

OTOPINE-pravilo zvijezde

1. Kvantitativno izražavanje sastava

udjeli

$$x(A) = \frac{n(A)}{\sum n_i} \quad \text{množinski udio}$$

$$w(A) = \frac{m(A)}{\sum m_i} \quad \text{maseni udio}$$

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{\sum V_i} \quad \text{volumni udio}$$

ukupni volumen

$$b(A) = \frac{n(A)}{m(\text{otapala})} \quad \text{mol/kg} \quad \text{molalnost}$$

koncentracije

masena

$$\gamma(A) = \frac{m(A)}{V} \quad \text{kg/m}^3$$

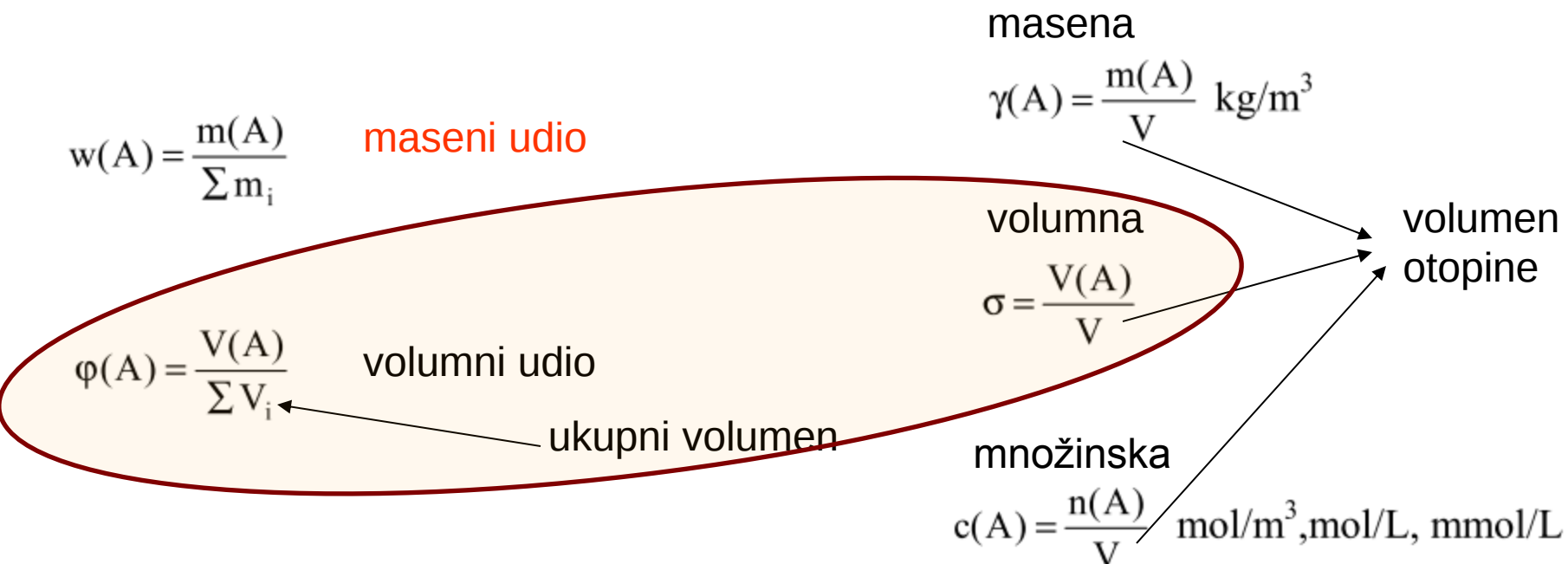
volumna

$$\sigma = \frac{V(A)}{V}$$

množinska

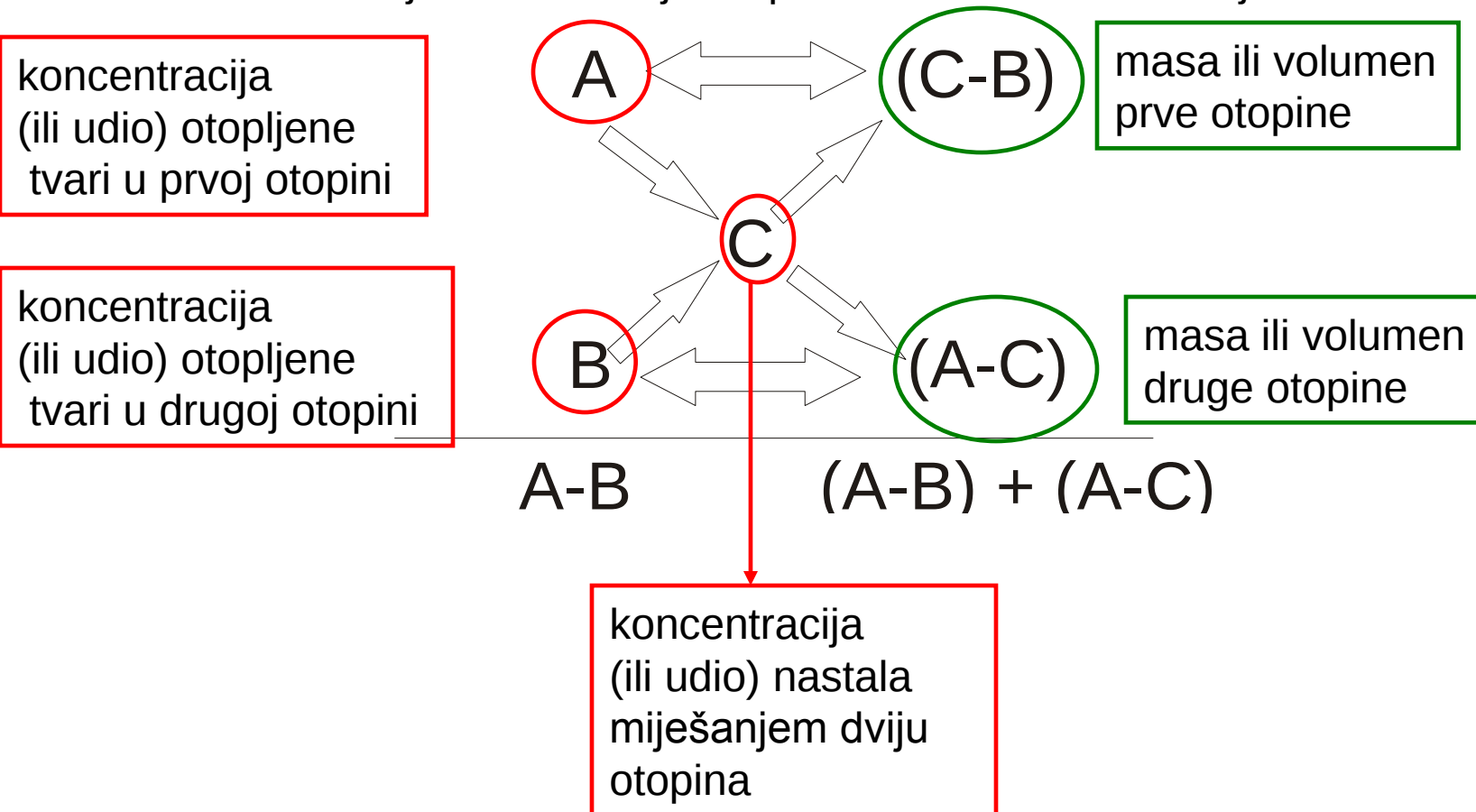
