

## I RAČUNSKE VEŽBE

### PREGLED OSNOVNIH VELIČINA ZA DEFINISANJE SASTAVA RASTVORA

Za izražavanje kvantitativnog sastava rastvora u hemiji koriste se različite fizičke veličine i odnosi. Koriste se i različite jedinice. Zastupljenost pojedinih komponenti u rastvoru može da se izrazi pomoću: koncentracije, udela i molalитета.

#### Koncentracija

Po važećem SI sistemu (Le Système International d'Unités, *franc.* = Međunarodni sistem mernih jedinica, skraćeno SI) i IUPAC preporukama (The International Union of Pure and Applied Chemistry, *eng.* = Međunarodni savez za čistu i primenjenu hemiju, skraćeno IUPAC) preporučuje se **količinska koncentracija**,  $c$ , koja predstavlja količinu rastvorene supstance u jediničnoj zapremini rastvora ( $\text{mol/dm}^3$ ) i najbliže prati hemijsku prirodu rastvora. Zbog jednostavnosti naziva se samo **koncentracija**, i podrazumeva se ukoliko drugačije nije naglašeno.

**Količinska koncentracija**,  $c$ , predstavlja količinu rastvorene supstance u jediničnoj zapremini rastvora ( $\text{mol/m}^3$  ili  $\text{mol/dm}^3$ ).

[U literaturi se mogu naći još i nazivi: **molarna koncentracija**, **molaritet**, **molarnost** i različite oznake kao na primer:  $c_M$ ,  $c(X)$  ili  $[X]$  (ako se radi o supstanci X)].

Količinska koncentracija,  $c$ , može se izračunati preko količine supstance,  $n$ , i zapremine rastvora,  $V$ :

$$c = \frac{n}{V}, \text{ mol/dm}^3.$$

Količina supstance,  $n$ , koja se pojavljuje u izrazu za količinsku koncentraciju predstavlja jednu od sedam osnovnih fizičkih veličina po SI sistemu. Jedinica za količinu supstance je mol. Mol se definiše kao količina supstance koja sadrži  $6,022 \cdot 10^{23}$  elementarnih jedinki, čestica. Kao standard uzet je izotop ugljenika,  $^{12}\text{C}$  koji u 12,00 g sadrži  $6,022 \cdot 10^{23}$  atoma ugljenika. Broj  $6,022 \cdot 10^{23}$  ima svoje ime i naziva se Avogadrov broj. Jedan mol bilo koje supstance sadrži isti, Avogadrov broj jedinki (atoma, molekula, jona, čestica...). Primer:

1 g H, 12 g C, ili 23 g Na sadrže  $6,023 \times 10^{23}$  atoma

1 mol  $\text{Ca(OH)}_2$  sadrži  $6,02 \times 10^{23}$  molekula  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $6,02 \times 10^{23}$   $\text{Ca}^{2+}$  jona i  $1,204 \times 10^{24}$   $\text{OH}^-$  jona.

[Fizička veličina je proizvod numeričke vrednosti i jedinice. Iz tog suštinskog razloga nije ispravno govoriti da je  $n$  „broj molova”, jer je  $n$  simbol za fizičku veličinu, a ne samo broj!]

Osnovna jedinica za zapreminu po SI sistemu je  $\text{m}^3$ , ali se zbog primerenosti eksperimentalnom, praktičnom radu koristi hiljadu puta manja jedinica:  $\text{dm}^3$  (kubni decimetar što odgovara zapremini od jednog litra).

