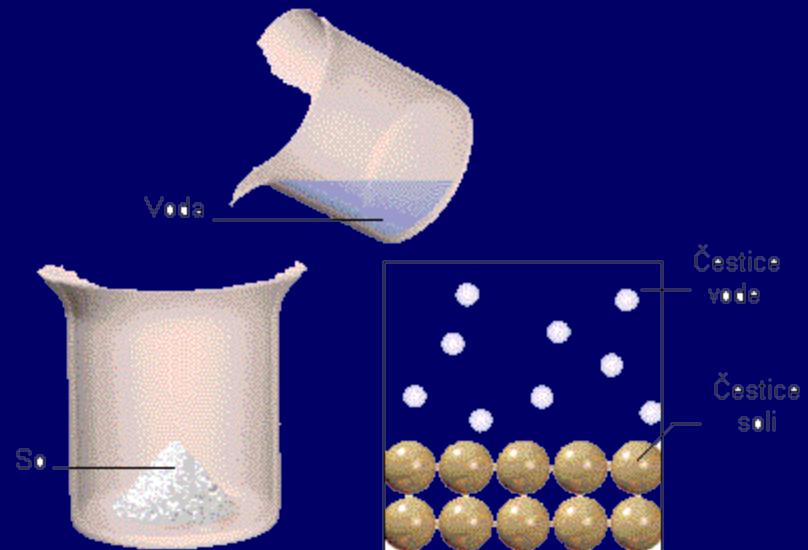


# RASTVORI



Rastvor predstavlja homogenu smešu dve ili više komponenti.

Uslovna podela komponenata na rastvorak i rastvarač:

Rastvarač je komponenta koja ima isto agregatno stanje kao i dobijeni rastvor.  
Rastvarač predstavlja komponentu ili više komponenti koje čine količinski ili zapreminske dominantnu fazu.

Rastvorak predstavlja jednu ili više komponenti bilo kog faznog stanja dispergovanih u jednoj ili više drugih komponenata koji čine količinski ili zapreminske dominantnu fazu.

# PODELA RASTVORA

Vrste rastvora u odnosu na dominantnu fazu: gasni, tečni i čvrsti rastvori		rastvorak		
rastvarač	gas	gas	tečno	čvrsto
	tečno	Vazduh	Vodena para u vazduhu	Naftalen u vazduhu; Dim
	čvrsto	Ugljen dioksid u vodi; Kiseonik u vodi	Etanol u vodi; Ugljovodonici u nafti	Saharoza u vodi; Natrijum hlorid u vodi; Zlato u živi
		Vodonik u metalima, npr. platini	Heksan u parafinskom vosku; Živa u zlatu	Metalne legure <sup>3</sup>

## ***Vrste rastvora u odnosu na vrstu i veličinu čestica rastvorka:***

### **Pravi rastvori**

- rastvorak u rastvaraču dispergovan u obliku molekula, atoma ili jona
- čestice rastvorka reda veličine 0,1-1 nm
- rastvori su homogeni, monofazni

### **Koloidni rastvori**

- Rastvorak dispergovan u rastvaraču u obliku agregacija ili skupina molekula, atoma ili jona, nanelektrisanih graničnih površina agregacije reda veličine 1-100 nm

### **Suspenzije i emulzije**

- čvrsta faza dispergovana u tečnosti (suspenzija) i tečnost dispergovana u tečnosti (emulzija) u obliku agregacija molekula, atoma ili jona
- agregacije reda veličine veće od 100 nm

### **Grube disperzije**

- rastvor dispergovan u obliku agregacija molekula, atoma ili jona uočljive golim okom

# RASTVORLJIVOST

Rastvorljivost s je osobina rastvorka da obrazuje pravi rastvor tako da je količina rastvorka maksimalno moguća u datom rastvaraču na datoj temperaturi i pritisku.

- neograničena rastvorljivost ( $s \rightarrow \infty$ )

Komponente rastvora mogu da se mešaju u svim razmerama.

Primer: rastvor etil alkohola i vode.

- delimična rastvorljivost rastvorka ( $s \neq 0$ )

Nezasićeni, zasićeni i presičeni rastvori:

Rastvor maksimalno moguće koncentracije naziva se zasićeni rastvor.

Rastvor manje koncentracije rastvorka od maksimalno moguće se naziva nezasićen rastvor.

Rastvor koji sadrži više rastvorene supstance nego zasićen rastvor se naziva presičen rastvor.

- apsolutna nemešljivost komponenata ( $s = 0$ )

Rastvorljivost s - količina rastvorka u gramima rastvorenog u sto grama rastvarača. Obeležava se razlomkom 1/100. Rastvorljivost se može izraziti i preko molskog udela rastvorka, molariteta, zapreminskih procenata, molaliteta .

