, p, d, f.

Elektroni su u pojedinoj ljusci ili elektronskom nivou razvrstani u 1s orbitalu (maksimalno 2 elektrona), 3 p orbitale (maksimalno 6 elektrona), 5 d orbitala (maksimalno 10 d elektrona) i 7 f orbitala (maksimalno 14 f elektrona). Maksimalan broj elektrona u ljusci računa se po formuli  $2n^2$ . Pri redosljedu popunjavanja orbitala koristi se Hundovo pravilo koje kaže da u istoj orbitali mora biti što veći broj nesparenih elektrona.. U prvoj ljusci nalazi se samo s orbitala, u drugoj ljusci s i p orbitala, u trećoj s, p i d orbitala itd.

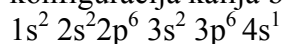
| broj ljuske (n) | oznaka ljuske        | vrsta orbitala | broj elektrona u orbitalama | mogući broj elektrona u ljusci |
|-----------------|----------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1               | K                    | 1s             | 2                           | 2                              |
| 2               | L                    | 2s,2p          | 2+6                         | 8                              |
| 3               | M                    | 3s,3p          | 2+6                         | 8                              |
| 4               | N i nedovršena M     | 4s,3d,4p       | 2+10+6                      | 18                             |
| 5               | O i nedovršena N     | 5s,4d,5p       | 2+10+6                      | 18                             |
| 6               | P i nedovršene N i O | 6s,4f,5d,6p    | 2+14+10+6                   | 32                             |
| 7               | Q i nedovršene O i P | 7s,5f,6d       | 2+14+10                     | 26 (do sada otkriveno 20)      |

#### Primjer 3.

**Napišite i shematski prikažite elektronske konfiguracije važnih makroelemenata : kalija i sumpora.**

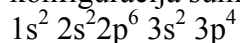
Kalij se nalazi u PSE pod rednim brojem 19 i smješten je u 4. periodi što znači da ima 19 elektrona razmještenih u 4 ljuske.

Poštujući Hundovo pravilo i pravilo raspoređivanja elektrona po orbitalama elektronska konfiguracija kalija bila bi:



Sumpor se nalazi pod rednim brojem 16 i u 3. je periodi što znači da ima 16 elektrona razmještenih u 3 ljuske.

Poštujući Hundovo pravilo i pravilo raspoređivanja elektrona po orbitalama elektronska konfiguracija sumpora bila bi:



**Zadatak 4.1.**

Odredi elektronsku konfiguraciju jedinog metala u sastavu kalcijevog karbonata.

**Zadatak 4.2.**

Napiši i prikaži shematski elektronsku konfiguraciju atoma klora i odredi broj valentnih elektrona, te da li je metal i nemetal.

**Zadatak 4.3.**

Napiši i prikaži shematski konfiguraciju dvovalentnog iona željeza.

**Zadatak 4.4.**

Kako će atom fosfora postići elektronsku konfiguraciju najbližeg plemenitog plina.

**Zadatak 4.5.**

Navedi imena elemenata čije su konfiguracije:

- a) (Ne)  $3s^2$
- b)  $1s^2 2s^2 2p^6$
- c)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- d) (Xe)  $6s^2$

**Zadatak 4.6.**

U kojoj skupini i kojoj periodi se nalazi element čija je konfiguracija:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ , koji je to element?

**Zadatak 4.7.**

Koji od navedenih elemenata imaju slična svojstva i zašto: fluor, kisik, dušik, natrij, klor, berilij, brom, cink, jod, krom.

**Zadatak 4.8.**

Napiši elektronske konfiguracije atoma kisika, sumpora i selena i odgovori po čemu su slične te konfiguracije.

**Zadatak 4.9.**

Prikaži elektronsku konfiguraciju i izračunaj broj subatomske čestice u atomu čiji se atom nalazi u središtu molekule klorofila ( nalazi se u 3. periodi PSE), ako je poznato da mu je maseni broj 24.

**Zadatak 4.10.**

Odredi broj subatomske čestice i u atomu jedinog metala u sastavu modre galice (spoj koji se koristi kao fungicid u vinogradarstvu) ako je poznato da atom ima 4. ljuske i da mu je maseni broj 59. Prikaži i njegovu elektronsku konfiguraciju.

**Zadatak 4.11.**

Poznato je da mikroelement bor poboljšava oplodnju kod voćnih vrsta. Odredi koliko ta vrsta atoma ima protona i elektrona, u kojoj se periodi i skupini nalazi, i prikaži njegovu elektronsku konfiguraciju.

**Zadatak 4.12.**

Koliko ukupno elektrona ima u atomima: bakra, sumpora, fosfora, magnezija i cinka. Koliko od ukupnog broja pripada vanjskim elektronima?



## 5. ATOMSKA I MOLEKULSKA MASA I MNOŽINA TVARI

**Relativna atomska masa ( $A_r$ )** je broj koji kaže koliko puta je masa atoma ( $m_a$ ) nekog elementa veća od atomske jedinice mase ( $u$ ).

$$A_r = m_a / u$$

**Relativna molekulska masa ( $M_r$ )** je broj koji kaže koliko puta je masa neke molekule ili formulske jedinice ( $m_f$ ) veća od atomske jedinice mase ( $u$ ).

$$M_r = m_f / u$$

**Atomska jedinica mase** je 1/12 mase izotopa ugljika  $^{12}\text{C}$  i iznosi  $1.66 \times 10^{-27} \text{kg}$ .

Relativna molekulska masa dobije se zbrajanjem relativnih atomskih masa svih atoma u toj molekuli ili formulskoj jedinki.

**Molarna masa ( $M$ )** izračunava se kao i relativna molekulska masa samo se izražava jedinicom  $\text{g mol}^{-1}$ .

$$M = M_r \text{ g mol}^{-1} \text{ (za molekule)}$$

$$M = A_r \text{ g mol}^{-1} \text{ (za atome)}$$

**Množina ( $n$ )** je omjer mase i molarne mase

$$n = m / M$$

i izražava se jedinicom mol.

U jednom molu bilo koje tvari ima jednak broj jedinki i to  $6,022 \times 10^{23}$  (Avogadrov broj). **Avogadrova konstanta je  $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$**  i označava se sa **L**.

Tako množinu možemo izračunati i po formuli

$$n = N / L$$

gdje je **N brojnost** nekih čestica

Dakle, potrebno nam je znati:

|  | <u>Jedinica</u>     |
|--|---------------------|
| Relativna atomska masa - $A_r$                       | nema                |
| masa atoma - $m_a$                                   | g ili kg            |
| atomske jedinice mase - $u = 6,022 \times 10^{-27}$  | g ili kg            |
| Relativna molekulska masa - $M_r$                    | nema                |
| Masa molekule ili formulske jedinice - $m_f$         | g ili kg            |
| Molarna masa - $M$                                   | g mol <sup>-1</sup> |
| Množina - $n$  | mol                 |
| Avogadrova konstanta je – $L = 6,022 \times 10^{23}$ | mol <sup>-1</sup>   |

**Primjer 4:**

**Koliko atoma ugljika (C) je sadržano u 14,6 g kalcijevog karbonata?**

$$\frac{m(\text{CaCO}_3)}{N(\text{C})} = 14,6 \text{ g}$$

$$N(\text{C}) = ?$$

$$N(\text{C}) = n(\text{C}) / L$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CaCO}_3)$$

$$n(\text{CaCO}_3) = m(\text{CaCO}_3) / M(\text{CaCO}_3) = 14,6 \text{ g} / 100,09 \text{ g mol}^{-1} = 0,146 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}) = 0,146 \text{ mol}$$

$$N(\text{C}) = 0,146 \text{ mol} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 0,878 \times 10^{23} \text{ atoma}$$

**Zadatak 5.1.**

Izračunaj relativnu molekulsku masu amonijevog sulfata koji se koristi kao gnojivo.

**Zadatak 5.2.**

Kalcijev nitrat je gnojivo koje sadrži 13-16 % dušika. Izračunaj množinu ako je masa gnojiva 98,5 kilograma.

**Zadatak 5.3.**

Izračunaj mase atoma željeza, kalija i kalcija!

**Zadatak 5.4.**

Koliko iznosi masa 3 formulske jedinice bakrova (II) sulfata?

**Zadatak 5.4.**

Urea je kruto dušično gnojivo. Kemijska formula joj je  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Izračunaj molarnu masu ovog spoja.

**Zadak 5.5.**

Izračunaj masu saharoze u uzorku saharoze množine  $2.00 \times 10^{-2}$  mola!

**Zadatak 5.6.**

Kolika je masa jednog atoma dušika!

**Zadatak 5.7.**

Koliko atoma sumpora ima u 10 miligrama sumpora!

**Zadatak 5.8.**

Koliko molekula ima u  $3 \text{ cm}^3$  vode ako je gustoća vode  $1 \text{ g cm}^{-3}$ !

**Zadatak 5.9.**

Koliko atoma kalcija je sadržano u 14.9 grama kalcijeva karbonata?

**Zadatak 5.10.**

U šalici čaja otopljeno je 20 grama saharoze. Izračunaj broj molekula šećera i broj atoma ugljika, vodika i kisika koje si unio u organizam!

**Zadatak 5.11.**

Kolika je masa modre galice sadržana u 3 mola te tvari?

**Zadatak 5.12.**

Da li su vodik, ugljikov(IV) oksid i ugljikov (II) oksid teži ili lakši od zraka?

**Zadatak 5.13.**

Izračunaj relativnu molekulsku masu zelene galice ( $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ )!

**Zadatak 5.14.**

Reakcijom amonijaka i dušične kiseline dobiveno je 4,3 mola amonijeva nitrata. Koliko ima molekula dobivenog spoja?

**Zadatak 5.15.**

Koliko je molova i koliko formulskih jedinki sadržano u 1 toni bakrovog (II) sulfata?

**Zadatak 5.16.**

U čaši se nalazi vino u kojemu ima ukupno 2 grama etanola. Izračunaj koliko će se u toj količini vina nalaziti molekula etanola.

**Zadatak 5.17.**

U posudi je otopljeno 200 grama modre galice. Izračunaj broj formulskih jedinki modre galice u posudi te broj atoma bakra i sumpora.

**Zadatak 5.18.**

Koliko atoma sumpora ima u 3 sumporne trake koje se spaljuju pri sumporenju bačava ako je poznato da na svakoj traci ima 4 grama sumpora?

**Zadatak 5.19.**

Željezna kockica brida 2 cm sadrži 1 mol atoma željeza. Polumjer atoma željeza je 116 pm. Izračunajte koliko bi se puta mogao lanac načinjen od tih atoma prebaciti do Sunca i natrag ako je poznato da je udaljenost od Zemlje do Sunca  $1,5 \times 10^8$  km. (465 puta)

**Zadatak 5.20.**

Volumen vode u svim oceanima i morima na Zemlji je  $1,4 \times 10^{21}$  dm<sup>3</sup>. Kad bi se 180 grama glukoze podijelilo na sva mora i oceane bilo bi još molekula glukoze. Kolika bi bila njihova brojnost? ( 430 u litri)

**Zadatak 5.21.**

Izračunajte masu 5 molekula plina koji se razvija u procesu alkoholnog vrenja! (iskažite masu u kilogramima i gramima). Da li će taj plin padati na dno prostorije ili će se sakupljati ići prema gore ako je poznato da je Mr zraka približno 29? Dokaži računski.

## 6. RAČUNANJE EMPIRIJSKE I MOLEKULSKE FORMULE SPOJA

EMPIRIJSKA formula pokazuje najmanji broječni odnos atoma elemenata u formulskoj jedinki ili molekuli.

MOLEKULSKA formula prikazuje vrstu atoma i stvarni odnos broja atoma koji izgrađuju tu molekulu.

STRUKTURNNA formula prikazuje kako su atomi vezani u molekuli.

Vrlo često se sastav nekog kemijskog spoja (njegova molekulska formula) određuje kvantitativnom elementarnom analizom, a rezultati se iskazuju masenim udjelima.

Spojevima čije su molekulske formule slijedeće: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (eten), C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> (propen), C<sub>4</sub>H<sub>8</sub> (buten), C<sub>5</sub>H<sub>10</sub> (penten) ista je empirijska formula CH<sub>2</sub> koja prikazuje najmanji omjer atoma ugljika i vodika u svim ovim spojevima.

### **Primjer 5:**

**U nekom ugljikovodiku maseni udio ugljika je 75%, a vodika 25 % Odredi empirijsku formulu spoja!**

$$\begin{aligned} N(\text{C}): N(\text{H}) &= n(\text{C}) : n(\text{H}) \\ &= m(\text{C})/A_r(\text{C}) : m(\text{H})/A_r(\text{H}) \\ &= 0,75/12,01 : 0,25/1,008 \\ &= 0,06245 : 0,24802 \\ &= 1 : 3,972 \\ &= 1 : 4 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_4 \end{aligned}$$

### **Zadatak 6.1**

Dokazano je da se u nekom spoju veže 6 g ugljika na 1 g vodika. Relativna molekulska masa spoja je 56. Odredi molekulsku formulu spoja !

### **Zadatak 6.2**

Neki spoj sastoji se od 0,0887 mola atoma kalija,  $2,65 \times 10^{22}$  atoma ugljika i 0,132 mola atoma kisika. Odredi empirijsku formulu spoja!

### **Zadatak 6.3.**

Odredite molekulsku formulu spoja koji se sastoji od 1.03 % vodika, 33 % sumpora i 66 % kisika! Relativna molekulska masa je 195.