**p-vrednosti koncentracija**, predstavljaju negativni logaritam (za osnovu 10) količinske koncentracije supstance. Koriste se za razblažene rastvore. Za supstancu X, p-funkcija se računa:

$$\text{pX} = -\log[X].$$

**Masena koncentracija**,  $\gamma$ , predstavlja masu rastvorene supstance u jediničnoj zapremini rastvora ( $\text{g/dm}^3$  ili  $\text{kg/m}^3$ ). Masena koncentracija,  $\gamma$ , može se izračunati preko mase supstance,  $m$ , i zapremine,  $V$ :

$$\gamma = \frac{m}{V}, \text{ g/dm}^3.$$

**Molalitet**,  $m$  ili  $b$ , predstavlja količinu rastvorene supstance u jediničnoj masi rastvarača ( $\text{mol/kg}$ ). Molalna koncentracija (molalitet, molalnost),  $b$ , se može izračunati preko broja molova,  $n$ , i mase rastvarača što je najčešće voda,  $m(\text{H}_2\text{O})$ :

$$b = \frac{n}{m(\text{H}_2\text{O})}, \text{ mol/kg}.$$

Sastav rastvora se može izraziti i preko odnosa istih veličina: mase, količine, zapremine. Tradicionalno se koriste odnosi na 100 delova mase, zapremine, ili količine pri čemu se koristi oznaka %. Ako je znak % napisan bez dodatnog određenja smatra se da se radi o masenom procentu.

**Maseni udeo**,  $w$ , (mas.% ili samo %) predstavlja masu rastvorene supstance u 100 g rastvora. Maseni udeo,  $w$ , se može izračunati preko mase supstance,  $m$ , i mase rastvora (koja predstavlja zbir mase supstance i rastvarača, što je najčešće voda,  $m(\text{H}_2\text{O})$ ):

$$w = \frac{m}{m + m(\text{H}_2\text{O})} 100.$$

**Zapreminski udeo**,  $\varphi$ , (v/v %) predstavlja zapreminu rastvorene supstance koja se nalazi u  $100 \text{ cm}^3$  rastvora. Zapreminski udeo,  $\varphi$ , se može izračunati preko zapremine supstance,  $V$  u  $\text{cm}^3$ , i zapremine rastvora (koja predstavlja zbir zapremine supstance i rastvarača, što je najčešće voda,  $V(\text{H}_2\text{O})$ ):

$$\varphi = \frac{V}{V + V(\text{H}_2\text{O})} 100.$$

Za jako razblažene rastvore, posebno u ekološkim istraživanjima, koriste se odnosi istih veličina (mase, količine, zapremine) ali se izražavaju kao deo na milion ili deo na milijardu delova uzorka. Posebne udele predstavljaju **ppm** i **ppb** veličine.

**ppm** (*engl. parts per million*) predstavlja jedan deo supstance na milion delova uzorka. To može da bude zapreminski ili maseni odnos. Ukoliko je to maseni odnos, ppm predstavlja odnos mase supstance i ukupne mase svih komponenti uzorka,  $m_{\text{uk}}$ :

$$\text{ppm} = \frac{m}{m_{\text{uk}}} 10^6.$$

Ukoliko se radi o rastvoru, ppm udeo može da se predstavi kao masena koncentracija,  $\gamma(\text{ppm})$ : masa rastvorene supstance (u mg) u  $1 \text{ dm}^3$  rastvora (koja u razblaženim rastvorima odgovara masi od milion mg,  $\rho = 1,00 \text{ g/cm}^3$ ). Udeo u ppm se može izračunati preko mase supstance,  $m$  u mg, i zapremine,  $V$  u  $\text{dm}^3$ :

$$\gamma(\text{ppm}) = \frac{m}{V} \text{ mg/dm}^3.$$

**ppb** (*engl. parts per billion*) predstavlja jedan deo supstance na milijardu delova (naziv za milijardu na engleskom je **billion**). To može, takođe, da bude zapreminski ili maseni odnos supstance. Ukoliko je to maseni odnos, ppb predstavlja odnos mase supstance,  $m$ , i ukupne mase svih komponenti uzorka,  $m_{\text{uk}}$ :