## Faktori koji utiču na rastvorljivost

- Vrsta rastvorene supstance i rastvarača
- Temperatura
- Pritisak

Eksperimentalno pravilo: SLIČNO SE RASTVARA U SLIČNOM

Primer: Polarna supstanca u polarnom rastvaraču, natrijum hlorid u vodi

- Rastvorljivost čvrstih supstanci u tečnostima
- Rastvorljivost tečnosti u tečnostima
- Rastvorljivost gasova u tečnostima



# RASTVORLJIVOST GASOVA U TEČNOSTIMA

Rastvorljivost gasova u tečnostima zavisi od:

- Prirode gasa i rastvarača
- Temperature
- Pritisaka gasa koji je u dodiru sa tečnošću

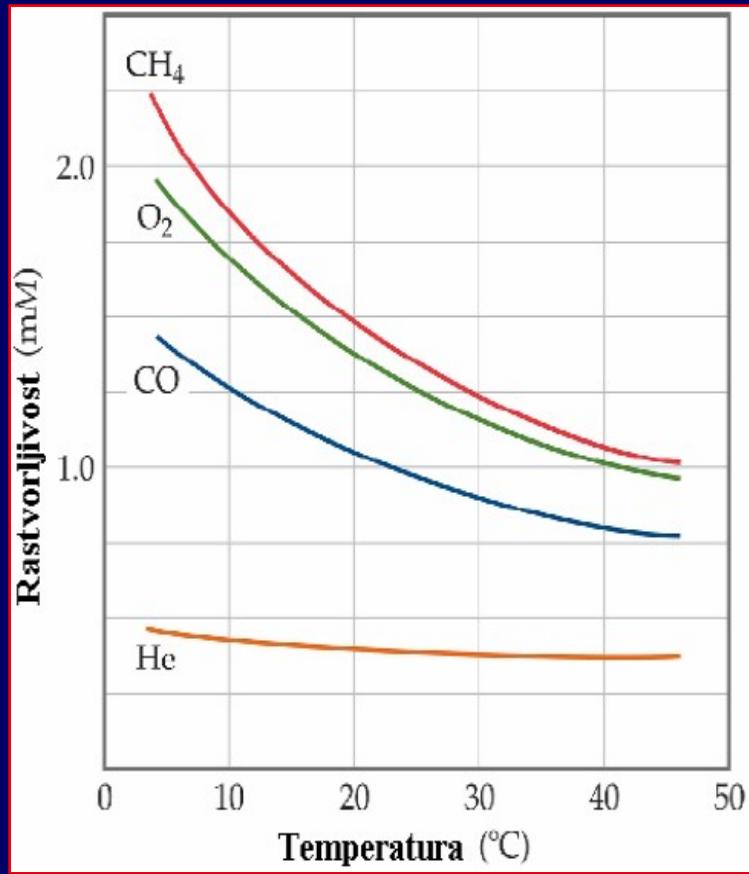
Uticaj prirode gasa na rastvorljivost raznih gasova u vodi

- Gasovi koji hemijski ne reaguju sa vodom slabo se u njoj rastvaraju ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{He}$ )
- Gasovi koji se dobro rastvaraju u vodi sa njom reaguju hemijski ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ...)



## Uticaj temperature na rastvorljivost gasova u tečnostima

Rastvorljivost gasova u tečnosti je obrnuto srazmerna temperaturi.  $S \sim 1/T$



Rastvorljivost gasova u vodi na raznim temperaturama  
(dm<sup>3</sup> gasa / dm<sup>3</sup> vode)

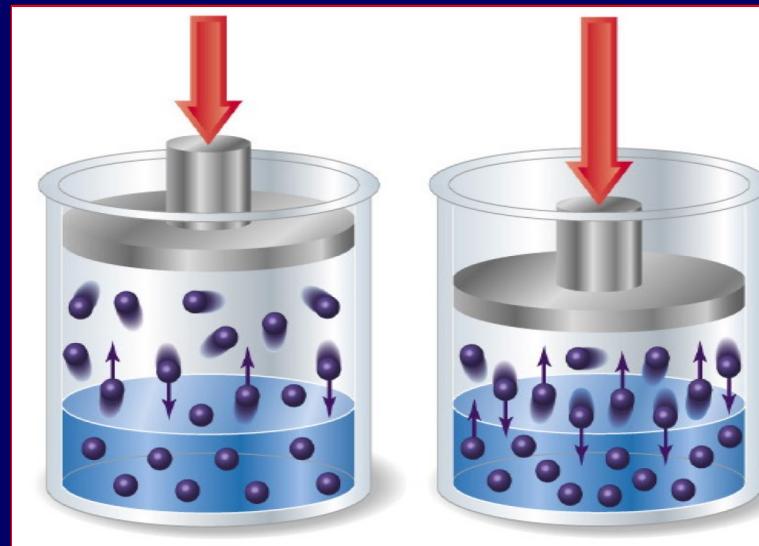
Gas	Rastvorljivost pri temperaturi (°C)		
	0	20	40
N <sub>2</sub>	0,0236	0,0160	0,0125
O <sub>2</sub>	0,049	0,031	0,023
CO <sub>2</sub>	1,713	0,878	0,530
NH <sub>3</sub>	1300	710	508 <sup>8</sup>

## Uticaj pritiska na rastvorljivost gasova u tečnostima

Za slabo rastvorne gasove rastvorljivost  $s_i$  gasa u određenom rastvaraču je proporcionalna naponu pare  $P_i$  (**Henri-Daltonov zakon**):