### **Zadatak 6.4.**

Na Mjesecu je nađen dotad nepoznati mineral armakolit (prema posadi Apolla XI). On sadrži 21.8 % željeza, 9,5 % magnezija, 37,4 % titana i 31,3 % kisika. Odredi empirijsku formulu spoja!

**Zadatak 6.5.**

Zagrijavanjem 2,78 g  $\text{FeSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  masa se smanji za 1,26 g zbog isparavanja vode. Koja je formula tog spoja?

**Zadatak 6.6.**

Izračunajte empirijsku formulu spoja koji sadrži 12,1 % natrija 11,4 % bora, 29,4 % kisika, a ostalo je voda!

**Zadatak 6.7.**

Freon- 12 sadrži 9,9 % ugljika, 31,4 % fluora i 58,7 % klora. Odredite empirijsku formulu.

**Zadatak 6.8.**

Odredite empirijsku formulu spoja koji sadrže 56,52% kalija, 8,69% ugljika, a ostalo je kisik.

**Zadatak 6.9.**

Analiza je pokazala da neki prirodni mineral sadrži 23,3% kalcija, 18,6% sumpora, 20,9% vode, a ostalo je kisik. Odredite empirijsku formulu tog minerala.

**Zadatak 6.10.**

Nađite najjednostavniju formulu kristalne sode ako zagrijavanjem 28,62 g kristalne sode dobijemo 10,6 g bezvodnog natrijevog karbonata.

**Zadatak 6.11.**

Određeno je da neki uzorak sadrži 8,16 g natrija,  $1,06 \times 10^{23}$  atoma ugljika i 0,524 mola kisika. Odredite empirijsku formulu spoja.

**Zadatak 6.12.**

Kemijskom analizom ustanovljeno je da u nekom fosforovom oksidu na 100 grama spoja ima 43,64 grama fosfora, a ostalo je kisik. Relativna molekulska masa tog spoja je 283,88. Odredite empirijsku i molekulsku formulu zadanog spoja.

**Zadatak 6.13.**

Ženski spolni hormon estrogen sadrži ugljik, vodik i kisik, a maseni udjeli  $w(\text{C})=79.9\%$ ,  $w(\text{H})=8.2\%$ ,  $w(\text{O})=11.8\%$ . Odredite empirijsku i molekulsku formulu ako je  $M_r = 270.4$ .

**Zadatak 6.14.**

Elementarnom analizom određeni su maseni udjeli elemenata u mliječnoj kiselini: ugljika 40%, vodika 6,7% i kisika 53%. Relativna molekulska masa spoja je 90. Odredite molekulsku formulu ovog spoja. ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ )

**Zadatak 6.15.**

Odredite empirijsku formulu spoja koji se koristi pri zaštiti vinove loze od gljivičnih oboljenja a koji sadrži 25,45 % bakra, 12,84 % sumpora, 25,63 % kisika, a ostalo je voda.

**Zadatak 6.16.**

Nedostatak kalcija kod krušaka i jabuka može se spriječiti prskanjem sprejem koji sadrži spoj u kojem ima 36,1 % kalcija i 63,9 % klora. Njegova molekulska masa je 111,0 g/mol. Koja je njegova empirijska i molekulska formula? Koji je kemijski naziv tog spoja? ( $\text{CaCl}_2$ )

**Zadatak 6.17.**

Karakterističan «ružin» miris whiskeya potječe od istog spoja od kojeg i ruže mirišu: od 2-feniletanola. Odredite njegovu empirijsku formulu ako je poznato da su u njemu maseni udjeli elemenata slijedeći :  $w(\text{C}) = 78,7\%$  ,  $w(\text{H}) = 8,19\%$  i  $w(\text{O}) = 13,1\%$ . ( $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_1 - \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ )

**Zadatak 6.18.**

Kemijskom analizom vitamina C ustanovljeno je da su maseni udjeli elemenata u njemu:  $w(\text{C}) = 40,91\%$  ,  $w(\text{O}) = 54,55\%$  , a ostalo je vodik.

a) Odredite empirijsku formulu vitamina C

b) Odredite molekulsku formulu ako je poznato da je relativna molekulska masa 176,12.  
( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ )

## 7. RAČUNANJE MASENIH UDJELA (MASENIH POSTOTAKA) POJEDINIH SASTOJAKA SPOJA ILI SMJESE

Sastav nekog kemijskog spoja ili smjese iskazujemo masenim udjelima pojedinih sastojaka kemijskog spoja ili smjese. Maseni udio ( $w$ ) nekog sastojka u smjesi je omjer mase tog sastojka i mase cjelokupne smjese

$$w(\text{sastojka}) = m(\text{sastojka}) / m(\text{smjese})$$

Maseni udio izražava se brojkom koja nije nikada veća od jedan. Ako maseni udio pomnožimo sa 100 % dobijemo maseni postotak. Zbroj masenih postotaka svih tvari u smjesi ne može biti nikada veći od 100 %.

Ako izračunavamo maseni udio nekog elementa u spoju onda stavljamo u omjer relativnu atomsku masu tog elementa i relativnu molekulsku masu spoja, npr.

$$w(\text{H}) = 2A_r(\text{H}) / M_r(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

### Primjer 6.

**Odredite masu bakra u 2 kilograma modre galice!**

$$m(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) = 2 \text{ kg}$$

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

$$w(\text{Cu}_2\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{A_r(\text{Cu})}{M_r(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{63,55}{249,68} = 0,2545 = 25,45 \%$$

$$w(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O})}, \text{ iz čega slijedi da je}$$

$$m(\text{Cu}) = w(\text{Cu}) \times m(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) = 0,2545 \times 2 \text{ kg} = 0,509 \text{ kg} = 509 \text{ g}$$

### **Zadatak 7.1.**

Odredite masene udjele svih elemenata u modroj galici!

### **Zadatak 7.2.**

Za suzbijanje biljnih bolesti na vinovoj lozi koristi se Folicur E WP 50 i to u koncentraciji 0.30 %. Koliko je potrebno otopiti tog sredstva da bi dobili količinu otopine 500 kg ? Koliko će u toj otopini biti vode?

### **Zadatak 7.3.**

20 grama cedevite sadrži 98 mg vitamina C. Izračunajte maseni udio vitamina C u cedeviti, te u otopini koju smo priredili otapanjem 8 grama cedevite u 140 g vode?



**Zadatak 7.4.**

Da li više dušika ima u amonijevom nitratu ili amonijevom sulfatu – oba spoja se koriste kao umjetna gnojiva?

**Zadatak 7.5.**

Odredite maseni udio sumpora u 50 g sumporovog dioksida!

**Zadatak 7.6.**

Izračunajte masene udjele elemenata u:  
kalcijevom sulfatu, sumporovodiku, kalijevom nitratu i natrijevom kloridu.

**Zadatak 7.7.**

U kojoj količini vode treba otopiti 25 grama modre galice da se dobije 20 % - tna otopina?

**Zadatak 7.8.**

Izračunajte masene udjele kemijskih elemenata u urei!

**Zadatak 7.9.**

Maseni postotak SO<sub>2</sub> u vinu je 0.03% . Kolika je masa SO<sub>2</sub> u vinu ako imamo 20 tona vina?

**Zadatak 7.10.**

Kolika je masa čistog sumpora u 1400 litara vina ako je poznato da je maseni udio sumporovog dioksida u vinu 0,035%?

**Zadatak 7.11.**

Kalcij u tlu može biti podrijetlom iz primarnih minerala silicija ili sekundarnih minerala kalcija kao što su kalcit (CaCO<sub>3</sub>), dolomit (CaCO<sub>3</sub> x MgCO<sub>3</sub>) i gips (CaSO<sub>4</sub> x 2 H<sub>2</sub>O).  
Izračunaj koji od ovih minerala sadrži najviše kalcija.

**Zadatak 7.12.**

Ako znamo da grožđe jedne vinske sorte sadrži 5 % peteljkovine, 11 % kožice, 4 % koštica, a ostalo je sok koliku masu mošta možemo očekivati ako smo pobrali 1500 kg grožđa? Koliko ćemo dobiti ostatka nakon prešanja pod pretpostavkom da možemo iscijediti sav sok bez gubitaka?

**Zadatak 7.13.**

Koliko u netom otočenom moštu ima litara vode ako je poznato da ima 78 % vode te da smo otočili 1,3 hl mošta?

**Zadatak 7.14.**

Mjerenje sladora u grožđu ili moštu može se vršiti sa Baboovim moštomjerom. Postotak Baboovog moštomera približno pokazuje koliko kg sladora ima u 100 kg mošta.

Ako smo pomoću ovog moštomjera izmjerili slador od 19,04 % odredite:

- a) koliko sladora ima u 550 kg mošta? (104,7 kg)
- b) Kolika bi bila očitana vrijednost na moštomjeru ako znamo da u 1500 kg mošta ima 302,6 kg sladora ( 20,17 %)

**Zadatak 7.15.**

Izračunajte maseni udio octene kiseline u vinu ako je poznato da je u 600 grama vina otopljeno 3,96 grama kiseline.

**Zadatak 7.16.**

Izračunajte masu vode koju je potrebno dodati na 293 grama saharoze da bi priredili 15 % - tnu otopinu. ( $m = 1,66 \text{ kg}$ )

**Zadatak 7.17.**

Bočica Coca – cole od 0,2 litre sadrži 25 miligrama kofeina. Smrtonosna doza kofeina je oko 10 grama.

- a) Koliko bočica Coca – cole sadrži smrtonosnu dozu kofeina?
- b) Koliki je maseni udio kofeina u jednoj bočici ako je masa 0,2 litre približno 0,2 kilograma? ( $N = 400$ ,  $w = 125 \text{ ppm}$ )

**Zadatak 7.18.**

Koliko molekula dušika ima u balonu kojeg smo napunili zrakom pri s.u. ako je poznato da je njegov volumen  $0,83 \text{ m}^3$ , te da je volumni udio dušika u zraku 78%?

## 8. MINERALNA GNOJIVA

Jedinstveni «recept» za gnojidbu vinograda ne postoji zbog specifičnosti svakog vinograda. Jasno je da će bez redovite gnojidbe izostati i željeni urod na trsovima. Redovita gnojidba vinograda obuhvaća osnovnu jesensku gnojidbu, proljetnu gnojidbu i prihranu loze tijekom vegetacije. Prema starosti vinove loze gnojidba može biti prilikom sadnje, gnojidba mladog vinograda i gnojidbu vinograda u rodu. Jesenska gnojidba obavlja se mineralnim kompleksnim NPK gnojivima koja sadrže malo dušika, više fosfora i najviše kalija. Najčešće se preporučuje formulacija NPK 7-14-21. Gnojiva s više dušika preporučuju se u proljeće.

**Dušična gnojiva:** amonijak  $\text{NH}_3$ , urea (karbamid)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , amonijev nitrat  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , amonijev sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  i natrijev nitrat  $\text{NaNO}_3$

**Fosforna gnojiva:** SUPERFOSFAT ( smjesa kalcijevog dihidrogen fosfata i kalcijevog sulfata (  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2 \text{CaSO}_4$  )

**Kalijeva gnojiva:** kalijev klorid  $\text{KCl}$  i kalijev sulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$

**Višestruka, kompleksna gnojiva N P K:** amonijev dihidrogen fosfat  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , amonijev hidrogen fosfat  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , kalijev nitrat  $\text{KNO}_3$ , KAN – smjesa kalcijevog i amonijevog nitrata  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$

Poznata umjetna gnojiva su NPK 7:14:21, NPK 5:20:30 i NPK 5:14:35

Gnojivo obilježeno kao N : P : K 5 : 20 : 30 sadrži udio od 5% N, 20%  $\text{P}_2\text{O}_5$  i 30 %  $\text{K}_2\text{O}$  (5 kg N, 20 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  i 30 kg  $\text{K}_2\text{O}$  u 100 kg gnojiva). a ostalih 45 % su punila i drugi materijali.

### **Primjer 7.**

**Godišnjom berbom od 20 t grožđa i 3 t izrezane loze iz tla je izneseno oko 90 kg dušika, 24 kg fosfora i 100 kg kalija. Izračunajte koliko kg kompleksnog gnojiva N P K 5:14:30 i koliko uree treba uzeti da bi se zemljištu vratili izneseni elementi!**

$$m(\text{N}) = 90 \text{ kg}$$

$$m(\text{P}) = 30 \text{ kg}$$

$$m(\text{K}) = 100 \text{ kg}$$

-----

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

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

U 100 kg kompleksnog gnojiva N P K 5:14:30 ima 5 kg dušika, 14 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ , i 30 kg  $\text{K}_2\text{O}$ . Prvo moramo izračunati masene udjele fosfora u  $\text{P}_2\text{O}_5$  i kalija u  $\text{K}_2\text{O}$ .

$$w(\text{P}) = 2A_r(\text{P}) / M_r(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,436 = 43,6\%,$$

$$w(\text{K}) = 2A_r(\text{K}) / M_r(\text{K}_2\text{O}) = 0,83 = 83\%,$$

što znači da u 14 kg  $P_2O_5$  ima  $14 \times 0,436 = 6,1$  kg P, a u 30 kg  $K_2O$  ima  $30 \times 0,83 = 24,9$  kg K, pa možemo napisati da u 100 kg NPK 5:14:30 ima 5 kg N, 6,1 kg P i 24,9 kg K.