$$\text{ppb} = \frac{m}{m_{\text{uk}}} 10^9.$$

Ukoliko se radi o rastvoru, ppb udeo može da se predstavi kao masena koncentracija,  $\gamma(\text{ppb})$ : masa rastvorene supstance (u  $\mu\text{g}$ ) u  $1 \text{ dm}^3$  rastvora (koja u razblaženim rastvorima odgovara masi od milijardu  $\mu\text{g}$ ,  $\rho=1,00 \text{ g/cm}^3$ ). Udeo u ppb se može izračunati preko mase supstance,  $m$  u  $\mu\text{g}$ , i zapremine,  $V$  u litrima ili  $\text{dm}^3$ :

$$\gamma(\text{ppb}) = \frac{m}{V} \quad \mu\text{g}/\text{dm}^3.$$

U Tabeli 1. prikazane su veličine i jedinice za izražavanje kvantitativnog sastava rastvora.

Tabela 1. Veličine i jedinice za kvantitativni sastav rastvora

<b>Fizička veličina, simbol</b>	<b>Definicija, jedinica</b>
Količinska koncentracija, $c$	$c = \frac{n}{V}$ , mol/dm <sup>3</sup>
Masena koncentracija, $\gamma$	$\gamma = \frac{m}{V}$ , g/dm <sup>3</sup>
Molalitet, $b$	$b = \frac{n}{m(\text{H}_2\text{O})}$ mol/kg
Maseni udeo, $w$	$w = \frac{m}{m + m(\text{H}_2\text{O})} 100$
ppm	$\text{ppm} = \frac{m}{V}$ , mg/dm <sup>3</sup>
ppb	$\text{ppb} = \frac{m}{V}$ , $\mu\text{g}/\text{dm}^3$

## ZADACI

1. Koliko je molova cinka u 1 kg Zn?

**Rešenje:**

$n(\text{Zn}) = 15,295$  molova

Uzorak cinka mase 1 kg sadrži 15,295 molova.

2. Koliko molekula i atoma sadrži 5 mol molekula azota ?

**Rešenje:**

5 mol molekula azota sadrži  $30,10 \cdot 10^{23}$  molekula.

U 5 mol molekula azota ima  $60,20 \cdot 10^{23}$  atoma.

3. Izračunati zapreminu, merenu pri normalnim uslovima,  $3,01 \times 10^{23}$  molekula neke gasovite supstance.

**Rešenje:**

Zapremina  $3,01 \times 10^{23}$  molekula, merena pri normalnim uslovima, je 11, 2 dm<sup>3</sup>.

4. Napraviti 100 g 10 % rastvora natrijum-hlorida.

**Rešenje:**

10 % rastvor natrijum-hlorida sadrži 10 g natrijumhlorida u 100 g rastvora. Masa rastvarača je 90 g.

5. Napravljen je rastvor koji sadrži 6,9 g šećera i 100 g vode. Izračunati procentnu koncentraciju šećera u ovom rastvoru.

**Rešenje:**

w= 6,45 %

6. Rastvor sadrži 50 g vode i 5,5 g alkohola. Izračunati procentnu koncentraciju alkohola.

**Rešenje:**

w= 9,90 %

7. Koliko grama 5 % rastvora natrijum-hidroksida treba odmeriti da ova količina rastvora sadrži 3,2 g natrijum-hlorida ?

**Rešenje:**

m=64 g

8. Koliko grama 30 % rastvora neke soli treba odmeriti za pravljenje 100 g 6 % rastvora?

**Rešenje:**

Odmerenom rastvoru (20 g 30% rastvora soli) treba dodati 80 g vode.

9. Koliko grama sulfatne kiseline treba odmeriti za pravljenje 1 dm<sup>3</sup> rastvora koncentracije 1 mol/dm<sup>3</sup>?

**Rešenje:**

Jedan dm<sup>3</sup> rastvora koji sadrži 98 g sulfatne kiseline ima koncentraciju od 1 mol/dm<sup>3</sup>.