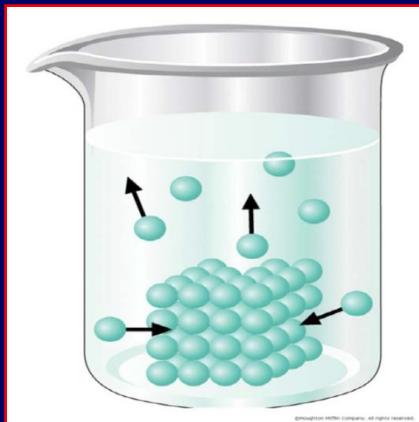
$$s_i = k_i P_i$$

$k_i$  - koeficijenat rastvorljivosti



# RASTVORLJIVOST ČVRSTIH SUPSTANCIJA U TEČNOSTI

Rastvaranje čvrste supstancije u tečnom rastvaraču u kome disosuje na jone i gradi pravi rastvor



$$K_s = \frac{a_{M^+} a_{X^-}}{a_{MX}} = a_{M^+} a_{X^-}$$

$$a = \gamma_{\pm} \cdot \frac{m}{m^0}$$

K – termodinamička konstanta ravnoteže

a - aktivnost

$$a_{MX} = 1$$

$\gamma_{\pm}$  - srednji koeficijent aktivnosti jona

m – molalitet

$m^0$  - molalitet u standardnom stanju, obično jedinične vrednosti

$$m^0 = 1 \text{ mol/kg}$$

$\gamma_{\pm} \approx 1$  u razblaženim rastvorima

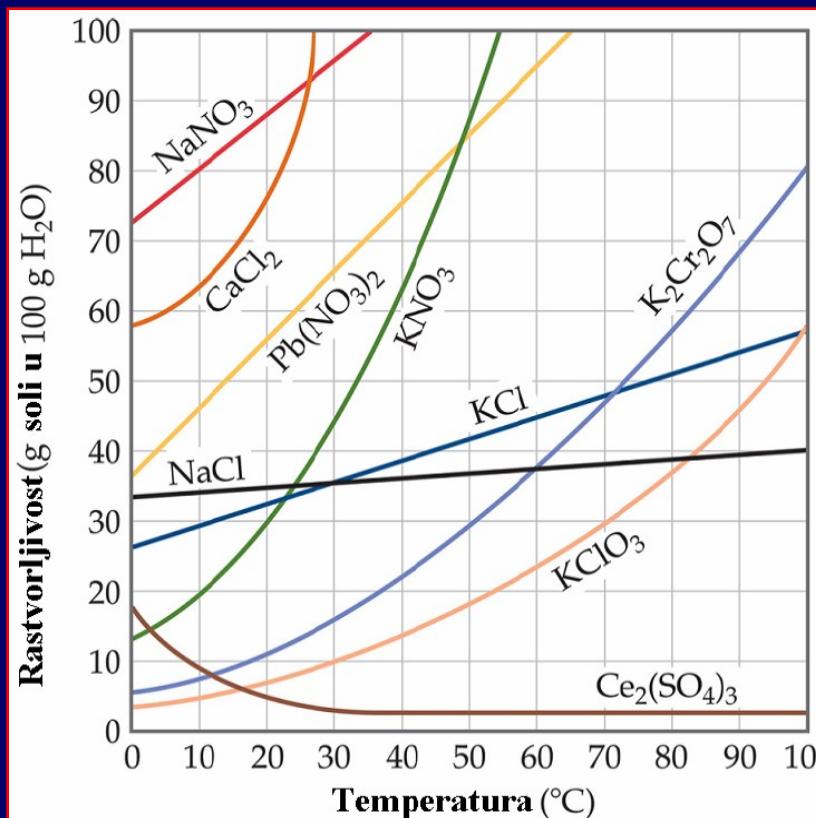
$$K_s \approx \left( \frac{s}{m^0} \right)^2$$

$$s = m$$

$$s = m^0 \sqrt{K_s} ; s = \sqrt{K_s} \text{ mol/kg}$$

## Uticaj temperature na rastvorljivost čvrstih supstanci u tečnostima

Rastvorljivost većine čvrstih supstanci u tečnostima raste sa porastom temperature, mada je u pojedinim slučajevima ova zavisnost složena.



Zavisnost rastvorljivosti s nekim čvrstih supstancija u vodi od temperature T  
pri atmosferskom pritisku.

# RASTVORLJIVOST - pregled

- Podela rastvora
- Rastvorljivost
- Načini izražavanja sastava rastvora
  - ⊖ molski udeo
  - ⊖ molarnost
  - ⊖ molalnost
  - ⊖ maseni procenat
- Faktori koji utiču na rastvorljivosti
  - ⊖ uticaj temperature i pritiska na rastvorljivost

# IDEALNI TEČNI RASTVORI

Idealni rastvori – rastvori kod kojih su međumolekulske interakcije približno iste između molekula u čistom stanju kao i u smeši.

$$F_{AA} = F_{BB} = F_{AB}$$

Idealne rastvore grade komponente koje imaju slična svojstva: molekuli slične veličine, strukture, molarne mase, brioskih polarnosti, unutrašnjeg i kritičnog pritiska.