$$c(A) = \frac{n(A)}{V} \quad \text{mol/m}^3, \text{mol/L, mmol/L}$$

volumen
otopine



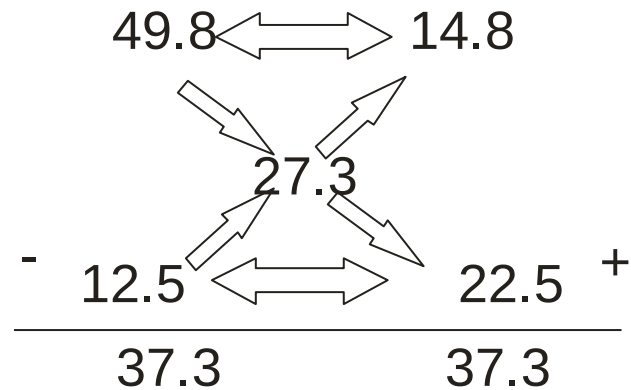
2. Pravilo zvijezde

Zvijezda služi za izračunavanje omjera u kojemu treba **pomiješati dvije istovrsne otopine** različitih koncentracija za dobivanje otopina tražene koncentracije.



2.1 Pravilo zvijezde-primjer 1

Koliko 12.5% kalijeve lužine treba pomiješati sa 38.6 kg 49.8 % lužine da se dobije 27.3 % lužina? Koliko nastaje 27.3 % kalijeve lužine?



Iz zvijezde slijedi da je potrebno pomiješati 14.8 kg 49.8 % lužine sa 22.5 kg 12.5 % lužine da se dobije 37.3 kg 27.3 % lužine.