10. Koja je koncentracija rastvora sulfatne kiseline, ako se 5 g kiseline nalazi u 200 cm<sup>3</sup> rastvora ?

**Rešenje:**

$$c=0,255 \text{ mol/dm}^3$$

11. Izračunati molaritet vodenog rastvora KBr ako je zapremina rastvora 5,00 litara a broj molova KBr je 10,0 molova?

**Rešenje:**

$$c=2 \text{ mol/dm}^3$$

12. Zapremina od 250 mililitara rastvora sadrži 0,50 molova NaCl. Koliko iznosi molaritet rastvora?

**Rešenje:**

$$c=2 \text{ mol/dm}^3$$

13. Izračunati zapreminu dvomolarnog (2,00 M) rastvora napravljenog od 6,00 molova LiF?

**Rešenje:**

$$V=3 \text{ dm}^3$$

14. Izračunati zapreminu 3,00 M rastvora NaCl, napravljenog rastvaranjem 526 g natrijumhlorida.

**Rešenje:**

$$V=3 \text{ dm}^3$$

15. Koliko molova CaCl<sub>2</sub> treba rastvoriti u 0,500 litara petomolarnog rastvora (5 M)?

**Rešenje:**

$$c=2,5 \text{ mol}$$

16. Koliko grama CaCl<sub>2</sub> treba upotrebiti za pravljenje 5,00 x 10<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> petomolarnog rastvora?

**Rešenje:**

$$m=278 \text{ g}$$

17. Izračunati količinsku koncentraciju i molalitet rastvora HCl, ako su na originalnom pakovanju navedeni podaci: 37,0 mas.%,  $\rho=1,188 \text{ g/cm}^3$ ,  $M(\text{HCl})=36,45 \text{ g/mol}$ .

**Rešenje:**

$$a) c=12,1 \text{ mol/dm}^3$$

$$b) b=16,1 \text{ mol/kg}$$

18. Izračunati:

a) masu NiSO<sub>4</sub> u 200 g 6,00 % rastvora NiSO<sub>4</sub>;

b) masu 6,00 % rastvora NiSO<sub>4</sub> koji sadrži 40,0 g NiSO<sub>4</sub>;

c) masu NiSO<sub>4</sub> u 200 cm<sup>3</sup> 6,00 % rastvora NiSO<sub>4</sub>.

Gustina rastvora na 25 °C iznosi 1,06 g/cm<sup>3</sup>.

**Rešenje:**

$$a) m(\text{NiSO}_4) = m(\text{rastvora}) \frac{w}{100} = 200 \frac{6,00}{100} = 12,0 \text{ g}$$

$$b) \quad m(\text{rastvora}) = m(\text{NiSO}_4) \frac{100}{w} = 40,0 \frac{100}{6,00} = 667 \text{ g}$$

$$c) \quad m(\text{NiSO}_4) = V(\text{NiSO}_4) \rho \frac{w}{100} = 200 \text{ cm}^3 \cdot 1,06 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \frac{6,00}{100} = 12,7 \text{ g}$$

19. Izračunati zapreminu 15,0 % rastvora  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  u kojoj se nalazi 30,0 g  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ . Gustina rastvora na 25 °C iznosi 1,16 g/cm<sup>3</sup>.

**Rešenje:**

$$V(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 172 \text{ cm}^3$$

20. Komercijalna 96,4 % sumporna kiselina ima gustinu 1,84 g/cm<sup>3</sup>. Izračunati koncentraciju kiseline. Podatak:  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,10 \text{ g/mol}$

**Rešenje:**

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18,1 \text{ mol/dm}^3$$

21. Na analitičkoj vagi odmerena je masa od 5,5450 g uzorka  $\text{CaCl}_2$  i rastvorena u destilovanoj vodi u mernom sudu od 250,0 cm<sup>3</sup>. Izračunati koncentraciju  $\text{CaCl}_2$  i  $\text{Cl}^-$ -jona u rastvoru. Podatak:  $M(\text{CaCl}_2) = 110,0 \text{ g/mol}$