Obrazovanje idealnih rastvora nije praćeno ni promenom zapremine ni nekim topotnim efektom.

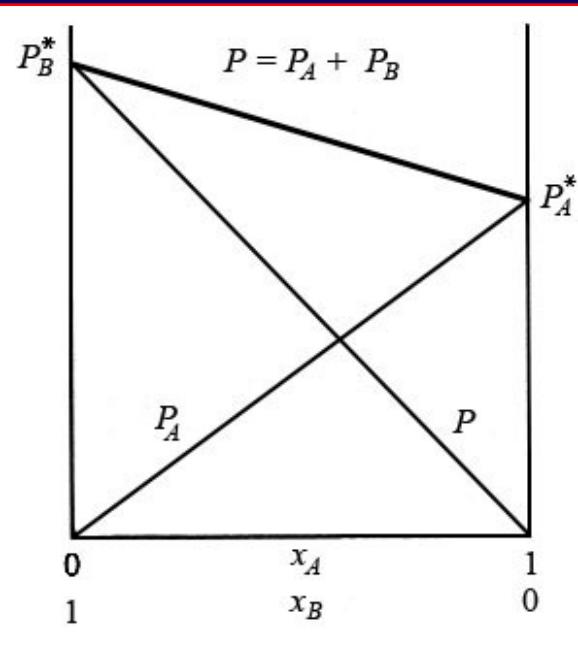
$$\Delta_{mix}V = 0 \quad \text{i} \quad \Delta_{mix}H = 0$$

Primer: izotopi i izotopna jedinjenja (osim vodnika i helijuma), izomerna jedinjenja, optički antipodi, n-heksan i n-heptan, etilbromid i etiljodid, n-butilhlorid i n-butilbromid i sl.

$$P_i = x_{i(l)} P_i^* \qquad \begin{aligned} P_A &= x_{A(l)} P_A^* \\ P_B &= x_{B(l)} P_B^* \end{aligned}$$

Raulov zakon: Napon pare i-te komponente  $P_i$  jednak je proizvodu molskog udela komponente  $x_i$  u rastvoru i napona pare  $P_i^*$  čiste komponente.

# DIJAGRAM NAPONA PARE IDEALNOG RASTVORA



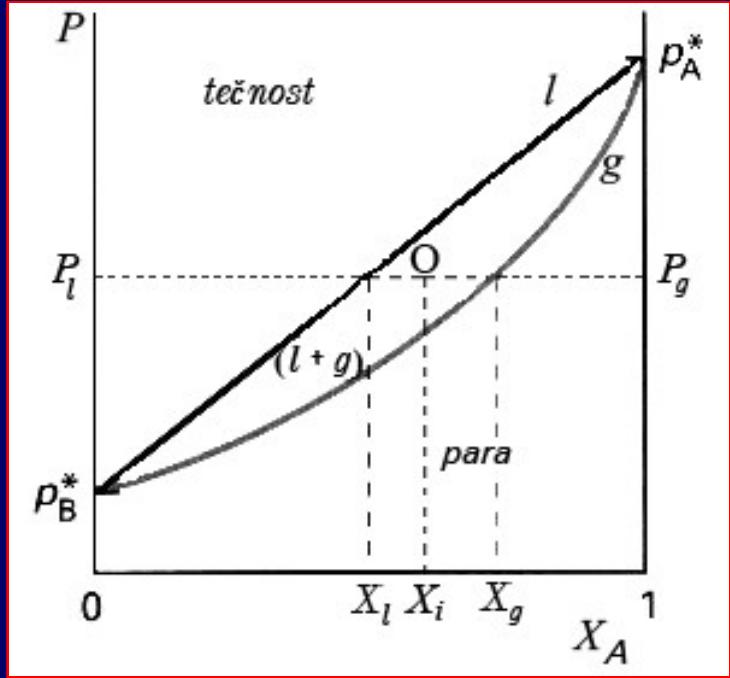
Stanje ravnoteže između pare i tečnosti pri konstantnoj temperaturi

Dalton-ov zakon: Ukupni pritisak pare iznad rastvora je suma napona para pojedinih komponenata.

$$p = \sum_i p_i, \quad i = 1, 2, \dots$$

Binarni sistem:  $p = p_A + p_B$

Dijagram napona pare dvokomponentnog idealnog rastvora  $P$ ; pritisci (ukupan  $P$  i parcijalni  $P_A$  i  $P_B$ ) predstavljeni su u odnosu na molarni udeo komponenata A i B u rastvoru ( $x_A$  i  $x_B$ ).