Stavljamo u omjer:

14.8 kg (49.8% KOH) ~ 22.5 kg (12.5% KOH)

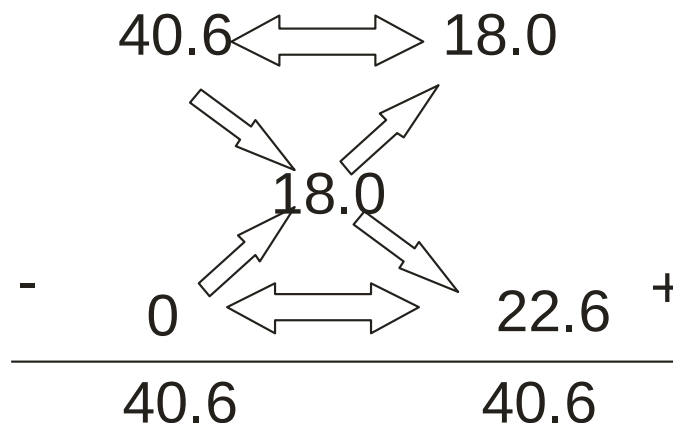
38.6 kg (49.8 % KOH) ~ x kg (12.5% KOH)

Potrebno 12.5 % lužine $(22.5/14.8) \times 38.6 = 58.7$ kg

Nastaje lužine $58.7+38.6 = 97.3$ kg

2.2 Pravilo zvijezde-primjer 2

S koliko vode treba razrijediti 40.6 % HF za dobivanje 85.4 kg 18% kiseline? Koliko treba uzeti 40.6 % kiseline?



Iz zvijezde slijedi da treba pomiješati 22.6 g vode sa 18.0 g 40.6 % HF da se dobije 40.6 g 18.0 % kiseline,

40.6 g 18.0 % HF ~ 22.6 g vode

85.4 g 18.0 % HF ~ x g vode

$x = 22.6 \times 85.4 / 40.6 = 47.5$ g vode

40.6 g (18.0 % HF) ~ 18.0 g (40.6 % HF)

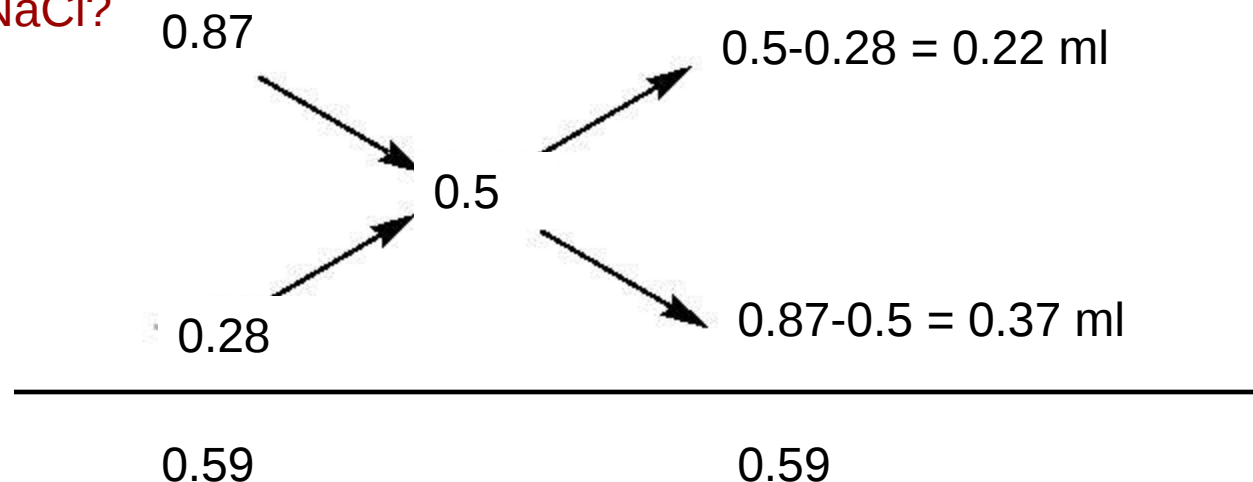
85.4 g (18.0 % HF) ~ y g (40.6 % HF)

$y = 18 \times 85.4 / 40.6 = 37.9$ g (40.6 % HF)

Za 85.4 g 18% HF potrebno je pomiješati 37.9 g (40.6 % HF) s 47.5 g vode.

