

## Vježba 10. OTOPINE

**PRIPREMA OTOPINA****Uvod:**

Koncentracija je skupni naziv za veličine koje određuju sastav neke smjese. Smjese mogu biti plinovite, tekuće i čvrste. Tekuće i čvrste mogu biti homogene i heterogene. Homogene tekuće i čvrste smjese nazivamo još i otopinama.

Kod otopina razlikujemo otapalo i otopljenu tvar. Pod otopljenom tvari podrazumijevamo plinovite, tekuće i čvrste tvari otopljene u otapalu. Općenito se smatra da otopina sadrži više otapala, a manje otopljenih tvari. Otapalo također može biti i smjesa.

Za svakodnevni rad u laboratoriju najzanimljivije su tzv. vodene otopine, jer se voda najčešće upotrebljava kao otapalo. U vodi su topljive skoro sve soli, neke više, neke manje te većina anorganskih kiselina i baza. Sve tvari ipak nisu topljive u vodi, pa smo često prisiljeni uzimati i druga otapala, na primjer, etanol, benzen, kloroform, petroleter itd.

Za sve vrste laboratorijskog rada nužno je poznavati koncentraciju smjesa, odnosno otopina. Fizikalne veličine kojima se opisuje koncentracija otopina dane su u slijedećoj tablici.

Tablica 10.1. Fizikalne veličine koncentracije

| Fizikalna veličina                      | Simbol     | Definicija                                     | Jedinica                                   |
|---|------------|--|--|
| množinska koncentracija tvari B         | $c_B$      | $c_B = \frac{n_B}{V}$                          | $\text{mol m}^{-3}$ , $\text{mol dm}^{-3}$ |
| masena koncentracija tvari B            | $\gamma_B$ | $\gamma_B = \frac{m_B}{V}$                     | $\text{kg m}^{-3}$ , $\text{g dm}^{-3}$    |
| molalitet otopljene tvari B u otapalu A | $b_B$      | $b_B = \frac{n_B}{m_A}$                        | $\text{mol kg}^{-1}$                       |
| količinski udio tvari B                 | $x_B$      | $x_B = \frac{n_B}{n_A + n_C + n_D + \dots}$    | 1  |
| maseni udio tvari B                     | $w_B$      | $w_B = \frac{m_B}{m_A + m_C + m_D + \dots}$    | 1  |
| volumni udio tvari B                    | $\phi_B$   | $\phi_B = \frac{V_B}{V_A + V_C + V_D + \dots}$ | 1  |

Prije nego što se pristupi pripremi otopine poznate koncentracije bilo koje soli, potrebno je napraviti proračun. Primjerice, treba pripremiti otopinu natrijevog klorida množinske koncentracije  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$  (ili  $\text{mol L}^{-1}$ ). Želi li se pripremiti  $100 \text{ cm}^3$  (ili  $100 \text{ mL}$ ) takve otopine, potrebno je izračunati masu natrijevog klorida na slijedeći način:

$$\begin{aligned}n(\text{NaCl}) &= c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{otopine}) \\ &= 0,5 \text{ mol L}^{-1} \cdot 0,1 \text{ L} \\ &= 0,05 \text{ mol.}\end{aligned}$$

Kako je molarna masa natrijevog klorida  $M(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g mol}^{-1}$ , pripadna masa natrijevog klorida koja odgovara količini  $0,05 \text{ mol}$  izračuna se prema slijedećoj jednadžbi:

$$\begin{aligned}m(\text{NaCl}) &= n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) \\ &= 0,05 \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g mol}^{-1} \\ &= 2,922 \text{ g.}\end{aligned}$$

Otopi li se  $2,922 \text{ g}$  natrijevog klorida u vodi tako da volumen otopine bude točno  $0,1 \text{ L}$ , koncentracija dobivene otopine bit će  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ .

Kako je dosta teško odvagati  $2,922 \text{ g}$  natrijevog klorida, to dobivena otopina neće imati koncentraciju točno  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ . Međutim, to često nije ni potrebno jer ukoliko se s velikom točnošću (na 4 decimale) izvaži masa natrijevog klorida koja je vrlo slična izračunatoj vrijednosti, te ako se točno poznaje volumen otopine, može se izračunati točna koncentracija otopine po formuli za množinsku koncentraciju (Tablica 10.1.).

**POKUS 10.1. Priprema otopine natrijevog klorida,  $c(\text{NaCl}) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$** 

**Zadatak:** Pripremi 100 mL vodene otopine natrijevog klorida množinske koncentracije  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ .

**Pribor i kemikalije:** odmjerna tikvica od 100 mL, lijevak, boca štrcaljka, kapalica, posudica za vaganje, vaga, natrijev klorid, destilirana voda.

**Postupak:** Prije samog pripremanja otopine napravi proračun kojim ćeš odrediti koliku masu natrijevog klorida trebaš izvagati.

Pripremi čistu odmjernu tikvicu od 100 mL koja ne mora biti suha. U grlo te tikvice stavi manji stakleni lijevak. Uzmi posudicu za vaganje i izvaži je na analitičkoj vagi. U nju pokušaj čim točnije staviti masu natrijevog klorida koju si izračunao. Sad odsipaj iz posudice za vaganje natrijev klorid u lijevak na odmjernoj tikvici. Ponovno izvaži posudicu za vaganje. Razlika dviju odvaga predstavlja masu natrijevog klorida kojeg ćeš otopiti u odmjernoj tikvici.

Destiliranom vodom pomoću boce štrcaljke isperi sav natrijev klorid s lijevka u odmjernu tikvicu. Kad si odmjernu tikvicu napunio do polovice, i kad si uvjeren da je sav natrijev klorid ispran s lijevka u tikvicu, digni jednom rukom tikvicu par centimetara u visinu, a drugom rukom dolijevaj još malo destilirane vode kako bi isprao i posljednje kapljice koje vjerojatno sadrže natrijevog klorida.

Laganim miješanjem sadržaja tikvice otopi sav natrijev klorid. Nakon što se sav natrijev klorid otopio, u odmjernu tikvicu dodaj destilirane vode toliko da razina vode bude 1 do 2 cm ispod mjesta gdje započinje vrat tikvice. Začepi tikvicu njenim čepom i sadržaj temeljito izmiješaj, na način da tikvicu dvadesetak puta okreneš grlom gore-dolje. Nikad nemoj mućkati sadržaj tikvice jer će sitni mjehurići zraka i pjena koja pritom nastaje, onemogućiti točno nadopunjavanje tikvice do deklariranog volumena.

Nakon toga nadopuni tikvicu destiliranom vodom do oznake, tako da se donji rub meniskusa otopine podudara s oznakom na vratu tikvice. Kako bi lakše dodao potrebnu količinu vode posluži se kapalicom.

Začepi tikvicu i temeljito izmiješaj njen sadržaj okretanjem tikvice. Postavi tikvicu na stol, odčepi je i obriši čep o grlo, tako da otopina nakupljena oko čepa isteče u tikvicu. Začepi odmah tikvicu, pričekaj desetak sekundi i još jednom provjeri razinu otopine u tikvici. Po potrebi dodaj još koju kap vode.

**POKUS 10.2. Priprema otopine natrijevog klorida, w (NaCl) = 10 %****Uvod:**

Ukoliko se želi prirediti otopina neke soli određenog masenog udjela, potrebno je obratiti pažnju na to želi li se prirediti određena masa ili određeni volumen dotične otopine. Sam postupak priređivanja je vrlo sličan, no razlika je u tome što je za ta dva slučaja potreban drukčiji proračun.

Primjerice, želi li se prirediti 100 g vodene otopine natrijevog klorida,  $w(\text{NaCl}) = 5\%$ , postavlja se pitanje kolike su mase natrijevog klorida i vode koje se moraju međusobno pomiješati da bi se dobila željena otopina. Odgovor na to pitanje dobivamo pomoću slijedećeg proračuna.

Znamo li da je

$$m(\text{otopine}) = m(\text{NaCl}) + m(\text{vode}),$$

te da je

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{otopine})},$$

onda proizlazi:

$$m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot m(\text{otopine})$$

$$= 0,05 \cdot 100 \text{ g}$$

$$= 5 \text{ g};$$

$$m(\text{vode}) = m(\text{otopine}) - m(\text{NaCl})$$

$$= 100 \text{ g} - 5 \text{ g}$$

$$= 95 \text{ g}.$$

Iz ovoga proizlazi da je potrebno otopiti 5 g natrijevog klorida u 95 g vode za dobivanje željene otopine. Uzmemo li da 1 g vode ima volumen 1 mL, umjesto da vodu važemo možemo odmjeriti njezin volumen.