Dijagram napona pare  $P_l$  i  $P_g$  (krive l i g) idealnog rastvora u funkciji sastava rastvora  $x_l$  i sastava pare  $x_g$ , koja je u ravnoteži sa rastvorom.  $(l + g)$  označava oblast u kojoj su tečna i parna faza u ravnoteži

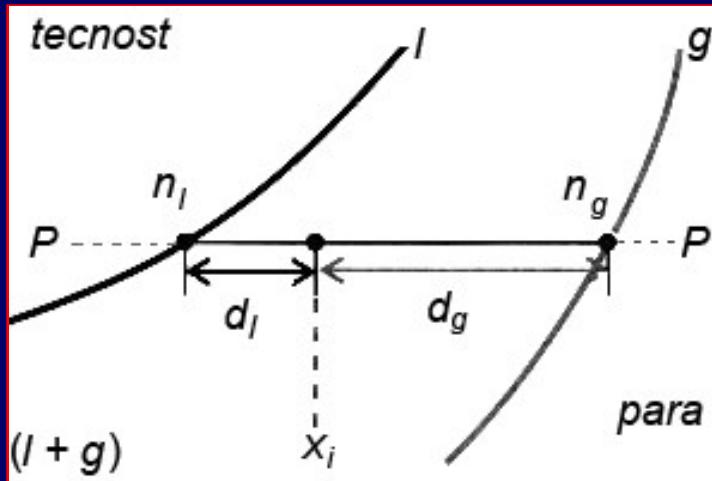
$$P_A = x_{A(g)} P ; \quad P_B = x_{B(g)} P$$

$$P_A = x_{A(l)} P_A^* ; \quad P_B = x_{B(l)} P_B^*$$

$$x_{A(g)} = \frac{P_A}{P_A + P_B} = \frac{x_{A(l)} P_A^*}{x_{A(l)} P_A^* + x_{B(l)} P_B^*} = \frac{x_{A(l)} P_A^*}{P_B^* + x_{A(l)} (P_A^* - P_B^*)}$$

$$x_{A(l)} = \frac{x_{A(g)} P_B^*}{P_A^* - x_{A(g)} (P_A^* - P_B^*)}$$

# PRAVILO POLUGE



Prikaz dela  $P-x_A$  fazne oblasti binarne smeše sa naznačenim veličinama koje figurišu u jednačini pravila poluge

Sistem sastava  $x_i$  pri naponu pare  $P_1$   
tečna faza sastava  $x_l$   
gasna faza sastava  $x_g$

Položaj tačke određen pravilom poluge:

$$n_l d_l = n_g d_g$$

pravilo poluge

$n_g$  - količine gasne faze

$n_l$  - količina tečne faze

$d_l$  - rastojanje od tačke  $x_l$  do tačke  $x_i$  za dato  $P$  ( $P_1$  ili  $P_g$ )

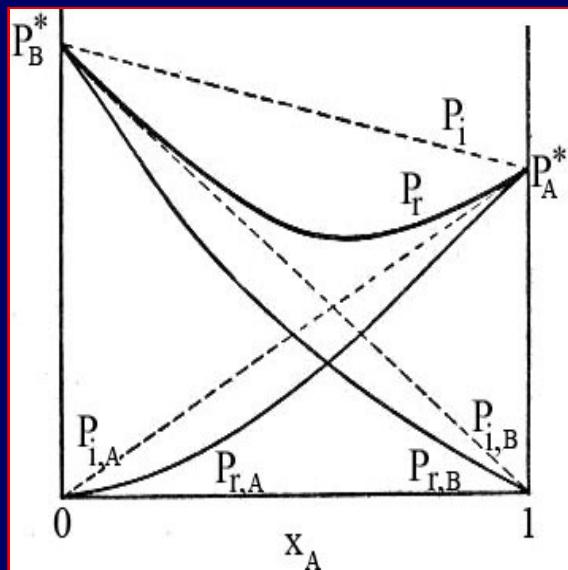
$d_g$  - rastojanje od tačke  $x_i$  do tačke  $x_g$  za dato  $P$  ( $P_1$  ili  $P_g$ )

# NEIDEALNI TEČNI RASTVORI

Neidealni rastvori – rastvori kod kojih se međumolekulske sile između konstituenata u rastvoru znatno razlikuju od onih kada su u čistom stanju.

$$F_{AA} \neq F_{BB} \neq F_{AB}$$

Neidealne rastvore grade komponente koje se znatno razlikuju po svojim fizičkim i hemijskim osobinama kao što su unutrašnji pritisak, dužina ugljovodoničnog lanca, polarnost, intenzitet Van der Waals-ovih sila, dipolna dejstva, uticaj vodoničnih veza.



Dijagram napona para idealnog rastvora  $P_i = P_{i,A} + P_{i,B}$  i realnih rastvora  $P_r = P_{r,A} + P_{r,B}$ .

Slučaj kada dolazi do negativnog odstupanja od Raulovog zakona.  $P_{i,A}$  i  $P_{i,B}$  parcijalni pritisci idealnog gasa A i B, a  $P_{r,A}$  i  $P_{r,B}$  realnih gasova A i B.