**Rešenje:**

$$c(\text{CaCl}_2) = 0,2016 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{n(\text{Cl}^-)}{n(\text{CaCl}_2)} c(\text{CaCl}_2) = 2 \cdot 0,2016 \text{ mol/dm}^3 = 0,4032 \text{ mol/dm}^3$$

22. Izračunati količinsku koncentraciju rastvora koji sadrži 0,320 g metanola,  $\text{CH}_3\text{OH}$  u 750 cm<sup>3</sup> vode. Podaci:  $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32,00 \text{ g/mol}$

**Rešenje:**

$$c(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{n}{V} = \frac{m}{M V}$$

$$c(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{0,320 \text{ g}}{32,00 \text{ g/mol} \cdot 0,750 \text{ dm}^3} = 0,0133 \text{ mol/dm}^3$$

23. Rastvor  $\text{KMnO}_4$  ima приметnu ružičastu boju pri koncentraciji  $\text{MnO}_4^-$ -jona od  $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ . Izračunati koncentraciju  $\text{MnO}_4^-$ -jona u ppm i ppb udelima. Podatak:  $M(\text{KMnO}_4) = 119,0 \text{ g/mol}$

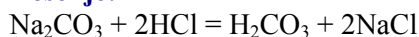
**Rešenje:**

$$c_{\text{ppm}}(\text{MnO}_4^-) = c(\text{MnO}_4^-) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} M(\text{MnO}_4^-) \frac{\text{g}}{\text{mol}} \frac{1000}{1} \frac{\text{mg}}{\text{g}} = 4,0 \cdot 10^{-6} \cdot 119,0 \cdot 1000 = 0,48 \text{ ppm}$$

$$c_{\text{ppb}}(\text{MnO}_4^-) = c_{\text{ppm}}(\text{MnO}_4^-) 1000 = 0,48 \cdot 1000 = 480 \text{ ppb}$$

24. Rastvor HCl se mora pripremiti. Izračunati koncentraciju rastvora HCl ako se za titraciju 0,2168 g hemijski čistog natrijum-karbonata utroši 20,45 cm<sup>3</sup> ovog rastvora. *Podatak: M(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)=106,0 g/mol*

**Rešenje:**



$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) : n(\text{HCl}) = 1 : 2$$

$$\frac{m}{M}(\text{Na}_2\text{CO}_3) : V(\text{HCl}) c(\text{HCl}) = 1 : 2$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{2 m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{HCl}) M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{2 \cdot 0,2168 \text{ g}}{20,45 \text{ cm}^3 \cdot 106,0 \text{ g/mol}} \cdot 1000,0 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3} = 0,2000 \text{ mol/dm}^3$$

25. Prilikom pripreme rastvora HCl utvrđeno je da koncentracija iznosi 1,183 mol/dm<sup>3</sup>. Kolika zapremina (u cm<sup>3</sup>) ovog rastvora treba da se uzme za pripremanje 500,0 cm<sup>3</sup> rastvora HCl koncentracije 0,100 mol/dm<sup>3</sup>?

**Rešenje:**

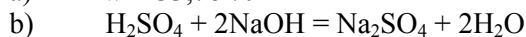
$$V(\text{HCl}) = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \frac{0,100 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,000 \text{ dm}^3}{1,183 \text{ mol/dm}^3} = 0,08450 \text{ dm}^3 = 84,5 \text{ cm}^3 \text{ za jedan litar.}$$

$$V(\text{HCl}) = 42,25 \text{ cm}^3$$

26. Zapremina od 3,50 cm<sup>3</sup> rastvora H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, gustine 1,84 g/cm<sup>3</sup>, razblažena je destilovanom vodom do 1000 cm<sup>3</sup>. Za neutralizaciju 45,00 cm<sup>3</sup> ovako razblaženog rastvora potrebno je 20,00 cm<sup>3</sup> rastvora NaOH koncentracije 0,100 mol/dm<sup>3</sup>. Izračunati a) maseni udeo (%) prvobitnog rastvora kiseline i b) koncentraciju razblažene kiseline. *Podatak: M(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)=98,00 g/mol*