Ako u 100 kg NPK 5:14:30 ima 24,9 kg K onda će u x kg NPK 5:14:30 biti 100 kg K.

Rješavanjem postavljenog omjera izračunamo da je

$$x = 100 \text{ kg} \times 100 \text{ kg} / 24,9 \text{ kg} = 401,6 \text{ kg NPK 5:14:30}$$

Dakle, u 401,6 kg ovog gnojiva imamo traženih 100 kg k.

Ako u 100 kg NPK 5:14:30 ima 6,1 kg P onda u 401,6 kg NPK 5:14:30 ima x kg P

$$x = 401,6 \text{ kg} \times 6,1 \text{ kg} / 100 \text{ kg} = 24,5 \text{ kg P}$$

Ako u 100 kg NPK 5:14:30 ima 5 kg N onda u 401,6 kg NPK 5:14:30 ima x kg N

$$x = 401,6 \text{ kg} \times 5 \text{ kg} / 100 \text{ kg} = 20,08 \text{ kg N}$$

Vidljivo je da se dodatkom 401,6 kg NPK 5:14:30 zadovoljava izneseni maseni udio kalija i fosfora, ali ne i maseni udio dušika jer se vraća samo 20,08 kg dušika, a treba 90 kg. Razliku  $90 - 20 \text{ kg} = 70 \text{ kg}$  vraćamo zemljištu dodatkom uree.

Maseni udio dušika u urei je:

$$W(N) = 2A_r(N) / M_r(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = 0,466 = 46,6 \%, \text{ a nama treba } 70 \text{ kg iz omjera}$$

100 kg uree sadrži 46,6 kg N onda x kg uree sadrži 70 kg dušika iz čega je

$$x = 100 \text{ kg} \times 70 \text{ kg} / 46,6 \text{ kg} = 150,2 \text{ kg uree}$$

Da bi zemljištu vratili iznesenih 90 kg dušika, 24 kg fosfora i 100 kg kalija potrebno je dodati 401,6 kg gnojiva NPK 5:14:30 i 150,2 kg uree.

### **Zadatak 8.1.**

Izračunajte koliko kg superfosfata  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2 \text{CaSO}_4$  treba uzeti da bi se na jedan hektar dodalo 70 kg  $P_2O_5$  ?

### **Zadatak 8.2.**

Koliko kg uree treba uzeti da bi se po hektaru dodalo 200 kg dušika?

### **Zadatak 8.3.**

Ako smo na jedan hektar vinograda dodali 500 kg N : P : K 7 : 14 : 21 kolika je masa dodanog dušika, fosfora i kalija?

### **Zadatak 8.4.**

Ako na hektar vinograda trebamo dodati što više dušika koje će nam gnojivo biti najbolje: amonijak, amonijev nitrat ili natrijev nitrat?

### **Zadatak 8.5.**

Godišnjom berbom od 20 t grožđa i 3 tone izrezane loze iz tla je izneseno oko 90 kg dušika, 30 kg fosfora i 120 kg kalija. Izračunajte koliko kg kompleksnog gnojiva N : P : K 7 : 14 : 30 i koliko kg uree treba uzeti da bi se zemljištu vratili izneseni elementi

**Zadatak 8.6.**

Analizom je utvrđeno da je jednogodišnjom obradom vinograda iznešeno 50 kg dušika, 30 kg fosfora i 40 kg kalija. Da li ćemo nadoknaditi sva tri elementa ako na tu površinu bacimo 300 kg N:P:K 7:14:21 ?

**Zadatak 8.7.**

Koliko kilograma uree treba uzeti da se po hektaru doda 150 kg čistog dušika?

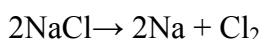
**Zadatak 8.8.**

Za prihranu tla koristi se, između ostalih gnojivo formulacije 18:9:9. Ako smo na određenu površinu dodali 1 tonu i 200 kilograma gnojiva koliko smo dodali kilograma čistog dušika, fosfora i kalija?

## 9. RAČUNANJA NA TEMELJU POZNAVANJA KEMIJSKE JEDNADŽBE

Kemijska reakcija je promjena kemijskih svojstava tvari koje međusobno reagiraju. Kemijskom reakcijom nastaju nove tvari. Tvari koje ulaze u reakciju i međusobno reagiraju nazivaju se reaktanti, a tvari koje nastaju reakcijom su produkti. Kod kemijskih promjena vrijedi zakon o očuvanju mase koji kaže da se u nekoj kemijskom reakciji ne mijenja broj i vrsta atoma, a time niti ukupna masa tvari koje sudjeluju u reakciji. Kemijsku reakciju možemo prikazati kemijskom jednadžbom u kojoj su reaktanti na lijevoj, a produkti na desnoj strani jednadžbe. Svaka jednadžba ima dvovrsno značenje: kvalitativno i kvantitativno. Kvalitativno pokazuje koje tvari sudjeluju u reakciji, a kvantitativno koliko tih tvari sudjeluje (množinu reaktanata i produkata).

Primjer :



kvalitativno: razlaganjem natrijevog klorida nastaju natrij i klor

kvantitativno: razlaganjem 2 formulske jedinice natrijeva klorida nastaju 2 atoma natrija i molekula klora.

Da bi jednadžba bila pravilno napisana mora biti izjednačena - broj atom mora biti isti s lijeve i s desne strane jednadžbe.

Time ujedno vidimo i odnos broja molova u jednadžbi.

Budući da je množina tvari (n) povezana s masom (m), brojem jedinica (N) i volumenom tvari (V) možemo ju računati prema izrazima:

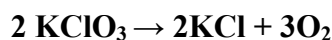
$$n(x) = m(x) / M(x)$$

$$n(x) = N(x) / L$$

$$n(x) = V^0(x) / V_m^0, \text{ gdje je } V_m^0 \text{ standardni volumen plina } 22,4 \text{ dm}^3$$

### **Primjer 8.**

**Izračunajte koliko će grama kisika nastati razgradnjom 1,226 grama kalijevog klorata ako je poznato da u ovoj reakciji kisik nastaje prema jednadžbi:**



$$m(\text{KClO}_3) = 1,226 \text{ g}$$

$$m(\text{O}_2) = ?$$

Omjer množine (količine) kalijevog klorata i kisika je prema gornjoj jednadžbi :

$$n(\text{KClO}_3) : n(\text{O}_2) = 2 : 3$$

iz poznate mase za kalije klorat možemo izračunati množinu kalijevog klorata:

$$n(\text{KClO}_3) = \frac{m(\text{KClO}_3)}{M(\text{KClO}_3)} = \frac{1,226 \text{ g}}{122,56 \text{ gmol}^{-1}} = 0,01 \text{ mol}$$

Iz omjera množina proizlazi da je  $n(\text{O}_2) = \frac{3 n(\text{KClO}_3)}{2} = \frac{3 \times 0,01 \text{ mol}}{2} = 0,015 \text{ mol}$

dakle :

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \times M(\text{O}_2) = 0,015 \text{ mol} \times 32 \text{ g mol}^{-1} = 0,48 \text{ g}$$

### **Zadatak 9.1.**

Spajanjem vodika i kisika nastaje voda. Izračunaj masu vode koja će nastati ako u smjesi ima 25 g vodika i 25 g kisika.

### **Zadatak 9.2**

Odredi masu bakrova (I) sulfida koji možemo oksidirati sa  $7,8 \times 10^{23}$  molekula kisika! Produkti reakcije su bakrov (I) oksid i sumporov (IV) oksid.

### **Zadatak 9.3.**

Dušikov (I) oksid može se proizvesti termičkim raspadom amonijeva nitrata pri čemu još nastaje i voda. Odredi masu amonijeva nitrata koji je potreban za stvaranje  $2,5 \times 10^{22}$  molekula dušikovog (I) oksida.

### **Zadatak 9.4.**

Kalcijev karbonat se zagrijavanjem raspada na kalcijev oksid i ugljikov (IV) oksid. Izračunaj masu kalcijevog karbonata potrebnog za proizvodnju 200 kg kalcijevog oksida i koliko će molekula ugljikovog (IV) oksida nastati ovom reakcijom.

### **Zadatak 9.5.**

Kolika je masa saharoze koja može sagorjeti s 5 mola čistog kisika!

### **Zadatak 9.6.**

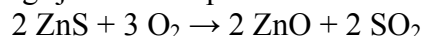
Izračunajte koliko će sumporovog (IV) oksida nastati spaljivanjem 10 g sumpora!

### **Zadatak 9.7.**

Produkti reakcije bakrovog (II) karbonata i nitratne kiseline su voda, ugljikov(IV) oksid i bakrov (II) nitrat. Ako je utrošeno 50 g bakrova (II) karbonata koliki će biti volumen ugljikovog (IV) oksida pri s.u.

### **Zadatak 9.8.**

Ako se sfalerit grije na zraku prelazi u cinkov oksid. Jednadžba reakcije je:



Koliko se ovim načinom može dobiti cinkovog oksida, a koliko sumporovog (IV) oksida od 10 kg sfalerita?

### **Zadatak 9.9.**

Koliko kalcijevog klorida i kalijevog fosfata treba uzeti da se dobije 100 g kalcijevog fosfata?

### **Zadatak 9.10.**

Razlaganjem 2 mola  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  nastalo je 54,06 g vode. Koliko je nastalo grama  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?

### **Zadatak 9.11.**

Zagrijavanjem 1 g kalijeva klorata nastaju kisik i kalijev klorid. Izračunajte:

- volumen nastalog kisika pri standardnim uvjetima
- masu kalijeva klorida koji nastaje tijekom reakcije
- broj molekula kisika koje će nastati tijekom reakcije

**Zadatak 9.12.**

Izračunajte masu octene kiseline koja nastaje oksidacijom 200 grama vina u kojemu je maseni udio etanola 12 %.

**Zadatak 9.13.**

Izračunajte množinu, masu i volumen ugljikovog (IV) oksida pri standardnim uvjetima koji nastaje fermentacijom 100 grama vodene otopine u kojoj je maseni udio glukoze 40%.

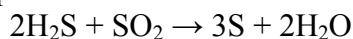
**Zadatak 9.14.**

Jedna od najčešćih i najopasnijih bolesti vina je octikavost. Pri ovom postupku se etanol uz prisutnost kisika razlaže na octenu kiselinu i vodu. Odredite:

- masu nastale octene kiseline ako je poznato da je masa etanola 960 grama
- volumen kisika potreban za razlaganje iste mase alkohola pri s.u.

**Zadatak 9.15.**

Nepoželjni miris sumporovodika iz vina može se uklanjati sumporenjem vinobranom pri čemu se razvija elementarni sumpor:



Odredite volumen  $\text{SO}_2$  koji će reagirati sa  $78 \text{ dm}^3$  sumporovodika pri s.u.

**Zadatak 9.16.**

Zagrijavanjem amonijevog nitrata dolazi do njegovog raspadanja na dušikov (I) oksid i vodu. Koliki je volumen dušikovog (I) oksida, a kolika masa vode koji se razviju u reakciji ako je poznato da je na početku masa amonijevog nitrata bila 5 grama? ( $V = 1,4 \text{ dm}^3$ )

**Zadatak 9.17.**

Izgaranjem tetraetilolova razvijaju se slijedeći produkti: olovo (II) oksid, ugljik (IV) oksid i vodena para. Izračunajte masu olovo(II) oksida i volumen ugljik (IV) oksida koji nastanu u reakciji ako je poznato da godišnje izgori 227 250 tona  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$   
( $m(\text{PbO}) = 156821 \text{ t}$ ,  $V^0(\text{CO}_2) = 1,26 \times 10^8 \text{ m}^3$ )

**Zadatak 9.18.**

Za dezinfekciju praznih drvenih bačava koristi se sumporov dioksid koji se dobije paljenjem sumpornih traka. Spalili smo 3 trake, od kojih je jedna imala masu 4,98 grama, druga 5,13 grama, a treća 5,02 grama. Koliki se volumen sumporovog dioksida razvio.



## 10. KONCENTRACIJA OTOPINA

Tvari mogu biti smjese tvari i čiste tvari.

Smjese tvari su one tvari u kojima je pomiješano više tvari, ali je svaka zadržala svoja svojstva.

Smjese mogu biti homogene i heterogene.

Smjese mogu biti plinovite, tekuće i čvrste. Plinovite smjese su uvijek homogene, a tekuće i čvrste mogu biti i homogene i heterogene.

**Otopine** su homogene smjese koje se sastoje od **otapala** (tekućina) i **otopljene tvari** (čvrsta, plinovita ili tekuća tvar otopljena u otapalu).

Općenito se smatra da otopina sadrži više otapala nego otopljene tvari.

Najčešće su vodene otopine jer se voda najčešće upotrebljava kao otapalo.

U vodi su topljive sve soli, te većina anorganskih kiselina i baza.

Koncentracija je skupni naziv za veličine koje određuju sastav neke smjese.