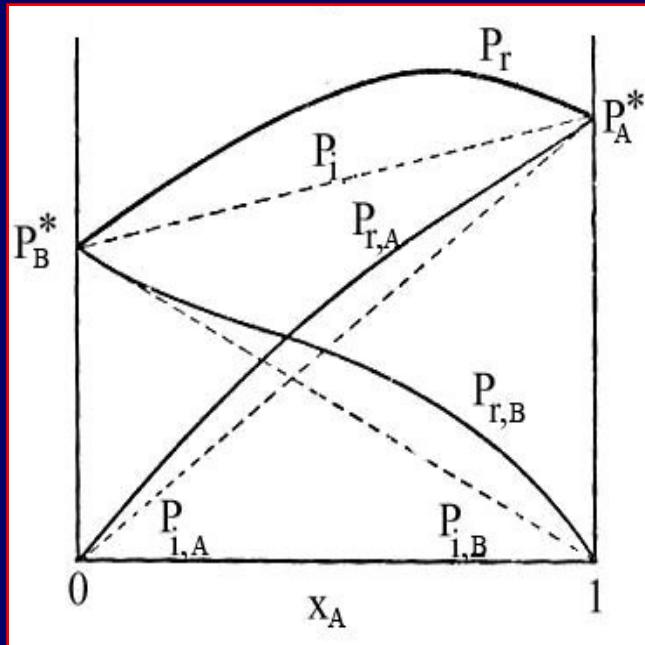
Negativno odstupanje od Raulovog zakona (napon pare manji od očekivanog) se javlja kada je:

$$F_{AA} \langle F_{AB} \rangle F_{BB}$$

$$\Delta_{mix} V \langle 0 \quad i \quad \Delta_{mix} H \langle 0$$

Primer:

- piridin – mravlja, sirćetna ili propionska kiselina
- smeše halometana, npr. hloroforma sa kiseoničnim ili azotnim jedinjenjem npr. keton, etar, estar ili amin
- lako isparljive kiseline, npr. halogenih, azotne ili perchlorne sa vodom



Dijagram napona para idealnog rastvora  $P_i = P_{i,A} + P_{i,B}$  i realnih rastvora  $P_r = P_{r,A} + P_{r,B}$ . Slučaj kada dolazi do pozitivnog odstupanja od Raulovog zakona.  $P_{i,A}$  i  $P_{i,B}$  parcijalni pritisci idealnog gasa A i B, a  $P_{r,A}$  i  $P_{r,B}$  realnih gasova A i B.

Pozitivno odstupanje od Raulovog zakona (napon pare veći od očekivanog) se javlja kada je:

$$F_{AA} \rangle F_{AB} \langle F_{BB}$$

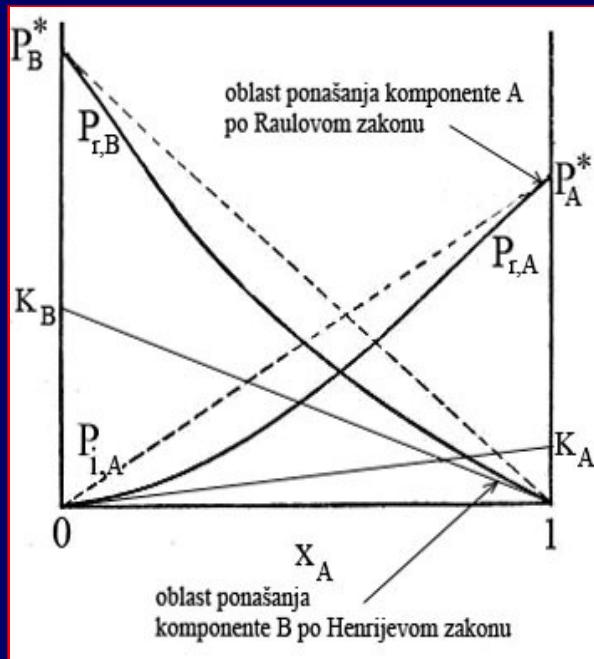
$$\Delta_{mix}V \rangle 0 \quad \text{i} \quad \Delta_{mix}H \rangle 0$$

### Primer:

- aceton – ugljendisulfid
- aceton - hloroform
- heptan – etilalkohol
- voda – primarni alkoholi

# IDEALNI RAZBLAŽENI TEČNI RASTVORI

- Veliko (beskonačno) razblaženja komponente B
- Ponašanje komponente A praktično isto kao u slučaju idealnih rastvora (Raulov zakon).



Prikaz vrednosti konstanti proporcionalnosti  $K_A$  i  $K_B$  u slučaju rastvorka čije ponašanje ima negativno odstupanje od Raulovog zakona