2.3 Pravilo zvijezde-primjer 3

Koje volumene 0.28 M i 0.87 M otopine NaCl treba međusobno pomiješati za dobivanje 545 ml 0.5 M otopine NaCl?



potrebno 0.87 M NaCl

0.59 ml 0.5 M NaCl ~ 0.22 ml 0.87 M NaCl

545 ml 0.5 M NaCl ~ x ml 0.87 M NaCl

$$x = (545 \text{ ml} \times 0.22 \text{ ml} / 0.59 \text{ ml}) = 203.22 \text{ ml } 0.87 \text{ M NaCl}$$

potrebno 0.28 M NaCl

0.59 ml 0.5 M NaCl ~ 0.37 ml 0.28 M NaCl

545 ml 0.5 M NaCl ~ x ml 0.28 M NaCl

$$x = (545 \text{ ml} \times 0.37 \text{ ml} / 0.59 \text{ ml}) = 341.78 \text{ ml } 0.28 \text{ M NaCl}$$

Za pripravu 545 mL 0.5M otopine NaCl treba pomiješati 341.8mL 0.28M i 203.2mL 0.87M otopine.

2.4 kristalizacija iz otopina

Topljivost KNO_3 na 75°C je 155 g, a na 25°C 38 g na 100 g vode. Koja masa KNO_3 će iskristalizirati iz otopine ako točno 100 g zasićene vodene otopine KNO_3 sa 75°C ohladimo na 25°C ?

$$m(\text{otopine}, 75^\circ\text{C}) = 100 \text{ g}$$

$$m(\text{iskristaliziranog } \text{KNO}_3 \text{ na } 25^\circ\text{C}) = m(\text{otopine}, 75^\circ\text{C}) - m(\text{otopine}, 25^\circ\text{C})$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{na } 75} = m(\text{H}_2\text{O})_{\text{na } 25}$$

$$w(\text{KNO}_3, 75^\circ\text{C}) = (155 \text{ g} / 255 \text{ g}) \times 100\% = 60.8\%$$

$$w(\text{H}_2\text{O}, 75^\circ\text{C}) = 100\% - 60.8\% = 39.2\%$$

$$w(\text{KNO}_3, 25^\circ\text{C}) = (38 \text{ g} / 138 \text{ g}) \times 100\% = 27.5\%$$

$$w(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 100\% - 27.5\% = 72.5\%$$

$$m(\text{KNO}_3 \text{ u } 100 \text{ g zasićene otopine na } 75^\circ\text{C}) = 100 \text{ g} \times (60.8\% / 100\%) = 60.8 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O u } 100 \text{ g zasićene otopine na } 75^\circ\text{C}) = 100 \text{ g} - 60.8 \text{ g} = 39.2 \text{ g}$$

masa vode na 25°C je ista, ali je masa otopine manja jer je dio KNO_3 kristalizirao

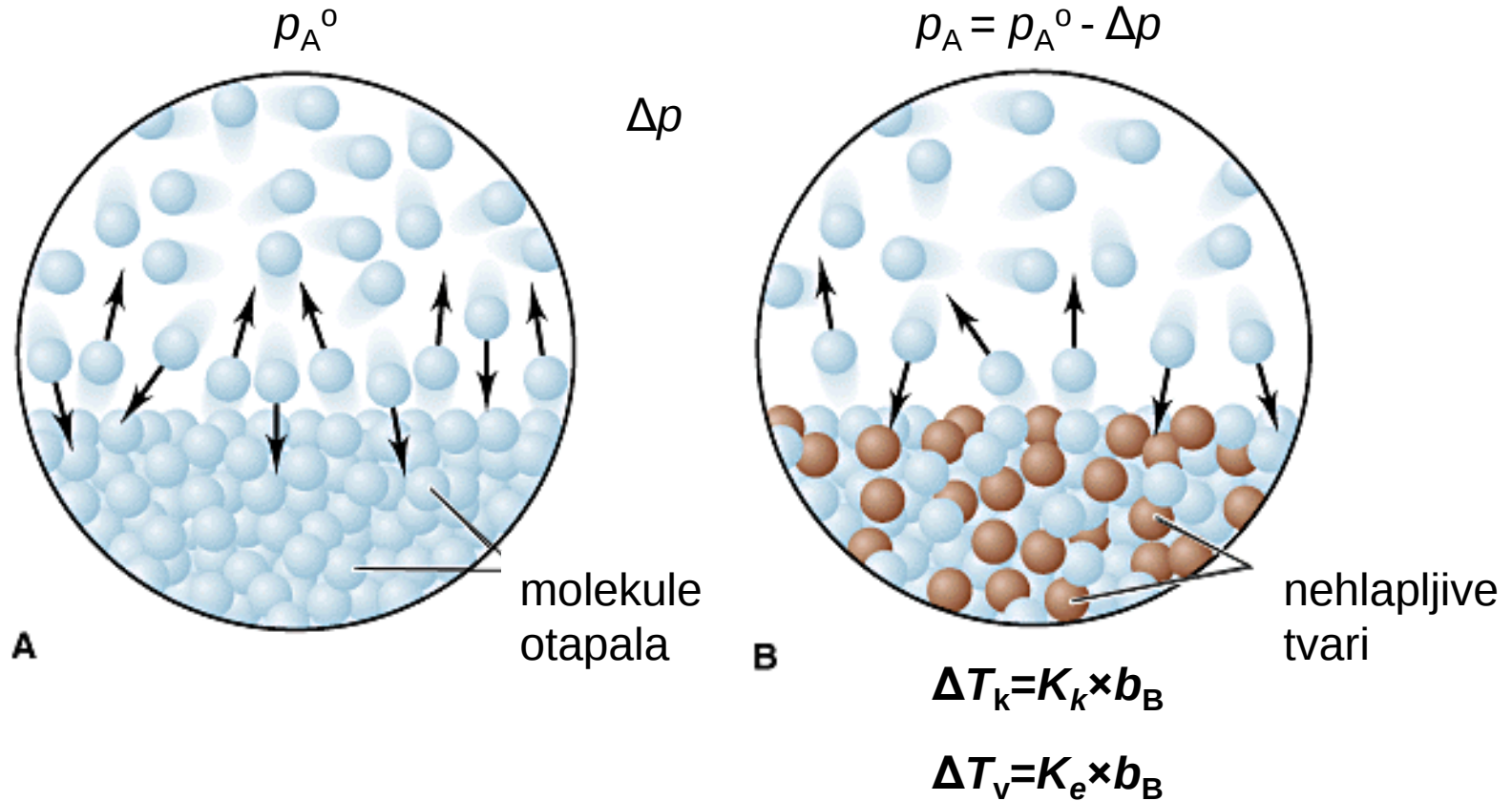
$$m(\text{otopine}, 25^\circ\text{C}) = m(\text{H}_2\text{O}) / (w(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) / 100\%) = 39.2 \text{ g} / (72.5\% / 100\%) = 54.1 \text{ g}$$