Fizičke veličine kojima se opisuje koncentracija smjesa:

- koncentracija otopljene tvari
- masena koncentracija tvari
- molalitet otopljene tvari u otapalu
- maseni udio tvari
- količinski udio tvari

### Množinska koncentracija otopljene tvari

Koncentracija otopina u kemiji najčešće se izražava omjerom količine otopljene tvari i volumenom otopine,

$$c = n/V$$

gdje je  $c$  koncentracija izražena u mol/ dm<sup>3</sup>

$n$  količina tvari izražena u molima

$V$  volumen otopine izražen u dm<sup>3</sup>

Prilikom rješavanja zadataka potrebno je znati da se količina tvari može izraziti kao omjer mase tvari i molarne mase,

$$n = \frac{m}{M}$$

gdje je  $n$  količina tvari izražena u molima

$m$  masa tvari izražena u gramima

$M$  molarna masa izražena u gram/mol

i da je gustoća otopine omjer mase otopljene tvari i volumena otopine,

$$\rho = \frac{m}{V}$$

gdje je  $\rho$  gustoća otopine izražena u  $\text{g/cm}^3$   
 $m$  masa tvari izražena u gramima  
 $V$  volumen otopine izražen u  $\text{cm}^3$

### **Masena koncentracija otopljene tvari**

Masena koncentracija otopljene tvari izražava se omjerom mase otopljene tvari i volumena otopine:

$$\gamma = \frac{m}{V}$$

gdje je  $\gamma$  masena koncentracija izražena u  $\text{g/dm}^3$   
 $m$  masa otopljene tvari izražena u gramima  
 $V$  volumen otopine izražen u  $\text{dm}^3$

### **Molalitet otopljene tvari**

Molalitet otopljene tvari izražava se omjerom količine otopljene tvari i mase otapala:

$$b = \frac{n}{m}$$

gdje je  $b$  molalitet izražen u  $\text{mol/kg}$   
 $n$  količina tvari izražena u molima  
 $m$  masa otapala izražena u  $\text{kg}$

### **Maseni udio tvari**

Maseni udio neke tvari u smjesi ili otopini jednak je omjeru mase te tvari prema ukupnoj masi svih tvari u smjesi ili otopini:

$$w(\text{sastojka}) = \frac{m(\text{sastojka})}{m(\text{smjese})}$$

### Količinski udio tvari

Količinski udio neke tvari u smjesi jednak je omjeru količine te tvari prema ukupnoj količini svih tvari

$$x(\text{tvari}) = \frac{n(\text{tvari})}{n(\text{tvari}) + n(\text{otapala})}$$

### Primjer 9.

**Koliko je potrebno grama  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  za pripremu  $250 \text{ cm}^3$  otopine množinske koncentracije  $2 \text{ mol dm}^{-3}$  ?**

$$\begin{aligned} V &= 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3 \\ c(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 2 \text{ mol dm}^{-3} \\ m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= ? \end{aligned}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V}$$

Iz čega slijedi da je

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \times V = 2 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 = 0,5 \text{ mol}$$

kada smo izračunali množinu iz formule

$$n = \frac{m}{M}, \text{ izračunamo masu} \quad m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \times M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5 \text{ mol} \times 105,99 \text{ g mol}^{-1} = 52,99 \text{ g}$$

### **Zadatak 10.1.**

Gustoća natrijeve lužine je  $1.2192 \text{ g/cm}^3$ . Maseni udio natrijeva hidroksida je 0.20. Izračunaj masenu i množinsku koncentraciju!

### **Zadatak 10.2.**

Koliko miligrama sulfatne kiseline treba za neutralizaciju  $10 \text{ cm}^3$  otopine natrijevog hidroksida koncentracije  $0.025 \text{ mol/dm}^3$ ?

### **Zadatak 10.3.**

10 grama neke tvari molarne mase  $46 \text{ g/mol}$ , otopljeno je u 100 grama vode. Gustoća je dobivene otopine  $0.985 \text{ g/cm}^3$ . Izračunajte koncentraciju otopine.

### **Zadatak 10.4.**

Koliko mola sumporne kiseline neutralizira 100 grama aluminijeva hidroksida?

**Zadatak 10.5.**

Voda za piće može sadržavati 0.05 miligrama srebra po litri. Koliko iona srebra ima u gutljaju takve vode ako se decilitar ispije u pet gutljaja.

**Zadatak 10.6.**

Odredite mase kuhinjske soli i vode koje su potrebne za pripravu 10 kg vodene otopine masenog udjela soli 5%.

**Zadatak 10.7.**

U jednoj litri vode za piće ne smije biti više od 0.5 mikrograma kadmija, a olova može biti do 0.05 miligrama. Odredite granične vrijednosti množinskih koncentracija tih elemenata.

**Zadatak 10.8.**

Izračunaj maseni udio kloridne kiseline u otopini množinske koncentracije kiseline 12 mol/dm<sup>3</sup> i gustoće otopine 1.18 g/cm<sup>3</sup>.

**Zadatak 10.9.**

250 mililitara otopine sadrži 10 grama natrijeva fosfata. Izračunaj množinsku koncentraciju natrijeva fosfata i broj fosfatnih iona u 1 dm<sup>3</sup> otopine.

**Zadatak 10.10.**

Treba pripremiti 250 cm<sup>3</sup> otopine natrijevog karbonata masene koncentracije 100 g dm<sup>-3</sup>. Koliko treba odvagati natrijevog karbonata?

**Zadatak 10.11.**

Izračunajte molalitet otopine koja u 2585 g otopine sadrži 585 g NaCl.

**Zadatak 10.12.**

Izračunajte množinsku koncentraciju otopina fosfatne i sumporne kiseline u kojima je masena koncentracija otopljenih kiselina 10 gdm<sup>-3</sup>.

**Zadatak 10.13.**

Koliko treba odvagati: a) natrijevog klorida b) kalijevog karbonata c) saharoze da se pripremi do 1 dm<sup>3</sup> otopine koncentracije  $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$  ?

**Zadatak 10.14.**

Koliko bakrovog sulfata pentahidrata treba odvagati za pripravu :

- 250 ml vodene otopine množinske koncentracije 0,015 mol/l ( 0,936 g)
- 100 cm<sup>3</sup> masene koncentracije 10 g/dm<sup>3</sup> ( 1,56 g)

**Zadatak 10.15.**

Dithane M- 45 je sredstvo koje se koristi za prskanje vinove loze protiv pepelnice. Koje mase sredstva i vode treba pomiješati, a da bi pripravili 800 litara vodene otopine masenog udjela 0,2 %?

**Zadatak 10.16.**

Gubici vina poznati su pod nazivom kalo. Utvrđeno je da je kalo za čuvanje vina u drvenoj bačvi od 500 litara oko 4 % , a u bačvi od 4000 litara samo 1 %. Odredite koliko će biti kalo izražen litrama u obje bačve pod pretpostavkom da su nam obje bačve na početku bile pune.

## 11. KISELINE, LUŽINE I NEUTRALIZACIJA

- pH vrijednost je koncentracija otopljene komponente prikazana kao negativni logaritam
- pH je negativni logaritam množinske koncentracije vodikovih iona

$$\text{pH} = - \log c (\text{H}^+)$$

isto tako  $c (\text{H}^+) = \text{antilog} (- \text{pH})$ .

Reakcija tla se često izražava kao pH vrijednost, a pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla koja su važna za ishranu bilja. Zanimljivo je da je u gornjih 5 cm površine tla pH često niži u odnosu na ostali dio rizosfere i to za 0,5 do 1 pH jedinica. Razlog za to je povećani sadržaj dušika i dušična gnojidba. Razlozi zakiseljavanja mogu biti kisele kiše, industrijsko zagađenje, ali i prirodni procesi.

O pH često ovisi i usvajanje nekog kemijskog elementa pa se tako fosforu smanjuje raspoloživost ako je pH viši od 7,5, a usvajanje fosfora je puno veće kod pH 6,3 nego kod 5,5. Treba spomenuti da kod viših pH vrijednosti  $\text{pH} \geq 7$  biljke preferiraju amonijski oblik, a kod nižih vrijednosti  $\text{pH} \leq 6$  preferiraju nitratni oblik dušika.

Više biljke puno lošije podnose povećanu alkalnost tla  
Koncentraciju lužina možemo iskazivati sa pOH:

$$\text{pOH} = - \log c(\text{OH}^-)$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Kisele otopine imaju pH manji od 7, a lužnate od 7 do 14.

Neutralizacija je reakcija spajanja kiselina i lužina pri čemu nastaje sol i voda. Primjenu neutralizacije nalazimo pri određivanju kiselina u vinu pri čemu se kiseline neutraliziraju sa jakim lužinom NaOH.

Ako je analizom utvrđeno da je tlo kiselo izvršit ćemo kalcizaciju, pri čemu ćemo «popraviti» pH dodajući kalcijev karbonat, lapor, dolomit ili neke otpadne materijale koje sadrže kalcij (izvršit ćemo neutralizaciju).

Primjena:

### Određivanje ukupne kiselosti mošta

Poslije šećera u moštu su najzastupljenije kiseline. Ukupnu kiselost određujemo metodom neutralizacije svih kiselina i njihovih soli pomoću otopine NaOH.

Postupak: U čašu od 250 ml otpipetira se 10 ml mošta, te dodamo indikator. Iz birete dodajemo n/7,5 NaOH uz neprestano miješanje. Lužinu dodajemo polagano do točke kad jedna kap lužine ne promijeni boju indikatora. To je znak da su sve kiseline neutralizirane te na bireti očitamo koliko se  $\text{cm}^3$  lužine potrošilo za neutralizaciju. Količina  $\text{cm}^3$  utrošene lužine odgovara ukupnoj kiselosti u gramima na litru, a iskazuje se kao vinska kiselost.

### **Primjer 10.**

**Izračunajte pOH i množinsku koncentraciju vodikovih iona ako je izmjereni pH neke otopine 4,7**

$$\text{pH} = 4,7$$

$$c(\text{H}^+), \text{pOH} = ?$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 4,7 = 9,3$$

$$c(\text{H}^+) = \text{antilog}(-\text{pH}) = \text{antilog}(-4,7) = 2 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

### **Zadatak 11.1**

Izračunajte pH otopine u kojoj je koncentracija vodikovih iona  $10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

### **Zadatak 11.2.**

Izračunajte pH otopine ako je množinska koncentracija vodikovih iona  $5,2 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

### **Zadatak 11.3.**

Koliki je pOH i pH otopine koncentracije vodikovih iona  $5,4 \times 10^{-9} \text{ mol dm}^{-3}$

Izračunajte množinsku koncentraciju vodikovih i hidroksidnih iona ako je pH 3

### **Zadatak 11.4.**

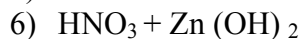
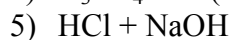
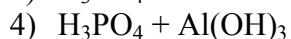
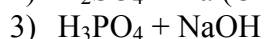
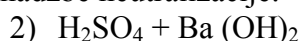
Prikaži disocijaciju nitratne, sulfatne, octene i fosforne kiseline.

### **Zadatak 11.5.**

U nekoj otopini pH je 6. Odredi koncentraciju vodikovih i hidroksidnih iona, te pOH.

### **Zadatak 11.6.**

Dovrši jednadžbe neutralizacije:



### **Zadatak 11.7.**

Svrstaj otopine slijedećih soli u kisele, neutralne i bazične: natrijev karbonat, kalijev nitrat, amonijev karbonat, amonijev sulfat, natrijev klorid

### **Zadatak 11.8.**

Koncentracija oksonijevih iona u krvi je oko  $4 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ . Izračunajte koncentraciju hidroksidnih iona i odredite da li je krv kisela, bazična ili neutralna.

### **Zadatak 11.9.**

Koliki će biti pH vodene otopine kalijeva hidroksida ako je u 250 ml otopine otopljeno 5,61 gram kalijeva hidroksida?

**Zadatak 11.10.**

Izmjereni pH kravljeg mlijeka je 6,4. Izračunajte koncentraciju oksonijevih iona u mlijeku.

**Zadatak 11.11**

Prikaži jednadžbama nastajanje slijedećih soli neutralizacijom: kalijev nitrat, kalcijev karbonat, cinkov fosfat, aluminijev sulfat

**Zadatak 11.12**

Modra galica dobro je topljiva u vodi, a vodena otopina se upotrebljava protiv peronospore. Kakva je ta otopina s obzirom na pH i zašto?

**Zadatak 11.13.**

U čaši vina izmjereni pH je 6,1. Odredi koncentraciju vodikovih i hidroksidnih iona, te pOH.

**Zadatak 11.14.**

U uzorku vina određen je pH od 3,5. Izračunajte koliko je to pOH, i kolika je koncentracija vodikovih i hidroksidnih iona.

**Zadatak 11.15.**

Koja je otopina najkiselija, a koja najlužnatija ako je poznato da je u otopini A  $\text{pH} = 4,2$ , u otopini B  $\text{pOH} = 5$ , u otopini C  $c(\text{H}^+) = 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ , a u otopini D  $c(\text{OH}^-) = 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$

**Zadatak 11.16.**

Tla čija je izmjenjiva kiselost veća od 5,5 ne bi trebalo kalcizirati, a ako je pH manji od 4,5 neophodna je kalcizacija. Da li je potrebno kalcizirati tlo u kojemu je izmjerena koncentracija vodikovih iona  $6,7 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ ? . Kolika je u tom tlu koncentracija  $\text{OH}^-$  iona, a koliki pOH?

## 12. RAČUNANJE MASENOG UDJELA SO<sub>2</sub> U VINU

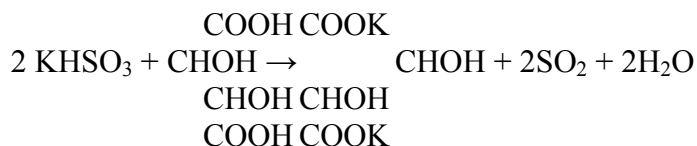
Pri preradi grožđa, fermentaciji i njezi vina potrebna je upotreba određene količine sumpora da bismo proizveli «zdravo» vino. Pretpostavlja se da su Rimljani čuvali vina od kvarenja uporabom sumpora. Koliko će sumpora biti potrebno dodati ovisi o stanju grožđa (truleži) temperaturi grožđa i mošta, vremenskim prilikama tijekom berbe i još nizu faktora.