Međutim, ukoliko se želi prirediti 100 mL otopine natrijevog klorida,  $w(\text{NaCl}) = 5\%$ , proračun je nešto složeniji jer u ovom slučaju je neophodno poznavati gustoću željene otopine. Ukoliko tog podatka nemamo, ne možemo odrediti masu otopine, a samim time i potrebnu masu natrijevog klorida, odnosno volumen vode. Gustoća otopine natrijevog klorida,  $w(\text{NaCl}) = 5\%$ , iznosi  $\rho(\text{otopine}) = 1,033 \text{ g mL}^{-1}$ , pa se potrebna masa otopine može izračunati na slijedeći način:

$$\rho(\text{otopine}) = \frac{m(\text{otopine})}{V(\text{otopine})};$$

$$m(\text{otopine}) = \rho(\text{otopine}) \cdot V(\text{otopine}).$$

Ostatak proračuna isti je kao i u prethodnom slučaju.

**Pribor i kemikalije:** čaša od 200 mL, analitička vaga, menzura od 100 mL, graduirana pipeta od 5 mL, stakleni štapić, natrijev klorid, destilirana voda.

**Postupak A:** U ovom slučaju pripremit ćeš 100 g 10 %-tne vodene otopine natrijevog klorida. Nakon provedenog proračuna izvaži potrebnu masu natrijevog klorida i sipaj u čašu. Izračunati volumen vode odmjeri menzutom. Ukoliko je potrebno, posluži se pipetom (za preciznije mjerenje manjih volumena). Odmjereni volumen vode prebaci u čašu s natrijevim kloridom. Staklenim štapićem izmiješaj smjesu natrijevog klorida i vode dok se sav natrijev korid ne otopi.

**Postupak B:** Za ovu vježbu potrebno je pripremiti 100 mL 10 %-tne otopine natrijevog klorida. Za provođenje potrebnog proračuna neophodan je podatak o gustoći 10 %-tne otopine natrijevog klorida koja iznosi  $1,063 \text{ g mL}^{-1}$ . Nakon provedenog proračuna, odvagani izračunatu masu natrijevog klorida. Sada možeš odvagani natrijev klorid prebaciti u čašu i dodati potreban volumen destilirane vode ili jednostavno prebaci natrijev klorid u odmjernu tikvicu od 100 mL. Dodaj destilirane vode do polovice i otopi sav natrijev klorid. Zatim nadopuni tikvicu vodom do oznake.

## RAZRJEĐIVANJE OTOPINA

### Uvod:

Kod razrjeđivanja otopina smanjuje se koncentracija otopine. To je jasno vidljivo iz definicijske jednadžbe množinske koncentracije:

$$c = \frac{n}{V} .$$

Razrjeđivanjem povećavamo volumen otopine, a kako su koncentracija i volumen obrnuto proporcionalne veličine, time smanjujemo koncentraciju. Ono što je vrlo važno kod toga je da **količina tvari tijekom razrjeđivanja ostaje nepromijenjena**. Isto vrijedi i za masu tvari.

Uobičajeno je da se veličine koje se odnose na stanje prije razrjeđivanja otopine označavaju subskriptom 1, a veličine koje odgovaraju stanju nakon razrjeđivanja označavaju se subskriptom 2.

Kako je količina tvari prije i poslije razrjeđivanja jednaka, možemo pisati:

$$n_1 = n_2 ,$$

odnosno

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 .$$

Pri tome su  $n_1$ ,  $c_1$  i  $V_1$  oznake množine, koncentracije i volumena prije razrjeđivanja, a  $n_2$ ,  $c_2$  i  $V_2$  oznake tih istih veličina nakon razrjeđivanja. Općenito možemo napisati:

$$\textit{koncentracija}_1 \cdot \textit{volumen}_1 = \textit{koncentracija}_2 \cdot \textit{volumen}_2 .$$

Ukoliko se pridržavamo ovog pravila možemo izračunati potreban volumen do kojega trebamo razrijediti otopinu neke koncentracije da bi se dobila otopina zadane koncentracije. Pritom koncentracija otopine može biti izražena i kao masena koncentracija, pa vrijedi:

$$\gamma_1 \cdot V_1 = \gamma_2 \cdot V_2 .$$

Kada kupujemo otopine kiselina ili lužina za rad u laboratoriju, na etiketi koja je zalijepljena na odgovarajućoj boci rijetko se ili nikad ne nalazi podatak o koncentraciji. Podaci koji stoje na etiketi najčešće su: gustoća i maseni udio.

Kiseline i lužine koje se kupuju jesu koncentrirane, te ih je za rad u laboratoriju potrebno razrijediti. U prethodnom razmatranju u jednadžbama nigdje nije navedena ni gustoća ni maseni udio, te to može predstavljati poteškoće prilikom određivanja volumena koncentrirane kiseline ili lužine koju je potrebno razrijediti.

