

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 (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 (mol/m^3 ili 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}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 Ca(OH)_2 sadrži $6,02 \times 10^{23}$ molekula Ca(OH)_2 , $6,02 \times 10^{23}$ Ca^{2+} jona i $1,204 \times 10^{24}$ 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 m^3 , ali se zbog primerenosti eksperimentalnom, praktičnom radu koristi hiljadu puta manja jedinica: 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, γ , predstavlja masu rastvorene supstance u jediničnoj zapremini rastvora (g/dm^3 ili kg/m^3). Masena koncentracija, γ , 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 (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, φ , (v/v %) predstavlja zapreminu rastvorene supstance koja se nalazi u 100 cm^3 rastvora. Zapreminski udeo, φ , se može izračunati preko zapremine supstance, V u 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_{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 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 dm^3 :

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

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_{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 μg) u 1 dm^3 rastvora (koja u razblaženim rastvorima odgovara masi od milijardu μg , $\rho=1,00 \text{ g/cm}^3$). Udeo u ppb se može izračunati preko mase supstance, m u μg , i zapremine, V u litrima ili 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

Fizička veličina, <i>simbol</i>	Definicija, jedinica
Količinska koncentracija, <i>c</i>	$c = \frac{n}{V}$, mol/dm ³
Masena koncentracija, γ	$\gamma = \frac{m}{V}$, g/dm ³
Molalitet, <i>b</i>	$b = \frac{n}{m(\text{H}_2\text{O})}$ mol/kg
Maseni udeo, <i>w</i>	$w = \frac{m}{m + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100$
ppm	$\text{ppm} = \frac{m}{V}$, mg/dm ³
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 1kg 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 dm³.

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:

$$m = 64 \text{ g}$$

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 dm³ rastvora koncentracije 1 mol/dm³?

Rešenje:

Jedan dm³ rastvora koji sadrži 98 g sulfatne kiseline ima koncentraciju od 1 mol/dm³.

10. Koja je koncentracija rastvora sulfatne kiseline, ako se 5 g kiseline nalazi u 200 cm³ 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_2 treba rastvoriti u 0,500 litara petomolarnog rastvora (5 M)?

Rešenje:

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

16. Koliko grama CaCl_2 treba upotrebiti za pravljenje $5,00 \times 10^2 \text{ cm}^3$ 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_4 u 200 g 6,00 % rastvora NiSO_4 ;

b) masu 6,00 % rastvora NiSO_4 koji sadrži 40,0 g NiSO_4 ;

c) masu NiSO_4 u 200 cm^3 6,00 % rastvora NiSO_4 . Gustina rastvora na $25 \text{ }^\circ\text{C}$ iznosi $1,06 \text{ g/cm}^3$.

Rešenje:

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

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

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

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 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ iznosi $1,16 \text{ g/cm}^3$.

Rešenje:

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

20. Komercijalna 96,4 % sumporna kiselina ima gustinu $1,84 \text{ g/cm}^3$. 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 CaCl_2 i rastvorena u destilovanoj vodi u mernom sudu od 250,0 cm^3 . Izračunati koncentraciju CaCl_2 i 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, CH_3OH u 750 cm^3 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 KMnO_4 ima приметnu ružičastu boju pri koncentraciji MnO_4^- -jona od $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$. Izračunati koncentraciju MnO_4^- -jona u ppm i ppb udelima.

Podatak: $M(\text{KMnO}_4)=119,0 \text{ g/mol}$

Rešenje:

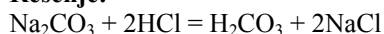
$$c_{\text{ppm}}(\text{MnO}_4^-)=c(\text{MnO}_4^-) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} M(\text{MnO}_4^-) \frac{\text{g}}{\text{mol}} \frac{1000}{1} \frac{\text{mg}}{\text{g}} = 4,0 \cdot 10^{-6} \cdot 119,0 \cdot 1000 = 0,48 \text{ ppm}$$

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

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^3 ovog rastvora.

Podatak: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3)=106,0 \text{ g/mol}$

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 $1,183 \text{ mol/dm}^3$. Kolika zapremina (u cm^3) ovog rastvora treba da se uzme za pripremanje 500,0 cm^3 rastvora HCl koncentracije $0,100 \text{ mol/dm}^3$?

Rešenje:

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

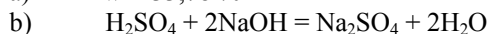
$$V(\text{HCl}) = 42,25 \text{ cm}^3$$

26. Zapremina od $3,50 \text{ cm}^3$ rastvora H_2SO_4 , gustine $1,84 \text{ g/cm}^3$, razblažena je destilovanom vodom do 1000 cm^3 . Za neutralizaciju $45,00 \text{ cm}^3$ ovako razblaženog rastvora potrebno je $20,00 \text{ cm}^3$ rastvora NaOH koncentracije $0,100 \text{ mol/dm}^3$. Izračunati a) maseni udeo (%) prvobitnog rastvora kiseline i b) koncentraciju razblažene kiseline.

Podatak: $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,00 \text{ g/mol}$

Rešenje:

a) $w = 33,78 \%$



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

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

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

27. Kolika je koncentracija baze koja se dobija mešanjem $300,0 \text{ cm}^3$ NaOH koncentracije $0,0150 \text{ mol/dm}^3$ i $500,0 \text{ cm}^3$ rastvora NaOH koncentracije $0,0500 \text{ mol/dm}^3$?

Rešenje:

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

DOMAĆI ZADATAK

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 Na^+ -jone, prosečne koncentracije $1,08 \cdot 10^3 \text{ ppm}$ i 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) $p\text{Na}$ 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 nepoznate vrednosti za sledeće vodene rastvore (videti tabelu).

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