Sumporov dioksid djeluje kao antioksidans, a veže se s pojedinim sastojcima vina i time utječe na okus i miris vina, dok kao antiseptik utječe na rad cjelokupne mikroflore mošta i vina. Sumporenjem se postiže i selekcija kvasaca, pri čemu ostaju bolji i otporniji.

U praksi se koristi elementarni sumpor, plinoviti sumporni dioksid, kalijev metabisulfit (kalijev disulfit, vinobran) ili 5 % - tna otopina sumporaste kiseline.

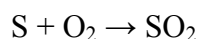
Vinobran (kalijev disulfit, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) je sredstvo za sprečavanje pojava bolesti u vinu, liječenje oboljelih vina i za konzerviranje mošta, voća i povrća.

Kalijev disulfit u vodenoj otopini prelazi u kalijev hidrogen sulfit iz kojeg u kiselom mediju nastaje SO<sub>2</sub>:



Kalijev hidrogensulfit + vinska kiselina → kalijev tartarat + sumporov dioksid + voda

Paljenjem sumpornih traka sumporov dioksid se oslobađa prema reakciji



Koliko moramo dodati sumpora na 100 litara vina da bi se povećao slobodni SO<sub>2</sub> ?

| SUMPORENJE   |           | POVEĆANJE SLOBODNOG SO <sub>2</sub> ZA mg/l VINA |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-----------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| OBLIK SUMPORA  | DODATI    | 5  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| SUMPORNA TRAKA 3 GR.                                     | KOMADA/hl | 0,17   | 0,33 | 0,50 | 0,66 | 0,83 | 1,00 | 1,17 | 1,33 | 1,50 | 1,66 |
| SUMPORNA TRAKA 6 GR.                                     | KOMADA/hl | 0,08   | 0,17 | 0,25 | 0,33 | 0,42 | 0,50 | 0,58 | 0,67 | 0,75 | 0,83 |
| 5%-TNA OTOPINA H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (SUMPOVIN) | ml/hl     | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
| PLINOVITI SO <sub>2</sub> IZ BOCE                        | gr/hl     | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | 4,5  | 5,0  |
| KALIJEV METABISULFIT (VINOBRAN)                          | gr/hl     | 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |



### **Primjer 11.**

**Koliko kalijevog disulfita treba dodati na 1000 litara vina da bi masena koncentracija SO<sub>2</sub> bila 12 mg/dm<sup>3</sup>?**

$$V_{\text{vina}} = 1000 \text{ litara} = 1000 \text{ dm}^3$$
$$\gamma_{\text{SO}_2} = 12 \text{ mg dm}^{-3} = 0,012 \text{ g dm}^{-3}$$
$$m(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5) = ?$$

Iz prethodno prikazanih jednadžbi slijedi da je

$$n(\text{KHSO}_3) : n(\text{SO}_2) = 1 : 1$$

$$n(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5) : n(\text{KHSO}_3) = 1 : 2$$

m(SO<sub>2</sub>) u 1 dm<sup>3</sup> je 0,012 grama a u 1000 dm<sup>3</sup> je 1000 puta veća

$$n(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_2)}{M(\text{SO}_2)} = \frac{0,012 \text{ g} \times 1000}{64 \text{ g mol}^{-1}} = 0,1875 \text{ mol}$$

$$n(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5) = \frac{n(\text{SO}_2)}{2} = \frac{0,1875 \text{ mol}}{2} = 0,09375 \text{ mol}$$

$$m(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5) = n(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5) \times M(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5) = 0,09375 \text{ mol} \times 222,32 \text{ g mol}^{-1} = 20,84 \text{ g}$$

### **Zadatak 12.1**

Koliko kalijevog disulfita treba dodati na 1200 dm<sup>3</sup> vina da bi masena koncentracija SO<sub>2</sub> u vinu bila 15 mg dm<sup>-3</sup>?

### **Zadatak 12.2.**

Koliko kalijevog hidrogen sulfita treba dodati na 1100 litara vina da bi masena koncentracija SO<sub>2</sub> u vinu bila 12 mg dm<sup>-3</sup> ?

### **Zadatak 12. 3.**

Kolika je masena koncentracija SO<sub>2</sub> u 800 litara vina, ako je utvrđeno da se u toj količini vina nalazi 29,5 grama kalijevog disulfita?

### **Zadatak 12.4.**

Koliko grama SO<sub>2</sub> se nalazi u vinu ako znamo da se u vinu nalazi 48,2 grama kalijeva disulfita?

### **Zadatak 12.5.**

Ako je analizom utvrđena povišena količina hlapljivih kiselina vino treba prozračiti i sumporiti. Sumporenje se provodi sa dodavanjem 4 grama SO<sub>2</sub> na 100 litara vina. Koliko bi trebali dodati vinobrana da bi pravilno zasumporili 3400 litara vina?

### 13. REAKCIJE MEĐU OTOPINAMA (EKVIVALENCIJA)

Poznavanje koncentracija otopina naročito je važno u volumetrijskoj analizi (analitička kemija), gdje se najčešće upotrebljavaju otopine koncentracije  $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  ili skraćeno 0,1 M otopine.

Nakon izjednačavanja jednadžbe neutralizacije moramo utvrditi odnos broja molova kiseline i molova lužine (ili obratno) u TOČKI EKVIIVALENCIJE.

#### Primjer 12.

**Izračunajte množinsku koncentraciju natrijevog karbonata u otopini ako se  $25 \text{ cm}^3$  te otopine troši za neutralizaciju  $35,42 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  množinske koncentracije  $0,52 \text{ mol dm}^{-3}$ .**

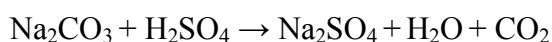
$$V(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 25 \text{ cm}^3 = 0,025 \text{ dm}^3$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 35,42 \text{ cm}^3 = 0,03542 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,52 \text{ mol}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = ?$$

U ovim zadacima svakako moramo znati napisati odgovarajuću jednadžbu neutralizacije.



Iz jednadžbe je vidljivo da je omjer množina

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 : 1$$

Iz dobivenih podataka možemo izračunati množinu  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \times V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,52 \text{ mol} \times 0,03542 \text{ dm}^3 = 0,0184 \text{ mol dm}^{-3}$$

Pošto je iz jednadžbe vidljivo da se množine ove dvije otopine odnose kao 1: 1, onda možemo i za množinu natrijevog karbonata reći da je  $0,0184 \text{ mol dm}^{-3}$ , te iz tog podatka izračunati množinsku koncentraciju

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{0,0184 \text{ mol}}{0,025 \text{ dm}^3} = 0,736 \text{ mol dm}^{-3}$$

#### **Zadatak 13. 1**

Izračunajte masu barijevog hidroksida potrebnog za neutralizaciju  $400 \text{ cm}^3$  otopine sulfatne kiseline množinske koncentracije  $c = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ .

#### **Zadatak 13. 2.**

Koliko molova sulfatne kiseline je potrebno za neutralizaciju 100 grama cinkovog hidroksida?

**Zadatak 13.3.**

Izračunajte volumen otopine natrijeve lužine koji je potreban za potpuno taloženje željeza kao željezov (III) hidroksid iz 20 cm<sup>3</sup> otopine željezovog (III) klorida, ako su množinske koncentracije otopina  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  i  $c(\text{FeCl}_3) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ .

**Zadatak 13.4.**

Kolika je koncentracija otopine magnezijeva hidroksida ako se 25 ml te otopine neutralizira sa 50 ml klorovodične kiseline koncentracije  $0,2 \text{ mol dm}^{-3}$ .

**Zadatak 13.5**

Kolika je koncentracija otopine kloridne kiseline ako je pri titraciji 0.184 grama natrijeva karbonata utrošeno 33.12 cm<sup>3</sup> otopine kiseline?

**Zadatak 13.6.**

Kolika je koncentracija otopine neke jake monoprotanske kiseline ako se 20 cm<sup>3</sup> te otopine neutralizira sa 32.4 cm<sup>3</sup> otopine natrijeva hidroksida koncentracije  $0.1 \text{ mol/dm}^3$ ?

**Zadatak 13.7.**

42.50 ml otopine kalcijeva hidroksida utroši se za neutralizaciju 50 ml kloridne kiseline množinske konc.  $2.5 \text{ mol/dm}^3$ . Kolika je množinska konc. otopine kalcijeva hidroksida?

## 14. RAZRIJEĐIVANJE OTOPINA I MIJEŠANJE ISTOVRSNIH OTOPINA

Pri razrjeđivanju otopina smanjuje se njihova koncentracija, ali masa otopljene tvari ostaje ista (masa otopljene tvari prije i poslije razrjeđivanja ostaje nepromijenjena):

$$\gamma_1 = \frac{m_1}{V_1}, \quad \gamma_2 = \frac{m_2}{V_2}$$

a budući da je masa ostala nepromijenjena

$$m_1 = m_2 \text{ proizlazi da je}$$

$$\gamma_1 \times V_1 = \gamma_2 \times V_2$$

Ako pomiješamo dvije istovrsne otopine različitih množinskih koncentracija nova će otopina sadržavati zbroj molova tvari iz obje otopine što se množe prikazati izrazom:

$$n_1 + n_2 = n_3$$

$$c_1 \times V_1 + c_2 \times V_2 = c_3 \times V_3$$

Poznavanje koncentracije otopina osobito je važno u volumetrijskoj analizi (analitička kemija). U njoj se najčešće upotrebljavaju otopine koncentracije 1 mol/dm<sup>3</sup> (kraće 0.1 M otopine). Pripremanje otopina točnih koncentracija zadaje poteškoće, zbog čega se pripremaju otopine nazivnih koncentracija (približnih koncentracija željenoj). Prava koncentracija otopine određuje se nekom od standardnih analitičkih metoda.

### Primjer 13.

**Na koliki volumen treba razrijediti 1 dm<sup>3</sup> 5 % otopine H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> da bi se dobila 2 % otopina?**

$$V_1 = 1 \text{ dm}^3$$

$$\gamma_1 = 5 \text{ g u } 100 \text{ g} = 50 \text{ g u } 1000 \text{ g} = 50 \text{ g u } \text{dm}^3$$

$$\gamma_2 = 2 \text{ g u } 100 \text{ g} = 20 \text{ g u } 1000 \text{ g} = 20 \text{ g u } \text{dm}^3$$

$$V_2 = ?$$

$$\gamma_1 \times V_1 = \gamma_2 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{\gamma_1 \times V_1}{\gamma_2} = \frac{50 \text{ gdm}^{-3} \times 1 \text{ dm}^3}{20 \text{ gdm}^{-3}} = 2,5 \text{ dm}^3$$

$$V (\text{otapala}) = V (\text{otopine}) - V (\text{otopljene tvari}) = 2,5 \text{ dm}^3 - 1 \text{ dm}^3 = 1,5 \text{ dm}^3$$

**Zadatak 14.1**

Iz otopine kalijeva permanganata množinske konc.  $0.1 \text{ mol/dm}^3$  treba pripraviti  $500 \text{ cm}^3$  otopine množinske konc.  $0.01 \text{ mol/dm}^3$ . Koliki je volumen ishodne otopine potreban?

**Zadatak 14.2**

Kolika je množinska konc. otopine koja se dobije miješanjem 2.5 litara otopine sulfatne kiseline množinske konc.  $0.2 \text{ mol/dm}^3$  i 5.2 litara otopine množinske konc.  $4.5 \text{ mol/dm}^3$ ?

**Zadatak 14.3.**

Koliko je potrebno dodati 5% otopine  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na  $100 \text{ dm}^3$  vina da bi se masena koncentracija  $\text{SO}_2$  povećala za  $10 \text{ mg SO}_2$  po  $\text{dm}^3$ ?

**Zadatak 14.4.**

Za sterilizaciju boca i podrumске opreme koristi se 2% otopina sulfitne kiseline  $\text{H}_2\text{SO}_3$ . Izračunajte koliko je potrebno  $\text{dm}^3$  vode dodati na  $12 \text{ dm}^3$  5% sulfitne kiseline da bi se dobila zadana otopina.

**Zadatak 14.5.**

Kod normalnog sumporenja mošta potrebno je da masena koncentracija  $\text{SO}_2$  bude  $50 \text{ mg/dm}^3$ . Koliko je potrebno dodati  $\text{dm}^3$  otopine  $\text{H}_2\text{SO}_3$  (SUMPOVIN) na  $1200 \text{ dm}^3$  mošta da bi se dobila zadana koncentracija?

**Zadatak 14.6.**

Na koliki volumen treba razrijediti  $200 \text{ cm}^3$  otopine masene koncentracije  $120 \text{ g/dm}^3$  kako bi dobili otopinu masene koncentracije  $50 \text{ g/dm}^3$ ?

**Zadatak 14.7**

Fungicid nove generacije Quadris koristi se za suzbijanje pepelnice, plamenjače i crne pjegavosti vinove loze u koncentraciji 0,075%. Izračunajte koliko je potrebno ml ( $\text{cm}^3$ ) tog sredstva dodati na  $80 \text{ dm}^3$  vode da bi se dobila zadana koncentracija?

**Zadatak 14.8.**

Izračunajte koncentraciju otopine koja se dobije miješanjem 100 litara vode i 1 litre 5 % otopine sulfitne kiseline?