$$P_A = x_A P_A^*$$

$p_A$  – napon pare komponente A u rastvoru

$x_A$  - parcijalni ideo komponente A u rastvoru

$P_A^*$  - napon pare čiste komponente A

$$P_B = x_B K_B$$

Henry-ev zakon

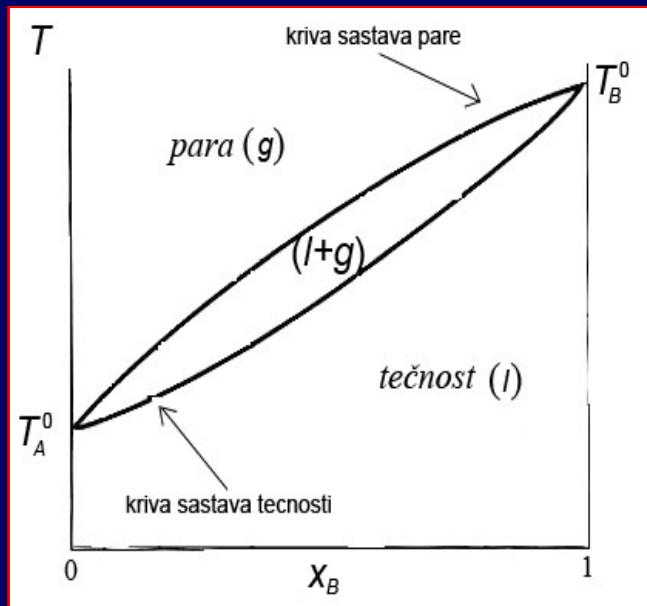
$p_B$  – napon pare komponente B u rastvoru

$x_B$  - parcijalni ideo komponente B u rastvoru

$K_B$  - Henrijeva konstanta (dimenzijski pritiska)

$K_B$  - presek tangente, povučene na krivoj napona pare rastvora iz tačke beskonačnog razblaženja rastvorka ( $x_B \rightarrow 0$ ), sa ordinatom napona pare čistog rastvorka ( $x_B = 1$ )

# FAZNI DIJAGRAM POTPUNO MEŠLJIVIH TEČNOSTI



Fazni dijagram u ravni temperatura ključanja-sastav binarnog idealnog rastvora.  $T_A^0$  – tačka ključanja čiste supstancije A;  $T_B^0$  – tačka ključanja čiste supstancije B. Sastav je prikazan u molskim udelima.

Rastvorljivost tečnosti u tečnosti (mešljivost tečnosti)

- Neograničeno mešljive tečnosti (voda - alkohol)
- Ograničeno (delimično) mešljive tečnosti (voda - fenol)
- Nemešljive tečnosti (voda - ulje)

Idealan binarni tečni rastvor

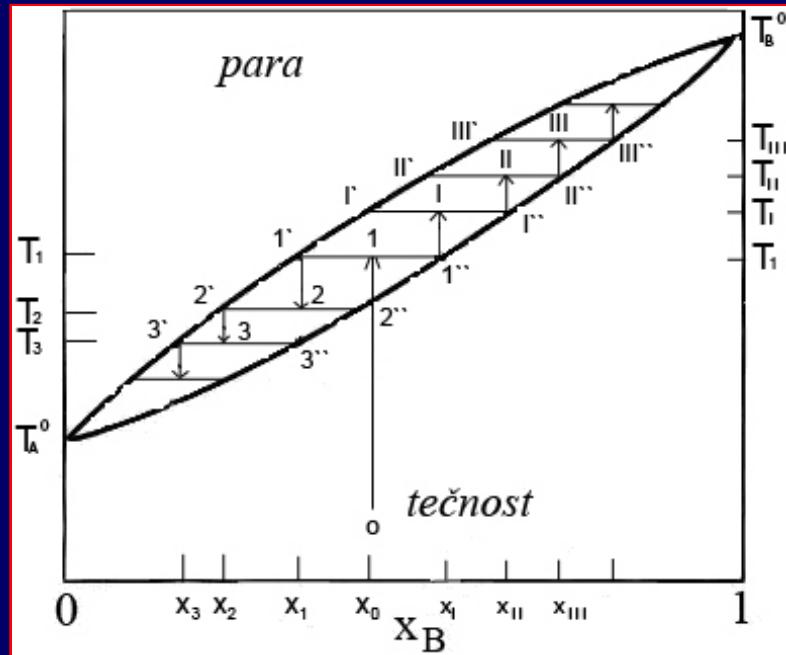
$$f = c - p + 2 = 2 - p + 2 = 4 - p$$

Za  $p = 1$ ,  $f = 3$  - maksimalan broj stepena slobode za idealan binarni tečni rastvor

