

### Zadaci 3 čas

## PREGLED OSNOVNIH VELIČINA ZA DEFINISANJE SASTAVA VODENIH SISTEMA (RASTVORA)

### TEORIJSKI UVOD

Za kvantitativno izražavanje sastava u vodenim sistemima koriste se različite fizičke veličine i odnosi. Koriste se i različite jedinice.

Zastupljenost pojedinih komponenti (jedinjenja, elemenata) u rastvoru može da se izrazi pomoću:

1. **koncentracije,**
2. **molalитета i**
3. **udela.**

### 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**,  $c$ .

**Količinska koncentracija**,  $c$ , je količina rastvorene supstance u jediničnoj zapremini rastvora ( $\text{mol/m}^3$  ili  $\text{mol/dm}^3$ ). Zbog jednostavnosti naziva se samo **koncentracija**, i podrazumeva se ukoliko drugačije nije naglašeno. Druge veličine i jedinice treba poznavati utoliko, što se još uvek, tradicionalno koriste.

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

### Količina supstance, $n$ ,

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. 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...). Kao standard uzet je izotop ugljenika,  $^{12}\text{C}$ ; koji u 12,00 g ima Avogadrov broj atoma.

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).

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

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

### Molalitet

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

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

## Udeli

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

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

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

**Zapreminski udeo**, v/v %, predstavlja zapreminu rastvorene supstance koja se nalazi u 100  $\text{cm}^3$  rastvora. Zapreminski udeo 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,  $V(\text{H}_2\text{O})$ ):

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

**Za jako razblažene rastvore, posebno u ekološkim istraživanjima, koriste se odnosi istih veličina (mase, količine, zapremine) kao deo na milion ili kao 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,  $m_u$ :

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

Ukoliko se radi o rastvoru, ppm udeo može da se predstavi kao masena koncentracija,  $c_M$  (ppm), odnosno kao masa rastvorene supstance,  $m$  (u mg) u zapremini,  $V = 1 \text{ dm}^3$  rastvora (odgovara masi od milion mg,  $\rho = 1,00 \text{ g/cm}^3$ ):

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

**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,  $m_u$ :

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

Ukoliko se radi o rastvoru, ppb udeo može da se predstavi kao masena koncentracija,  $c_M$  (ppb), odnosno kao masa rastvorene supstance,  $m$  (u  $\mu\text{g}$ ) u zapremini,  $V = 1 \text{ dm}^3$  rastvora (u razblaženim rastvorima odgovara masi od milijardu  $\mu\text{g}$ ,  $\rho = 1,00 \text{ g/cm}^3$ ):

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

## PODSETNIK:

GUSTINA (simbol:  $\rho$ ) supstance predstavlja odnos mase i zapremine, a dimenziono, odnosno jedinice za zapreminu su  $\text{kg/m}^3$ ;  $\rho = \frac{m}{V}$ ,  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Voda ima gustinu  $1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

Tabela I. Veličine i jedinice za kvantitativni sastav rastvora

FIZIČKA VELIČINA, <i>SIMBOL</i>	DEFINICIJA, JEDINICA
Količinska koncentracija, $c$	$c = \frac{n}{V}$ , mol/dm <sup>3</sup>
Masena koncentracija, $c_M$	$c_M = \frac{m}{V}$ , g/dm <sup>3</sup>
Molalitet, $b$	$b = \frac{n}{m(\text{H}_2\text{O})}$ mol/kg
Maseni udeo, %	$\% = \frac{m}{m + m(\text{H}_2\text{O})} 100$
Zapreminski udeo, v/v %	$v/v \% = \frac{V}{V + V(\text{H}_2\text{O})} 100$
ppm	$\text{ppm} = \frac{m_{rs}}{m_u} 10^6$
ppb	$\text{ppb} = \frac{m_{rs}}{m_u} 10^9$

$m_{R.S.}$ -masa rastvorene supstance,  $m_u$ -ukuona masa uzorka

#### PRIMERI

- Uzorak jezerske vode mase 155,3 g sadrži  $1,7 \cdot 10^{-4}$  g fosfata. Izračunati koncentraciju fosfata u ppm-ima.

**Rešenje:**  $\text{ppm} = 1,1 \text{ ppm}$  ✓

Za izračunavanje koncentracije u ppb-ima, u prethodnom primeru rezultat bi bio hiljadu puta veći, odnosno koncentracija bi bila 1100 ppb.