**Zadatak 14.9.**

Poznato je da se u netom otočeni mošt dodaje 40 grama vinobrana (kalijev metabisulfit –  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) ili 300 ml 5 % sumporaste kiseline ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) na 100 litara mošta. Koliko ćemo morati dodati vode na 8 %-tnu sumporastu kiselinu a da bi zadovoljili navedene uvjete. ( $V_{\text{H}_2\text{O}} = 112,5 \text{ ml}$ )

**Zadatak 14.10.**

Novе plastične cisterne prije upotrebe uputno je napuniti toplom vodom te nakon tri dana isprati 3 %-tnom otopinom limunske kiseline. Koliko moramo nadodati 5 %-tne kiseline na 20 litara 2 %-tne kiseline da bi dobili 3 %-tnu? Koliko će biti te 3 %-tne kiseline? ( $V_2 = 10$  litara,  $V_3 = 30$  litara)

**Zadatak 14.11.**

Nasuli ste u čašu od 5 decilitara 2 decilitra čistog vina s 12,5 vol % alkohola. Međutim, gost nije zadovoljan jer ne pije čisto vino već «gemišt». Koliko ćete morati doliti vode da bi dobili vol% manji za  $\frac{1}{3}$ ? Koliko ćete ukupno imati «gemišta»?

## 15. MIJEŠANJE (SLJUBLJIVANJE) VINA

Križanje, sljubljanje ili kupažiranje vina je postupak miješanja dviju ili više vrsta moštova ili vina. Vina se kupažiraju zbog tipizacije, popravaka kakvoće, korekcije alkohola, kiselosti i mirisa i slično.

Račun miješanja vina može se koristiti i kod popravljivanja kakvoće vina miješanjem presumporenog vina s nedovoljno sumporenim, kod popravljivanja kakvoće prestarjelog vina s mladim vinom ili sljubljanja mošta i vina iz prethodnih berbi.

Nakon sljubljanja vina treba ga ostaviti desetak dana mirovati da bi se uspostavila ravnoteža između sastojaka kupažiranih vina.

Prema članku 17. Zakona o vinu proizvođaču je dozvoljeno miješati samo vina iste kakvoće, a zabranjeno je miješati vino plemenite vinove loze s vinom od grožđa direktno rodnih hibrida, zdrava vina s bolesnim vinima i bijela vina s crnim vinima radi dobivanja ružičastih vina.

Pošto je i vino smjesa (otopina) koristimo iste formule kao i kod miješanja istovrsnih otopina.

$$c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_3 V_3,$$

pri čemu su  $c_1$ ,  $c_2$  i  $c_3$  koncentracije alkohola u vinima, a  $V_1$ ,  $V_2$  i  $V_3$  volumeni istih vina.

### **Primjer 14.**

**Potrebno je popraviti 1200 litara vina s 10 vol % alkohola s vinom od 12,5 % alkohola da se dobije vino s 11,5 % alkohola.**

**Izračunajte:**

- a) koliko je potrebno litara vina s 12,5 % alkohola?
- b) koliko će se dobiti litara vina s 11,5 % alkohola?

Zadano:

$$V_1 = 1200 \text{ l}$$

$$C_1 = 10 \text{ vol \%}$$

$$C_2 = 12,5 \text{ vol \%}$$

$$C_3 = 11,5 \text{ vol \%}$$

$$V_2, V_3 = ?$$

$$c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_3 V_3 \quad V_1 + V_2 = V_3$$

$$10 \text{ vol \%} \times 1200 \text{ l} + 12,5 \text{ vol \%} \times V_2 = 11,5 \text{ vol \%} \times (1200 \text{ l} + V_2)$$

$$12000 + 12,5 V_2 = 13800 + 11,5 V_2$$

$$V_2 = 1800 \text{ l, iz čega proizlazi da je } V_3 = V_1 + V_2 = 1200 + 1800 = 3000 \text{ l}$$

### **Zadatak 15.1.**

Potrebno je popraviti 1600 l mošta s 0% alkohola s vinom od 12 vol % alkohola da se dobije smjesa s 4 % alkohola. Izračunajte:

- a) koliko je potrebno litara vina s 12 vol % alkohola?
- b) koliko će se dobiti litara smjese s 4 vol% alkohola?

**Zadatak 15.2.**

Potrebno je prirediti 200 litara vina s 11,5 vol% alkohola miješanjem vina s 9,5 % alkohola i vina s 13 vol% alkohola. Koji su volumeni jednog i drugog vina koje je potrebno pomiješati?

**Zadatak 15.3.**

Potrebno je prirediti 1250 l vina s 12,5 vol % alkohola miješanjem vina s 10,5 vol% alkohola i vina s 13 vol % alkohola. Izračunajte koliki su volumeni jednog i drugog vina potrebni?

**Zadatak 15.4.**

Izračunajte vol % alkohola u vinu koje s dobije miješanjem 325 l vina s 13 vol % alkohola i 450 l vina s 9,5 vol % alkohola.

**Zadatak 15.5.**

Potrebno je popraviti 1500 l mošta s vinom od 11,5 vol % alkohola da se dobije smjesa s 5 vol % alkohola.

Izračunajte:

- a) koliko je potrebno vina s 11,5 vol % alkohola?
- b) Koliko će se dobiti litara smjese s 5 vol% alkohola?

**Zadatak 15.6.**

Potrebno je popraviti 110 l vina s 10 vol % alkohola s vinom od 13 vol % alkohola da se dobije vino s 12 vol % alkohola. Izračunajte koliko je potrebno vina s 13 vol % alkohola i koliko će se litara vina dobiti.

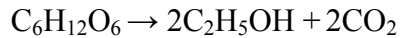
**Zadatak 15.7.**

Nakon pečenja rakije dobili smo 90 litara destilata sa 58 vol %. Destilat koji želimo treba imati 41 vol % alkohola. Koliko trebamo dodati destilirane vode?



## 16. RANDMAN ALKOHOLA

Pod randmanom alkohola podrazumijeva se količina alkohola proizvedenog iz jedinice šećera, pri čemu se alkohol izražava u vol %. Randman se izračunava iz jednadžbe alkoholnog vrenja:



Omjer množina šećera i alkohola koji proizlazi iz jednadžbe je:

$n(C_6H_{12}O_6) : n(C_2H_5OH) = 1:2$ , pa ako znamo da je molarna masa šećera 180,1, a molarna masa etanola 46,05, proizlazi randman alkohola:

$$180,1 : 92,1 = 100 : X$$

$$X = \frac{100 \times 92,1}{180,1} = 51,14$$

Drugim riječima, to znači da se iz 100 kg šećera može dobiti 51,14 kg etilnog alkohola. Istim principom bi dobili da će pri istoj masi šećera nastati 48,86 kg  $CO_2$ .

Kilograme alkohola moramo preračunati u volumne postotke ili kako se obično nazivaju vol % alkohola ako se podijele sa specifičnom težinom koja se označava sa D.

Npr, ako je gustoća čistog alkohola  $D = 20/4 = 0,78927$ , vol % za ovu vrijednost će biti  $51,14 : 0,78927 = 64,97$ .

Točnije iz 1 kg šećera nastat će 0,64 % alkohola. U praksi je randman ipak nešto niži jer se vrenjem potroši oko 5 % šećera na prijelazne produkte u nusprodukte, te se smatra da od jednog kilograma šećera na 100 litara smjese nastane  $0,64 - 0,05 = 0,59$  vol % alkohola.

Ova vrijednost kod fermentacije voćnih sokova je nešto niža jer se tamo gubi i do 8% šećera pa će faktor biti  $0,64 - 0,08 = 0,56$  vol % alkohola.

Količina šećera se može izmjeriti na više načina a najlakše je to učiniti refraktometrom ili moštomjerom.

Iz dobivenih vrijednosti izračuna se količina šećera, a zatim alkohol i njegov randman uz primjenu odgovarajućih tablica.

Da bi se iz izmjerene vrijednosti  $O_{\text{e}}^{\circ}$  odredili stvarnu količinu šećera potrebno ju je umanjiti za masu tvari koje ne sadrže šećere (mineralne tvari, kiseline, bjelančevine...), a ovu vrijednost označavamo sa «K».

Ta vrijednost za neke vrste voća iznosi:

|         | K % |
|---------|-----|
| grožđe  | 3,0 |
| jabuke  | 2,5 |
| šljive  | 4,0 |
| kruške  | 3,5 |
| trešnje | 5,0 |

Izračunavanje masenih postotaka šećera u moštu ili sokovima od voća radi se po formuli:

$$A = \frac{O_{\text{e}}^{\circ}}{4} - K$$

Proizlazi da će, nakon izmjerenih 80 Oë° u moštu, količina šećera biti :

$$A = \frac{80}{4} - 3 = 17 \text{ masenih \% \u0161e\u0107era}$$

Isto tako, ako je u soku od jabuka izmjereno 63 Oë°, količina šećera će biti

$$A = \frac{63}{4} - 2,5 = 13,25 \text{ masenih \% \u0161e\u0107era}$$

Izra\u010dunavanje koli\u010dine alkohola u budu\u0107em vinu u vol % alkohola izra\u010dunava se po formuli:

$$V_a = A \times 0,59 = \text{vol \% alkohola}$$

pa se mo\u017ee o\u010dekivati ako je maseni postotak \u0161e\u0107era u moštu 17 % koli\u010dina alkohola u vinu \u0107e biti

$$V_a = 17 \times 0,59 = 10,03 \text{ vol \% alkohola}$$

Ako je rije\u010d o vo\u0107nom vinu formula glasi:

$$V_a = A \times 0,56, \text{ pa bi za } 13,25 \text{ masenih \% \u0161e\u0107era koli\u010dina alkohola bila}$$

$$V_a = 13,25 \times 0,56 = 7,4 \text{ vol \%}$$

U praksi je \u0107esto potrebno utvrditi randman alkohola na 100 kg sirovine. Da bi izra\u010dunali ovu vrijednost potrebno je poznavati randman soka koji se dobije ako se od mase ploda oduzme masa ko\u0161tice, ko\u017eice, celuloze itd. Randman (Rs) za neke vrste vo\u0107a prikazan je u tablici:

|              |         |
|--------------|---------|
| jabuka       | 85- 92% |
| kru\u0161ka  | 84-92%  |
| \u0161ljiva  | 88-89%  |
| tre\u0161nja | 85-91%  |
| vi\u0161nja  | 87-91%  |
| breskva      | 74-85%  |
| kajsija      | 82-88%  |

Izra\u010dunavanje koli\u010dine alkohola, randmana na sto grama vo\u0107a izra\u010dunava se po formuli:

$$R_a = \frac{V_a \times R_s}{100} = \text{litra apsolutnog alkohola}$$

ako \u017eelimo randman izraziti u koli\u010dini rakije radimo po formuli

$$R_a = \frac{V_a \times R_s}{50} = \text{litra rakije od } 50 \% \text{ vol\% alkohola}$$

ako npr imamo jabučno vino čiji je  $V_a = 7,4 \text{ vol } \%$ , a  $R_s = 85 + 92 / 2 = 88,5$  randman će biti

$$R_a = \frac{7,4 \times 88,5}{100} = 6,55 \text{ litara apsolutnog alkohola}$$

a, ako randman želimo izraziti u rakiji jačine 50 vol % alkohola:

$$R_a = \frac{7,4 \times 88,5}{50} = 13,1 \text{ litra rakije od 50 vol } \% \text{ alkohola}$$

## 17. PLINSKI ZAKONI

Stanje plina određeno je njegovim volumenom (V), tlakom (p) i temperaturom (T). Uvjeti pri kojima je tlak plina 101 325 Pa (1 atm, 760 mm Hg), a temperatura 273.15 K (0° C), nazivaju se STANDARDNIM UVJETIMA.

Promjene stanja plina vladaju se po tzv. plinskim zakonima:

- 1) Boyle-Mariotteov zakon
- 2) Gay-Lussacovi zakoni
- 3) Avogadrov zakon itd.

### Boyle-Mariotteov zakon

Zakon glasi: «Volumen plina pri stalnoj temperaturi obrnuto je proporcionalan tlaku».

$$p \times V = \text{konst.}$$
$$p \times V = p_1 \times V_1$$

### Gay-Lussacovi zakoni

Prvi zakon kaže: «Volumen određene količine plina pri konstantnom tlaku izravno je proporcionalan apsolutnoj temperaturi».

$$V / T = \text{konst.}, \text{ odnosno } V / T = V_1 / T_1$$

Drugi Gay - Lussakov zakon kaže: «Tlak određene količine plina pri konstantnom volumenu izravno je proporcionalan apsolutnoj temperaturi».

$$p / T = \text{konst.}, \text{ odnosno } p / T = p_1 / T_1$$

Oba zakona se mogu spojiti u jedan i tada vrijedi :

$$p \times V / T = p_1 \times V_1 / T_1$$

gdje su p i V tlak i volumen plina pri temperaturi T, a p<sub>1</sub> i V<sub>1</sub> tlak i volumen plina pri temperaturi T<sub>1</sub>.

### Avogadrov zakon

Avogadrov zakon glasi: « Plinovi istog volumena pri istoj temperaturi i istom tlaku sadrže isti broj molekula ».

1 mol plina koji sadrži  $6.022 \times 10^{23}$  molekula plina pri s. u. zauzima volumen od 22.4 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>. Taj volumen naziva se molarni volumen plina.