$$m(\text{iskristaliziranog } \text{KNO}_3 \text{ na } 25^\circ\text{C}) = m(\text{otopine}, 75^\circ\text{C}) - m(\text{otopine}, 25^\circ\text{C})$$

$$m(\text{iskristaliziranog } \text{KNO}_3 \text{ na } 25^\circ\text{C}) = 100 \text{ g} - 54.1 \text{ g} = 45.9 \text{ g}$$

KOLIGATIVNA SVOJSTVA

3. sniženje ledišta (krutišta) i povišenje vrelišta



$$\Delta p = p_A^0 \times x_B, \quad \Delta p \text{ je proporcionalno } \Delta T \quad \Rightarrow \quad \Delta T = K_x \times x_B$$

Kako su koligativna svojstva ona koja ovise o BROJU, a ne o prirodi tvari, tada će ona u otopinama elektrolita ovisiti o broju iona na koje disocira sol

$$\Delta T = i K_B \times b_B$$

i – Van't Hoffov faktor je broj čestica nakon disocijacije/broj čestica prije disocijacije

3.1 sniženje ledišta (krutišta) i povišenje vrelišta-primjer 1

Etilen glikol, $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$, je uobičajeni antifriz za automobilske motore. U vodi je topljiv i nehlapljiv je spoj (vrelište mu je na 197°C) Izračunajte ledište i vrelište otopine koja sadrži 641 g etilen glikola u 2 505 g vode. K_f vode je $1.86\text{ K kg mol}^{-1}$, a $K_b = 0.52\text{ K kg mol}^{-1}$.

$$M = 62.01\text{ g mol}^{-1}$$

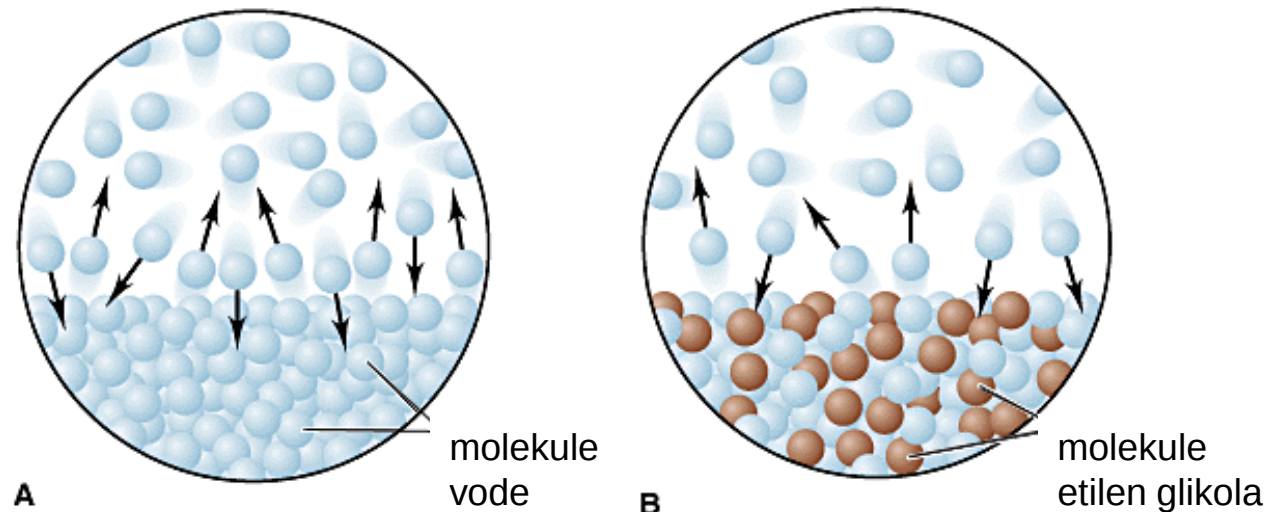
$$b = n / m(\text{H}_2\text{O}) = 641\text{ g} / 62.01\text{ g mol}^{-1} \times 2\,505\text{ g} = 0.00419\text{ mol g}^{-1} = 4.19\text{ mol kg}^{-1}$$