**Rešenje:**

a)  $w = 33,78 \%$



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} V(\text{NaOH}) c(\text{NaOH}) = \frac{1}{2} 20,00 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \frac{1}{1000 \text{ cm}^3} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n}{V} = \frac{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{45,00 \text{ cm}^3} \cdot 1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3} = 0,0222 \text{ mol/dm}^3$$

27. Kolika je koncentracija baze koja se dobija mešanjem 300,0 cm<sup>3</sup> NaOH koncentracije 0,0150 mol/dm<sup>3</sup> i 500,0 cm<sup>3</sup> rastvora NaOH koncentracije 0,0500 mol/dm<sup>3</sup>?

**Rešenje:**

$$c = \frac{n_1 + n_2}{V_{\text{uk}}} = \frac{V_1 c_1 + V_2 c_2}{V_1 + V_2} = \frac{300,0 \cdot 0,0150 + 500,0 \cdot 0,0500}{800,0} = 0,0369 \text{ mol/dm}^3.$$

## ZADACI ZA VEŽBU

1. Kolika je masa 3 mola atoma kiseonika i 3 mola molekula kiseonika?
2. Koliko atoma vodonika ima u 18 g vode?
3. Izračunati procentnu koncentraciju rastvora koji sadrži 50 g supstancije u 200 g rastvora.
4. Morska voda sadrži  $\text{Na}^+$  -jone, prosečne koncentracije  $1,08 \cdot 10^3$  ppm i  $\text{SO}_4^{2-}$  -jone prosečne koncentracije 270 ppm. Izračunati: a) koncentraciju ovih jona ako je poznata prosečna gustina morske vode,  $\rho = 1,02 \text{ g/cm}^3$ ; b) pNa i p $\text{SO}_4$  za morsku vodu.  
Podaci:  $M(\text{Na}) = 23,00 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96,00 \text{ g/mol}$
5. Izračunati molsku masu sledećih jedinjenja:
  - 1)  $\text{MgCO}_3$
  - 2)  $\text{NaNO}_3$
  - 3)  $\text{CO}_2$
  - 4)  $\text{K}_2\text{HPO}_4$
6. Izračunati molarnu koncentraciju rastvora koji sadrži 10 g/L:
  - 1)  $\text{NaOH}$
  - 2)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
  - 3)  $\text{K}_2\text{CrO}_7$
  - 4)  $\text{KCl}$
8. Elementarni bor koristi se za apsorpciju neutrona u nuklearnim reaktorima. Pored toga koristi se i za proizvodnju poluprovodnika i propelera raketa. Izračunati:
  - masu (u kg) 219,9 molova bora (B)
  - koliko molova bora ima u 69,5 g B
9. Rastvor sadrži 0,353 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  u 730 g vode. Odrediti koncentraciju rastvora u mg/L i preko molariteta ( $\text{mol/dm}^3$ ).
10. Izračunati nepoznate vrednosti za sledeće vodene rastvore (videti tabelu).

	Rastvorena supstanca	Masa rastvorene supstance (g)	Zapremina rastvora ( $\text{dm}^3$ )	Molaritet ( $\text{mol/dm}^3$ )
1	LiBr	43,3	0,5	
2	$\text{NH}_4\text{Cl}$	160,2	4,0	
3	KOH	28,0	0,25	
4	NaCl	146,0	25,0	
5	$\text{BaCl}_2$	385,5		2,5
6	KCl	37,5		0,125
7	NaOH	80,0		1,6
8	$\text{CuSO}_4$		1,6	0,125
9	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$		0,5	0,6
10	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$		0,3	2,0