Jednadžba stanja idealnog plina

Ako se mijenjaju sve tri veličine koje određuju stanje plina odnos između svih veličina prikazuje opća plinska jednadžba

$$p \times V = n \times R \times T$$

gdje je: p tlak plina u Pa  
V volumen plina u m<sup>3</sup>  
n količina molekula plina u molima  
T temperatura plina u K (°C + 273.15)  
R opća plinska konstanta ( 8.314 J K mol )

$$T / K = t/^{\circ}C + 273.15$$

$$1 \text{ Pa} = 10^{-3} \text{ kPa}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 133.322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

---

### Primjer 15.

**200 cm<sup>3</sup> dušika pri 15°C i tlaku 101325 Pa uvedeno je u evakuiranu posudu volumena 1800 cm<sup>3</sup>. Izračunajte koliki će biti tlak u toj posudi pri 27°C.**

$$V_1 = 200 \text{ cm}^3$$

$$t_1 = 15 \text{ }^{\circ}C \rightarrow T_1 = 15 + 273 = 288 \text{ K}$$

$$p_1 = 101325 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 1800 \text{ cm}^3$$

$$t_2 = 27 \text{ }^{\circ}C \rightarrow T_2 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$p_2 = ?$$

$$\frac{p_1 \times V_1}{T_1} = \frac{p_2 \times V_2}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{p_1 \times V_1 \times T_2}{V_2 \times T_1} = \frac{101325 \text{ Pa} \times 200 \text{ cm}^3 \times 300 \text{ K}}{1800 \text{ cm}^3 \times 288 \text{ K}} = 11727 \text{ Pa}$$

**Zadatak 16.1.**

200 cm<sup>3</sup> dušika izmjenog pri 15° C i 101 325 Pa uvedeno je u prethodno evakuiranu posudu volumena 1800 cm<sup>3</sup>. Koliki će biti tlak u toj posudi pri 27 °C?

**Zadatak 16.2.**

Koliki je volumen 100 g dušika pri 17 ° C i 105 kPa?

**Zadatak 16.3.**

Izračunaj molarnu masu plina ako 190 cm<sup>3</sup> tog plina na temperaturi 27°C i tlaku od 80 kPa ima masu od 0.1706 g.

**Zadatak 16.4.**

Koliko grama cinka treba uzeti za reakciju sa sulfatnom kiselinom da se dobije 500 cm<sup>3</sup> vodika na 25°C i 680 mm Hg?

**Zadatak 16.5.**

200 cm<sup>3</sup> plina nalazi se pri 30°C. Koliki će biti volumen plina pri temperaturi od 100°C ako je tlak plina nepromijenjen?

**Zadatak 16.6.**

Neki je uzorak plina sumporovodika volumena 550 cm<sup>3</sup> pod tlakom od 250 mbar. Ako se volumen plin smanji na 100 cm<sup>3</sup>, koliki je tlak plina pri konstantnoj temperaturi?

**Zadatak 16.7.**

4.0 m<sup>3</sup> plina nalazi se pod atmosferskim tlakom pri temperaturi 47°C. Plin ekspandira do volumena 6.0 m<sup>3</sup> pri temperaturi 85 °C. Izračunaj konačni tlak plina i izrazi ga paskalima.

**Zadatak 16.8.**

Odredi volumen ugljikovog (IV) oksida mase 4.4 g pri temperaturi 60°C i tlaku  $8 \times 10^5$  Pa.

**Zadatak 16.9.**

Odredi molarnu masu plina gustoće 1.325 kg/m<sup>3</sup> i temperature 60°C. Tlak plina je  $0.65 \times 10^5$  Pa.

**Zadatak 16.10**

Izračunaj volumen 7 g kisika pri temperaturi od 7°C i tlaku od 760 kPa.

**Zadatak 16.11.**

Iz neke posude evakuiran je sav zrak, a nakon toga posuda je napunjena metanom pri tlaku 0.97 bar i temperaturi 27 °C. Masa plina bila je 16 g. Koliki je volumen posude?

**Zadatak 16.12.**

Odredi množinu plina volumena 0.825 dm<sup>3</sup> pri tlaku 556 Pa i temperaturi –15 °. Koliki će biti tlak ako se volumen plina poveća na 1.3 dm<sup>3</sup>, a temperatura poraste na 20°C?

**Zadatak 16.13.**

Odredite volumen SO<sub>2</sub> koji se razvio ako znamo da je masa tog plina 100 grama, tlak 556 Pa, pri temperaturi 20° C

## 18. REDOKS JEDNADŽBE

Ove jednadžbe prikazuju redukcijsko – oksidacijske procese (redoks procese). Svaka redoks reakcija obuhvaća prijenos elektrona s jedne tvari na drugu.

Radukcija je proces u kojemu neka jedinka (atom, ion, molekula) prima elektrone.

Oksidacija je proces u kojemu neka jedinka otpušta elektrone.

Oba procesa zbivaju se istodobno, a broj otpuštenih i primljenih elektrona mora biti jednak.

Jedinka koja otpušta elektrone se oksidira, ali uzrokuje redukciju kod druge jedinke, dok

jedinka koja prima elektrone se reducira, ali uzrokuje oksidaciju.

Mnoge redoks jednadžbe bilo i nemoguće izjednačiti bez poznavanja oksidacijskih brojeva.

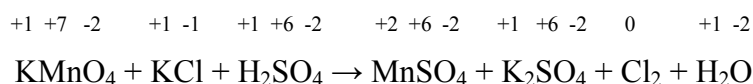
Oksidacijski broj je zamišljeni broj koji se piše iznad simbola svakog elementa ( najprije naboj, a zatim broj). Taj broj nam omogućava da utvrdimo koja se tvar u nekoj kemijskoj reakciji oksidirala ( otpustila elektrone), a koja se reducirala ( primila elektrone).

### PRAVILA ZA OZNAČAVANJE OKSIDACIJSKIH BROJEVA:

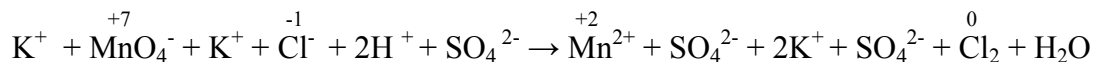
- atomi i molekule elemenata u elementarnom stanju imaju oksidacijski broj 0
- oksidacijski broj vodika u svim je spojevima +1 (osim u spojevima s metalima gdje je -1)
- oksidacijski broj kisika u spojevima je -2 (osim u peroksidima gdje je -1 i superoksidima gdje je  $-\frac{1}{2}$ )
- oksidacijski broj jednostavnog iona jednak je naboju iona
- zbroj oksidacijskih brojeva svih atoma u molekuli mora biti 0
- zbroj oksidacijskih brojeva svih atoma nekog iona mora biti jednak naboju iona

Redosljed pravilnog rješavanja redoks jednadžbi:

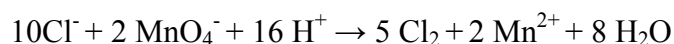
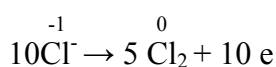
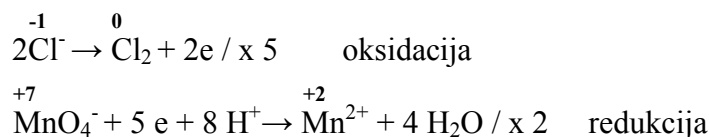
1. Napisati reaktante i produkte u jednadžbi
2. Označiti oksidacijske brojeve u svim tvarima koje sudjeluju u kemijskoj reakciji
3. Utvrditi u kojim se tvarima promijenio oksidacijski broj (podijeliti polureakcije oksidacije i redukcije)
4. Izjednačiti polureakcije obzirom na
  - broj atoma
  - broj elektrona i to dodatkom elektrona na onu stranu jednadžbe na kojoj postoji manjak elektrona
  - naboj dodatkom  $H^+$  iona (ako je u kiselom mediju) ili  $OH^-$  ( ako je u lužnatom mediju)
  - H i O atome dodatkom  $H_2O$  na suprotnu stranu jednadžbe od one gdje se nalaze H ili O atomi
5. Pomnožiti polurekacije pogodnim brojevima tako da broj izmijenjenih elektrona bude isti ( da se mogu «poništiti»)
6. Zbrojiti polureakcije i usporediti s početnom, te utvrditi da li je ona izjednačena.

**Primjer 16.**

U disociranom obliku:



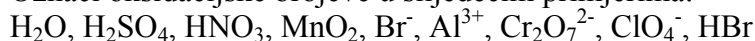
Jednadžbe polureakcija:



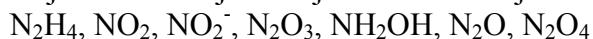
Uspoređujući sa početnom jednadžbom i provjerom broja atoma sa desne i lijeve strane jednadžbe možemo napisati izjednačenu jednadžbu:

**Zadatak 17.1.**

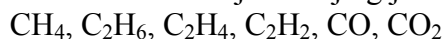
Označi oksidacijske brojeve u slijedećim primjerima:

**Zadatak 17.2.**

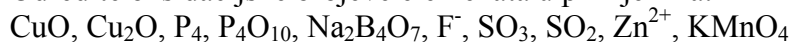
Koji su oksidacijski brojevi dušika u slijedećim primjerima?

**Zadatak 17.3.**

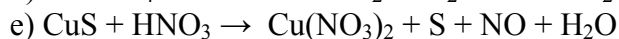
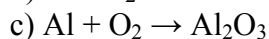
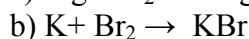
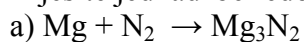
Odredite oksidacijski broj ugljika u spojevima:

**Zadatak 17.4.**

Odredite oksidacijske brojeve elemenata u primjerima:

**Zadatak 17.5.**

Riješite jednadžbe redoks reakcija:





## 19. ORGANSKA KEMIJA

### Ugljikohidrati

Ugljikohidrati su vrlo važna skupina spojeva koji prema količini čine najvažniji dio organskih tvari na Zemlji. Oni su funkcionalni sastojci stanica te dio strukture nukleinskih kiselina RNA i DNA

Dijele se na monosaharide (hidrolizom se ne razlažu), disaharide (hidrolizom se razlažu na 2 monosaharida), oligosaharide (hidrolizom se razlažu na 3 – 10 monosaharida) i polisaharide (razlažu se na stotine i više molekula monosaharida).

Monosaharidi se prema broju C atoma mogu podijeliti na trioze (3C atoma u molekuli), tetroze (4 C atoma), pentoze (5 C atoma), heksoze (6C atoma) ...

Druga podjela je prema funkcionalnoj skupini: aldoze imaju aldehidnu, a ketoze ketonsku (keto) skupinu.

Najpoznatiji monosaharidi su glukoza i fruktoza.

Najpoznatiji disaharidi su laktoza (mliječni šećer) izgrađen od glukoze i galaktoze, saharoza (obični stolni šećer) izgrađen od glukoze i fruktoze, maltoza izgrađena od molekula glukoze (nastaje hidrolizom škroba), te celobioza izgrađena od molekula glukoze (nastaje hidrolizom celuloze).

Najpoznatiji polisaharidi su škrob, celuloza i glikogen.

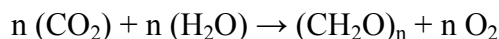
Ugljikohidrati predstavljaju važan izvor energije za ljudski organizam, no ako jedemo više ugljikohidrata nego što je potrebno (ako ne potrošimo svu energiju iz njih) višak se pretvara u masnoće i dolazi do debljanja.

### Primjer 18. :

#### Prikažite pojednostavljenom jednadžbom nastajanje ugljikohidrata u biljkama.

Ugljikohidrati u biljkama nastaju u procesu fotosinteze pri čemu su reaktanti ugljikov dioksid i voda, a produkti ugljikohidrati i kisik

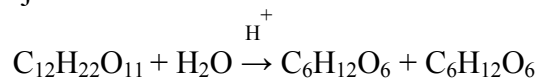
Taj proces možemo prikazati jednadžbom:



Primjer:

Zašto voćni kolač ostaje dulje svjež ako ga pospemo stolnim šećerom?

Molekulska formula saharoze je  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . Kiseline iz voća koje se nalazi u kolaču razgrađuju saharozu prema jednadžbi:



Vidljivo je da reakciju kataliziraju vodikovi ioni iz kiseline, a kao produkti nastaju D – glukoza i D- fruktoza (smjesa se zove invertni šećer). Taj šećer je higroskopan (navlaži vlagu iz zraka) i zato kolač ostaje dulje svjež. Med sadrži znatnu količinu invertnog šećera.

### Voskovi

Većina voskova su smjese estera dugolančanih masnih kiselina i dugolančanih alkohola.

Mogu biti biljnog ili životinjskog podrijetla, te predstavljaju prirodnu zaštitu na voću, lišću, krznu, perju ili koži. Kod biljnih vrsta smanjuju isparavanje i štite od truljenja i isušivanja.