$$\Delta T_f = K_f \times b = 1.86\text{ K kg mol}^{-1} \times 4.19\text{ mol kg}^{-1} = 7.79\text{ K}$$

$$t_f = -7.79^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_b = K_b \times b = 0.52\text{ K kg mol}^{-1} \times 4.19\text{ mol kg}^{-1} = 2.2\text{ K}$$

$$t_b = 102.2^\circ\text{C}$$



3.2 sniženje ledišta (krutišta) i povišenje vrelišta-primjer 2

Neki spoj ima empirijske formule C_5H_4 ($M_{C_5H_4} = 64 \text{ g mol}^{-1}$). Ukoliko se 7.85 g tog spoja otopi u 301 g benzena ledište tako priređene otopine nalazi se 1.05°C ispod ledišta čistog benzena.

Koja je molarna masa i molekulska formula tog spoja? K_f benzena je $5.12 \text{ K kg mol}^{-1}$.

$M = m / n$ preko molaliteta

$n = m / M = 7.85 \text{ g} / 64 \text{ g mol}^{-1} = 0.123 \text{ mol}$

$b = \Delta T_f / K_f = 1.05 \text{ K} / 5.12 \text{ K kg mol}^{-1} = \mathbf{0.205 \text{ mol/kg}}$

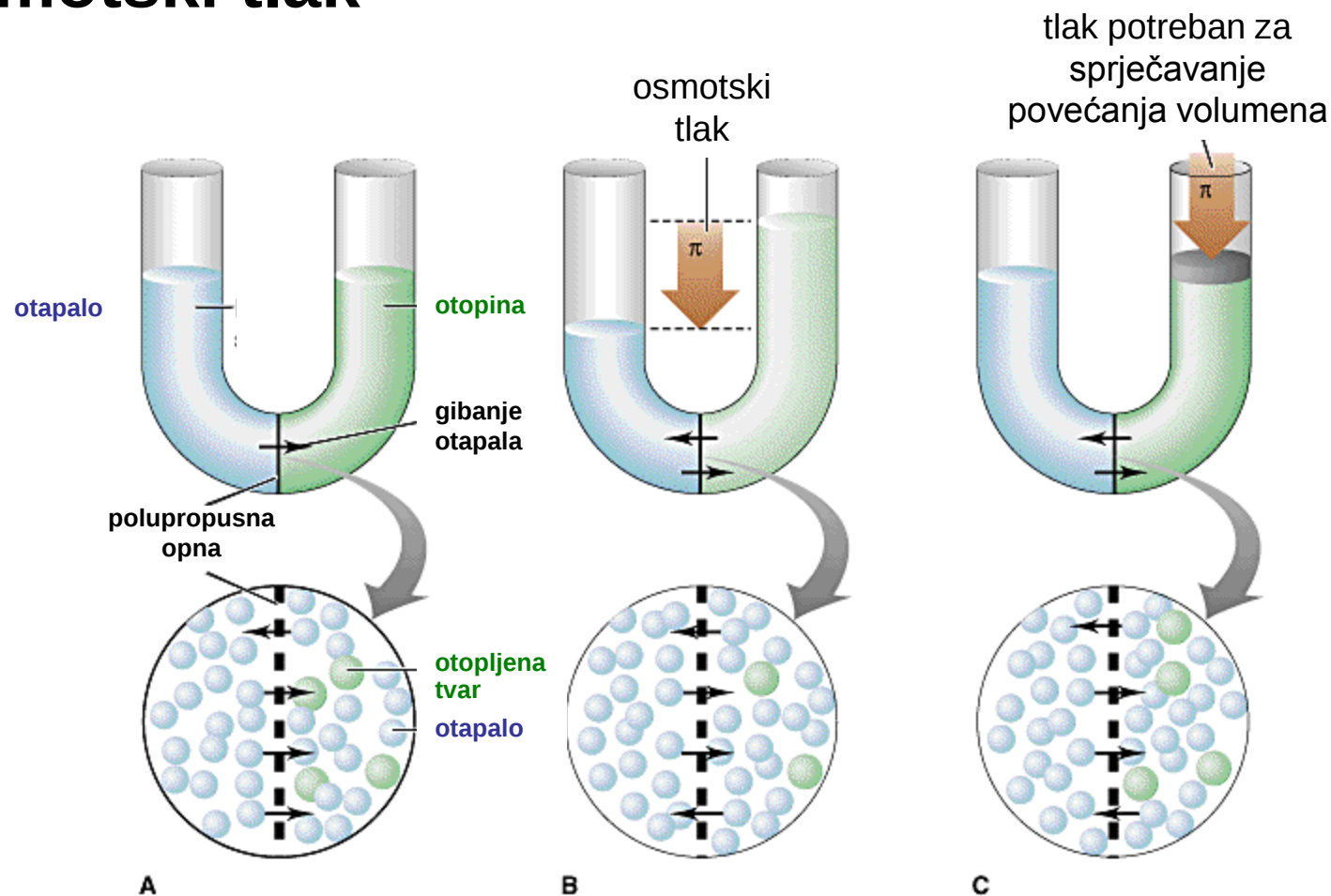
$0.205 \text{ mol } (C_5H_4) \sim 1 \text{ kg (benzena)}$
 $n \text{ mol } (C_5H_4) \sim 0.301 \text{ kg (benzena)}$