- Uzorak jezerske vode mase 400 g ima koncentraciju rastvorenih nitrata 3,5 ppm. Odrediti masu rastvorenih nitrata u uzorku jezerske vode.

**Rešenje:** 1,4 mg nitrata ✓

- Odrediti procentualni sastav rastvora koji se dobija rastvaranjem 5 g šećera u vodi.

**Rešenje:** 20 % ✓

- Ako u rastvoru od 450 g kuhinjske soli (NaCl) 35 % čini NaCl, odrediti masu NaCl u ovom uzorku.

**Rešenje:** 157,5 g NaCl ✓

- Vino sadrži 12 mL alkohola (etanola) u 100 mL uzorka. Odrediti zapreminski udeo alkohola u vinu.

**Rešenje:** 12 v/v % ✓

6. Plastične kuglice zapremine  $0,04 \text{ m}^3$  i mase  $0,48 \text{ kg}$  nalaze se u kutiji u koju je dodato  $100 \text{ L}$  vode. Odrediti koncentraciju plastičnih kuglica u  $\text{mg/L}$ .

**Rešenje:**  $c_k = 3430 \text{ mg/L}$  ✓

Kada bi plastične kuglice bile u kutiji zapremine  $100 \text{ L}$  (i da je voda dopunjena do zapremine od  $100 \text{ L}$ ), tada je  $V_{\text{kupno}} = 100 \text{ L}$ , a

**Rešenje:**  $c_k = 4800 \text{ mg/L}$  ✓

7. Izračunati:

- masu  $\text{NiSO}_4$  u  $200 \text{ g}$   $6,00 \%$  rastvora  $\text{NiSO}_4$ ;
- masu  $6,00 \%$  rastvora  $\text{NiSO}_4$  koji sadrži  $40,0 \text{ g}$   $\text{NiSO}_4$ ;
- masu  $\text{NiSO}_4$  u  $200 \text{ cm}^3$   $6,00 \%$  rastvora  $\text{NiSO}_4$ . Gustina rastvora na  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  iznosi  $1,06 \text{ g/cm}^3$ .

**Rešenje:**

- $m(\text{NiSO}_4) = 12,0 \text{ g}$  ✓
- $m(\text{rastvora}) = 667 \text{ g}$  ✓
- $m(\text{NiSO}_4) = 12,7 \text{ g}$  ✓

8. Mulj (dobijen iz otpadne vode) ima koncentraciju čvrstih čestica  $10\,000 \text{ ppm}$ . Izraziti koncentraciju čvrstih čestica u  $\%$ , ako je gustina čestica  $1 \text{ g/cm}^3$ .

**Rešenje:**  $1 \%$  ✓

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

**Rešenje:**

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

## KVALITET VODE

### Zadatak

Vi ste glavni inženjer ekologije u velikoj industriji i donose Vam svakodnevno testove, odnosno analize za kontrolu kvaliteta vode koja predstavlja obrađenu vodu iz postrojenja za prečišćavanje otpadne vode (PPOV).

Jednog dana otkrijete da je rezultat jedne analize pokazao koncentraciju teškog metala, kadmijuma (Cd),  $1000$  puta veću od dozvoljene pravilnikom o upuštanju vode u recipijent.

Proverite kod laboratorijskog tehničara i on Vam potvrdi da je rezultat ispravan!

Ne znate odakle potiče Cd, da li će se ponoviti tako nešto, a sigurni ste da će ukoliko prijavite ovakav rezultat vlasti zatvoriti vašu firmu. Svi će u firmi biti na gubitku, pored finansijskih gubitaka, problem su ljudi koji će ostati bez posla!

**Šta činiti:**

- Obrisati rezultate analize i pretvarati se da se nikad nije ni dogodilo!
- Prijaviti vlastima sa zakašnjenjem, odnosno malo sami istraživati!
- Obavestiti Vaše nadređene, šefove i preneti odgovornost na njih!
- Prijaviti sve vlastima i prihvatiti posledice!
- Imate neku drugu ideju, predložite i napišite šta Vi mislite da je ispravno!

**Opcije:**

- Imate  $24 \text{ g}$ , završili ste studije pre  $2 \text{ g}$ , i nemate dece
- Imate  $48 \text{ g}$ , ženu, decu