Taj se problem može riješiti na više načina. Ovdje ćemo navesti jedan od njih. Želimo, na primjer, prirediti 500 mL otopine sumporne kiseline koncentracije  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Na raspolaganju za to imamo koncentriranu otopinu kiseline gustoće  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$  i masenog udjela  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  ili 96%. Potrebno je, dakle, izračunati volumen koncentrirane kiseline koji je potrebno razrijediti na 500 mL da bi koncentracija takve otopine onda bila  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ .

Najprije ćemo razvrstati navedene podatke na način pomoću kojega ćemo vidjeti koji se podaci odnose na stanje prije, a koji na stanje nakon razrjeđivanja. To razvrstavanje ćemo provesti tako da svakom podatku pridružimo određeni subskript kako je to prethodno navedeno. Slijedi:

$$\begin{aligned}\rho_1(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 1,84 \text{ g mL}^{-1}, \\ w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 0,96, \\ c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 0,5 \text{ mol L}^{-1}, \\ V_2(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 500 \text{ mL}.\end{aligned}$$

Ono što se traži jest volumen kiseline koju imamo na raspolaganju, znači prije razrjeđivanja. Taj volumen možemo označiti kao  $V_1(\text{H}_2\text{SO}_4)$ . Vidljivo je da nam nedostaje podatak o koncentraciji kupovne otopine kiseline, kojega označavamo s  $c_1(\text{H}_2\text{SO}_4)$ . Taj podatak možemo izračunati pomoću masenog udjela i gustoće. Može se pokazati da vrijedi:

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{\rho_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot w_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}.$$

Uvrštavajući podatke za maseni udio i gustoću te rješavanjem jednadžbe dobivamo rezultat koji iznosi  $c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18 \text{ mol L}^{-1}$ . Sada je vrlo jednostavno, pomoću pravila za razrjeđivanje, izračunati traženi volumen,  $V_1(\text{H}_2\text{SO}_4)$ :

$$V_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c_1(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 13,9 \text{ mL}.$$

Dakle, za pripremanje 500 mL otopine sumporne kiseline koncentracije  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , potrebno je 13,9 mL 96 %-tne sumporne kiseline razrijediti na volumen od 500 mL.

### **POKUS 10.3. Razrjeđivanje otopine klorovodične kiseline**

**Zadatak:** Pripremi 250 mL otopine klorovodične kiseline koncentracije  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ . Na raspolaganju imaš otopinu klorovodične kiseline koncentracije  $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ .

**Pribor i kemikalije:** odmjerna tikvica od 250 mL, lijevak, menzura od 100 mL, klorovodična kiselina,  $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , destilirana voda.

**Postupak:** Prema pravilu razrjeđivanja odredi volumen otopine klorovodične kiseline,  $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , kojeg je potrebno razrijediti na volumen od 250 mL da bi se dobila otopina tražene koncentracije. Menzutom odmjeri potreban volumen otopine klorovodične kiseline,  $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , i prelij u odmjernu tikvicu od 250 mL preko staklenog lijevka. Pomoću boce štrcaljke nadopuni destiliranom vodom odmjernu tikvicu do oznake.

### **POKUS 10.4. Razrjeđivanje koncentrirane otopine sumporne kiseline**

**Zadatak:** Pripremi 500 mL otopine sumporne kiseline koncentracije  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol L}^{-1}$ . Na raspolaganju imaš koncentriranu otopinu sumporne kiseline masenog udjela,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  i gustoće  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$ .

**OPREZ:** Rad s koncentriranom kiselinom. Obavezno koristiti zaštitne rukavice i naočale.

**Pribor i kemikalije:** odmjerna tikvica od 500 mL, lijevak, trbušasta pipeta od 50 mL, graduirana pipeta od 10 mL, propipeta, otopina sumporne kiseline masenog udjela,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96$  i gustoće  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$ , destilirana voda.

**Postupak:** Izračunaj koliki je volumen koncentrirane sumporne kiseline potrebno razrijediti na volumen od 500 mL da bi se dobila otopina koncentracije  $2 \text{ mol L}^{-1}$ .

Odmjeri menzutom 200 mL vode i odlij u odmjernu tikvicu. Služeći se pipetama i propipetom odmjeri izračunati volumen kiseline i pažljivo ulij u odmjernu tikvicu. Tijekom dodavanja sumporne kiseline povremeno lagano promiješaj odmjernu tikvicu.

Nakon dodatka sumporne kiseline pričekaj da se tikvica ohladi na sobnu temperaturu te ju nadopuni destiliranom vodom do oznake.