$n = 0.301 \text{ kg} \times 0.205 \text{ mol} / 1 \text{ kg} = \mathbf{0.0617 \text{ mol}}$

$M_{(MF)} = m / n = 7.85 \text{ g} / 0.0617 \text{ mol} = \mathbf{127.23 \text{ g mol}^{-1}}$

Na osnovu eksperimentalnih podataka dobivena je dvostruko veća molekulska masa nego što odgovara empirijskoj formuli, što znači da u otopini ima dvostruko manje čestica (0.0617 mol) nego što bi ih bilo da molekulska formula odgovara empirijskoj formuli (0.123 mol). Stoga se molekula spoja mora sastojati od dvije jedinice empirijske formule, pa molekulska formula mora biti $C_{10}H_8$.

4. osmotski tlak



Osmotski tlak, Π , je tlak kojim treba tlačiti otopinu da se spriječi prodiranje molekula otapala kroz prolupropusnu opnu.

$$\Pi = i \times c \times R \times T$$

i – Van't Hoffov faktor je broj čestica nakon disocijacije/broj čestica prije disocijacije

4.1 osmotski tlak-primjer 1

Prosječni osmotski tlak morske vode iznosi 30 atm na 25 °C. Izračunajte molarnu koncentraciju vodene otopine uree koja je izotonična s morskom vodom.

Izotonične otopine su otopine koje imaju isti osmotski tlak

$$\Pi = cRT$$

$$c = 30 \text{ atm} / (0.082 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}) = 1.23 \text{ mol dm}^{-3}$$

4.2 osmotski tlak-primjer 2

Otopina je pripravljena otapanjem 35 g hemoglobina (Hb) u dovoljno vode tako da je ukupni volumen otopine 1 L. Ako je na 25°C osmotski tlak otopine 10 mmHg izračunajte molarnu masu Hb.

$$101325 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$$

$$c = \Pi / RT = 10 \text{ mmHg} / (62.363 \text{ dm}^3 \text{ mmHg K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}) = 5.384 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$n(\text{Hb}) = 5.384 \times 10^{-4} \text{ mol}; m(\text{Hb}) = 35 \text{ g}$$

$$M(\text{Hb}) = 35 \text{ g} / (5.384 \times 10^{-4} \text{ mol}) = 6.51 \times 10^4 \text{ g mol}^{-1}$$

4.3 osmotski tlak-primjer 3

Osmotski tlakovi 0.01 M otopina kalijevog jodida (KI) i šećera na 25°C iznose 0.465 atm i 0.245 atm. Izračunajte koliki je van't Hoffov faktor za 0.01 M otopinu KI.