## 19. MJERE OPREZA U LABORATORIJU

- Prije pokusa pročitati upute za rad
- Bocu s kemikalijama odmah začepiti nakon što kemikaliju izvadimo
- Raditi sa što manjom količinom kemikalija
- Pri zagrijavanju epruvetu ne okretati prema sebi ili drugima i pomalo ju stalno potresati
- Preostale kemikalije ne vraćati u posudu
- Pri miješanju tekućina jednu lijevati u drugu niz stijenku posude ili preko staklenog štapića
- Nakon pokusa pribor oprati
- Ne držati kemikalije uz rub stola
- Po potrebi koristiti zaštitne naočale, rukavice i odijelo
- Vrući pribor hvatamo laboratorijskim kliještima ili krpom
- Otpatke od kemikalija bacati u za to određena mjesta

### **Kemijski pribor**

Može biti izgrađen od:

- a) stakla :
  - boce
  - tikvice (Erlenmeyerova, okrugla s ravnim dnom, okrugla s okruglim dnom, za destilaciju, odmjerna tikvica)
  - epruvete
  - lijevci (obični, za odjeljivanje)
  - staklene cjevčice
  - menzure, pipete, birete ...
- b) porculana
  - porculanska lađica, lončić, tarionik s batićem
- c) metala
  - stalci, škare, noževi, hvataljke, držači...
- d) ostalo – čepovi, boce za tekućinu, plamenici, drvena hvataljka, pneumatska kada, vage...

### **Znakovi opasnosti :**

- Otroavno , štetno za zdravlje, eksplozivno, nagrizajuće, zapaljivo, oksidirajuće, štetno za okoliš, radioaktivno

### **Znakovi upozorenja:**

- nositi zaštitne rukavice, nositi zaštitne naočale, koristiti digestor, pokus izvesti sa zaštitnim staklom

## 21. LITERATURA

1. Amić, D. (1992): Kemijsko računanje (skripta), Poljoprivredni fakultet, Osijek
2. Amić, D. (1997): Uvod u kemijsku analizu (skripta), Poljoprivredni fakultet, Osijek
3. Đumija, Lj. (1997): Kemijsko računanje (skripta), Agronomski fakultet, Zagreb
4. Mikoč, M. (2003): Kemijsko računanje ( interna skripta), Veleučilište u Požegi
5. Petreski, A., Sever, B. (1998): Kemija, zbirka riješenih primjera i zadataka iz opće kemije
6. Planinić, I., Kallay, N., Cvitaš, T. (1994): Zbirka zadataka iz kemije, Školska knjiga, Zagreb
7. Sikirica, M. (1989): Stehiometrija, Školska knjiga, Zagreb

## 20. PRILOZI



Slika 1. Refraktometar



Slika 2. Neutralizacija kiselina lužinom



Slika 3. Digitalni pH metar



Slika 4. Rafinirani etilni alkohol



Slika 5. Sumpovin – upotreba za sumporenje mošta i vina



Slika 6. Digitalna analitička vaga





Slika 7. Moderno uređeni kemijski laboratorij



Slika 5-6-% sumporasta kiselina

## PRIMJER ZADATAKA SA PISMENOG ISPITA

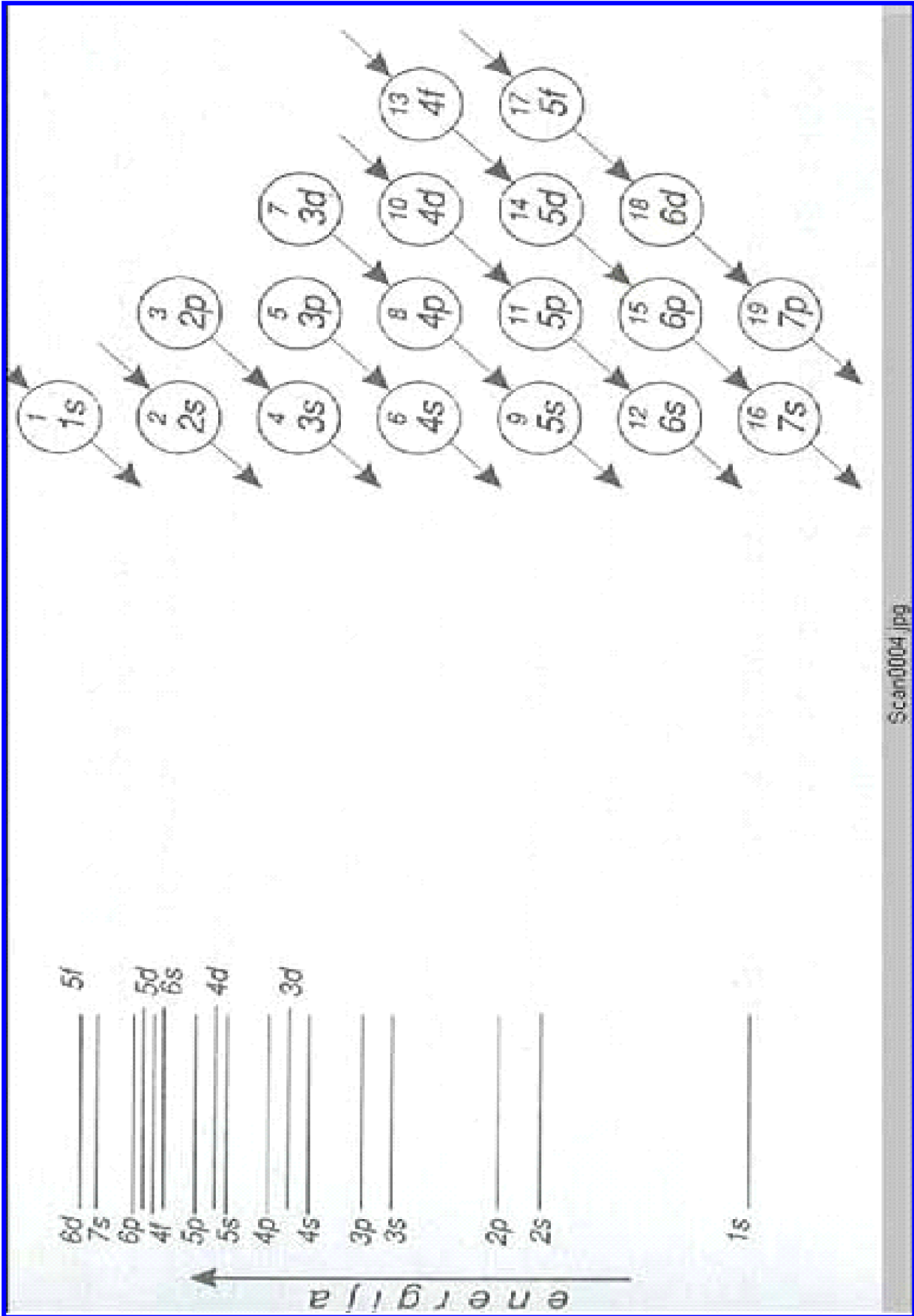
VELEUČILIŠTE U POŽEGI  
POLJOPRIVREDNI ODJEL  
SMJER : VINOGRADARSTVO - VOĆARSTVO – VINARSTVO, PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

### PISMENI ISPIT IZ KEMIJE

1. Maseni broj kemijskog elementa kojeg u molekuli uree ima 2 atoma je 15. Odredite broj protona, elektrona i neutrona, te napišite i prikažite shematski njegovu elektronsku konfiguraciju!
2. Nordox super 75 je preventivni bakreni fungicid protiv plamenjače i crne pjegavosti vinove loze koji sadrži 79% bakra. Odredite da li je Nordox super 75 po kemijskom sastavu bakrov (I) oksid  $\text{Cu}_2\text{O}$  ili bakrov (II) oksid  $\text{CuO}$ !
3. Odredite empirijsku formulu spoja koji se koristi pri zaštiti vinove loze od gljivičnih oboljenja, a u kojem ima 25,45% bakra, 12,84 % sumpora, 25,63 % kisika i 36,08 % vode.
4. Kolika je masa sumpora u 1 toni vina, ako je maseni udio sumporovog dioksida 0,35%?
5. Izračunajte masu etanola koji nastaje fermentacijom 200 g vodene otopine šećera u kojoj je maseni udio glukoze 40 %!
6. U kojoj količini vode treba otopiti 25 grama natrijeva karbonata da se dobije 15%-tna otopina?
7. Potrebno je popraviti 110 litara vina s 10,5 % alkohola s vinom od 13 % alkohola da bi se dobilo vino s 12 % alkohola.
  - a) Koliko je potrebno vina s 13 % alkohola
  - b) Koliko će se dobiti litara vina s 12 % alkohola
8. U jednoj litri vode za piće ne smije biti više od 0,5  $\mu\text{g}$  kadmija, a olova može biti do 0,05 mg. Odredite granične vrijednosti množinskih koncentracija tih elemenata.
9. Izračunajte koncentracije vodikovih i hidroksidnih iona, te pOH ako je pH 3.35 !
10. Odredite oksidacijske brojeve u :  $\text{S}_8$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ,  $\text{AuCl}$  ,  $\text{AuCl}_3$ .







## Neke osnovne SI jedinice



| Fizička veličina           | Naziv                    | Oznaka |
|----------------------------|--------------------------|--------|
| Duljina                    | <u>metar</u>             | m      |
| Masa                       | <u>kilogram</u>          | kg     |
| Vrijeme                    | <u>sekunda</u>           | s      |
| Jakost električne struje   | <u>amper</u> (ampere)    | A      |
| Termodinamička temperatura | <u>kelvin</u>            | K      |
| Količina tvari             | <u>mol</u>               | mol    |
| Svjetlosna jakost          | <u>kandela</u> (candela) | cd     |

## Neke izvedene SI jedinice s posebnim imenom



| Fizička veličina       | Naziv             | Oznaka             | Definicija           |
|------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| Sila                   | njtn (newton)     | N                  | $\text{m kg s}^{-2}$ |
| Tlak                   | paskal (pascal)   | Pa                 | $\text{N m}^{-2}$    |
| Energija               | džul (joule)      | J                  | $\text{N m}$         |
| Snaga                  | vat (watt)        | W                  | $\text{J s}^{-1}$    |
| Količina elektriciteta | kulon (coulomb)   | C                  | $\text{s A}$         |
| Električni napon       | volt              | V                  | $\text{W A}^{-1}$    |
| Električni kapacitet   | farad             | F                  | $\text{C V}^{-1}$    |
| Električni otpor       | om (ohm)          | $\Omega$           | $\text{V A}^{-1}$    |
| Električna vodljivost  | simens (siemens)  | S                  | $\text{A V}^{-1}$    |
| Magnetski tok          | veber (weber)     | Wb                 | $\text{V s}$         |
| Magnetska indukcija    | tesla             | T                  | $\text{Wb m}^{-2}$   |
| Induktivnost           | henri (henry)     | H                  | $\text{Wb A}^{-1}$   |
| Celsiusova temperatura | stupanj Celsiusov | $^{\circ}\text{C}$ | K                    |

| <b>Fizička veličina</b>        | <b>Naziv</b>                | <b>Oznaka</b>         |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Površina                       | kvadratni metar             | $m^2$                 |
| Volumen                        | kubični metar               | $m^3$                 |
| Brzina                         | metar u sekundi             | $m\ s^{-1}$           |
| Ubrzanje                       | metar u sekundi na kvadrat  | $m\ s^{-2}$           |
| Gustoća                        | kilogram po kubičnom metru  | $kg\ m^{-3}$          |
| Specifični volumen             | kubični metar po kilogramu  | $m^3\ kg^{-1}$        |
| Gustoća struje                 | amper po kvadratnom metru   | $A\ m^{-2}$           |
| Jakost magnetskog polja        | amper po metru              | $A\ m^{-1}$           |
| Koncentracija                  | mol po kubičnom metru       | $mol\ m^{-3}$         |
| Površinska napetost            | njutn po metru              | $N\ m^{-1}$           |
| Toplinski kapacitet            | džul po kelvinu             | $J\ K^{-1}$           |
| Specifični toplinski kapacitet | džul po kilogramu i kelvinu | $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$  |
| Molarna energija               | džul po molu                | $J\ mol^{-1}$         |
| Molarni toplinski kapacitet    | džul po molu i kelvinu      | $J\ mol^{-1}\ K^{-1}$ |

| Fizička veličina | Naziv        | Oznaka | Definicija               |
|------------------|--------------|--------|--------------------------|
| Duljina          | morska milja | -      | 1852 m                   |
| Masa             | karat        | -      | 0.0002 kg                |
|                  | tona         | t      | 1000 kg                  |
| Volumen          | litra        | l, L   | 1.000028 dm <sup>3</sup> |
| Vrijeme          | sat          | h      | 3 600 s                  |
|                  | minuta       | min    | 60 s                     |
| Brzina           | čvor         | -      | milja h <sup>-1</sup>    |
| Tlak             | bar          | bar    | 100 000 Pa               |
| Energija         | elektronvolt | eV     | 1.60×10 <sup>-19</sup> J |

| Faktor           | Prefiks | Oznaka | Faktor            | Prefiks | Oznaka |
|------------------|---------|--------|-------------------|---------|--------|
| 10 <sup>18</sup> | eksa    | E      | 10 <sup>-1</sup>  | deci    | d      |
| 10 <sup>15</sup> | peta    | P      | 10 <sup>-2</sup>  | centi   | c      |
| 10 <sup>12</sup> | tera    | T      | 10 <sup>-3</sup>  | mili    | m      |
| 10 <sup>9</sup>  | giga    | G      | 10 <sup>-6</sup>  | mikro   | μ      |
| 10 <sup>6</sup>  | mega    | M      | 10 <sup>-9</sup>  | nano    | n      |
| 10 <sup>3</sup>  | kilo    | k      | 10 <sup>-12</sup> | piko    | p      |
| 10 <sup>2</sup>  | hekto   | h      | 10 <sup>-15</sup> | femto   | f      |
| 10               | deka    | da     | 10 <sup>-18</sup> | ato     | a      |