NAPOMENA: Kako su koligativna svojstva ona koja ovise o BROJU, a ne o prirodi tvari, tada će ona u otopinama elektrolita ovisiti o broju iona na koje disocira sol

$$\Pi = icRT$$

i – Van't Hoffov faktor je broj čestica nakon disocijacije/broj čestica prije disocijacije

Osmotski tlak je direktno proporcionalan broju čestica otopljene tvari

$$\left. \begin{array}{l} \text{za šećer koji nije elektrolit } i = 1 \text{ i } \Pi_{\text{šećer}} = c_{\text{šećer}} \times RT \\ \text{za KI koji je elektrolit } i_{\text{KI}} \neq 1 \text{ i } \Pi_{\text{KI}} = i_{\text{KI}} \times c_{\text{KI}} \times RT \end{array} \right\} c_{\text{KI}} = c_{\text{šećer}} = 0.01 \text{ M}$$

U otopinama koje imaju istu koncentraciju osmotski tlakovi su direktno proporcionalan njihovim van't Hoffovim faktorima

$$i_{\text{KI}} = \Pi_{\text{KI}} / \Pi_{\text{šećer}} = 0.465 \text{ atm} / 0.245 \text{ atm} = 1.9$$

4.4 osmotski tlak-primjer 4

Otopina NaCl s $w = 0.86 \%$ NaCl naziva se fiziološka otopina jer je njen osmotski tlak jednak tlaku otopine u krvnim stanicama. Izračunajte osmotski tlak fiziološke otopine pri normalnoj temperaturi tijela (37°C), ako je njena gustoća 1.005 g/mL .

$$\Pi = i_{\text{NaCl}} cRT$$

$$i_{\text{NaCl}} \approx 2$$

$$\Pi = 2 \times cRT$$

za 1 L otopine $m = 1005 \text{ g}$

$$m(\text{NaCl}) = 1005 \times 0.0086 = 8.954 \text{ g}$$

$$n(\text{NaCl}) = m/M = 8.945 \text{ g} / 58.442 \text{ g mol}^{-1} = 0.206 \text{ mol u 1 L otopine}$$

$$c(\text{NaCl}) = n/V = 0.206 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\Pi = 2 \times 0.206 \text{ mol L}^{-1} \times 0.0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 310 \text{ K} = 7.8 \text{ atm}$$

5. ZADACI

1. Zasićena otopina kalijevog nitrata pri 15°C filtriranjem je odvojena od neotopljenih kristala. U zdjelicu za isparavanje, mase 20.43 g stavljeno je nešto zasićene otopine kalijevog nitrata. Masa zdjelice s otopinom iznosila je 98.00 g, a nakon isparavanja otopine 35.95 g. Izračunajte topljivost kalijevog nitrata pri 15°C.
2. Apsorpcijski koeficijent kisika u vodi pri 20°C iznosi 0.031, a dušika 0.014. Izrazite topljivost kisika i dušika u jedinicama koncentracije.
3. Koeficijent razdjeljivanja Fe^{3+} iona između etera i razrijeđene otopine klorovodične kiseline iznosi 99. Pri ekstrakciji su upotrebljeni jednaki volumeni etera i vodene otopine. Izračunajte koncentraciju Fe^{3+} iona u vodenoj fazi nakon tri procesa ekstrakcije, ako je početna koncentracija Fe^{3+} iona u vodenoj fazi bila 1 mol dm^{-3} .
4. Izračunajte osmotski tlak otopine šećera ako je koncentracija otopine 1 mol dm^{-3} , a temperatura otopine 0°C.
5. U otopini nekog proteina masene koncentracije 40 g dm^{-3} izmjeren je osmotski tlak 1603 Pa pri 25°C. Izračunajte molarnu masu proteina.

5. ZADACI

6. U otopini nekog elektrolita koncentracije 0.05 mol dm^{-3} pri temperaturi 300 K, izmjeren je osmotski tlak od 370 kPa. Na koliko iona disocira „molekula elektrolita“?
7. Otopili smo 1 mol šećera u 20 molova vode. Koliki je tlak pare iznad otopine pri 20°C ?
8. Otopi se 20 g neke nepoznate tvari u 270 g čiste vode. Tlak para dobivene otopine pri 25°C iznosi 3040 Pa. Pri istoj temperaturi čista voda ima tlak pare 3167 Pa. Izračunajte molarnu masu nepoznate tvari.
9. Otopina koja sadrži 2.25 g kamfora u 100 g acetona ima vrelište 56.25°C , a vrelište čistog acetona je 56.00°C . Izračunajte ebullioskopsku konstantu za aceton ako je relativna molekulska masa kamfora 152.
10. Čisti etanol ima vrelište pri 78.26°C . Ebullioskopska konstanta za etanol iznosi $K_b = 1.22 \text{ K kg mol}^{-1}$. Izračunajte vrelište otopine koja sadrži 5 g fenola u 80 g etanola.