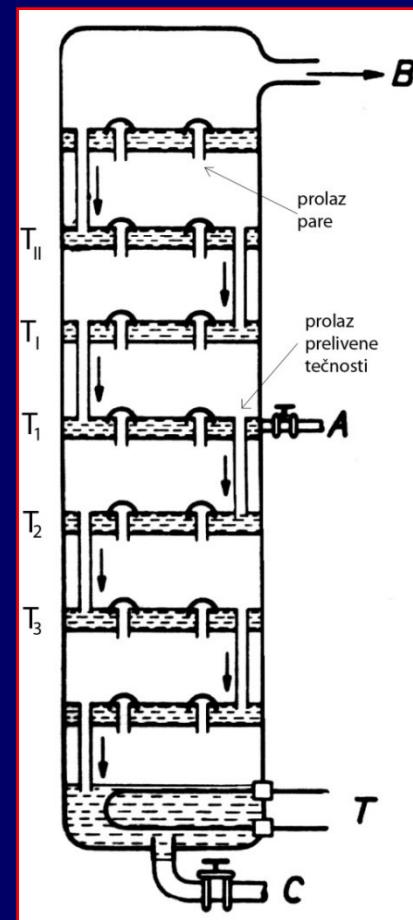
Za  $p = 2$ ,  $f = 2$

# FRAKCIJONA DESTILACIJA POTPUNO MEŠLJIVIH TEČNOSTI

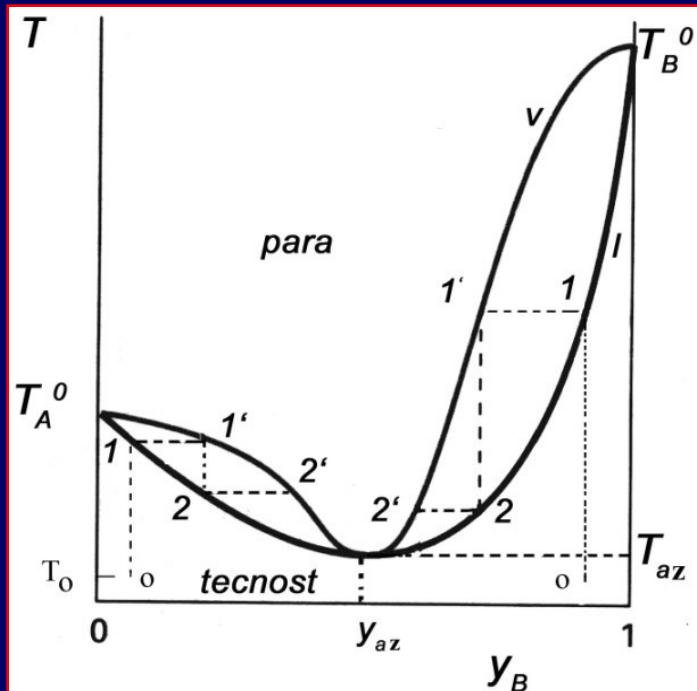
Frakcionala destilacija je postupak razdvajanja komponenata smeše potpuno mešljivih tečnosti zasnovana na činjenici da se ključanjem rastvora stvara para po sastavu bogatija lakše isparljivom, dok se istovremeno zaostali rastvor koncentruje teže isparljivom komponentom.



Prikaz evolucije parne i tečne faze idealnog binarnog rastvora komponenata A i B pri frakcionoj destilaciji.



Azeotropna smeša je rastvor koji isparavanjem generiše paru istog sastava kao što je sastav rastvora.



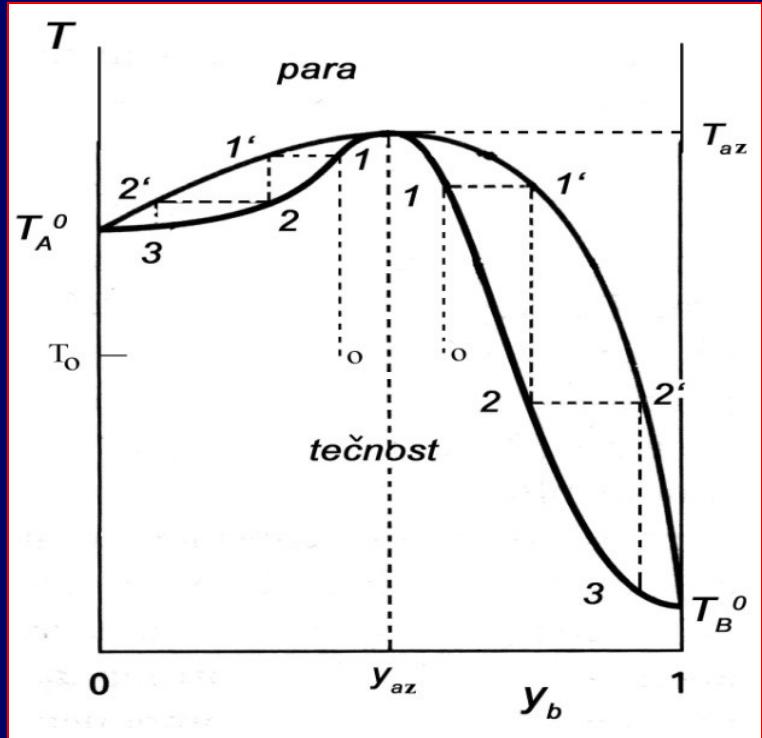
Fazni dijagram azeotropnog rastvora koji ima minimum; prikaz evolucije sastava pare pri frakcionaloj destilaciji predstavljen je šematski isprekidanom linijom

Minimalna tačka ključanja – javlja se kod rastvora koji pokazuju pozitivna odstupanja napona pare od Raulovog zakona, tj. rastvora čiji je napon pare veći od očekivanog.

Tačka ključanja takvog rastvora se postiže na nižoj temperaturi u odnosu na idealan slučaj.

Kriva zavisnosti tačke ključanja od sastava rastvora ima minimum i smeša ključa na nižoj temperaturi nego bilo koja komponenta.

Primer: voda i etanol ; minimum tačke ključanja na  $78.2^\circ\text{C}$  kada je molski ideo etanola 95.6%



Fazni dijagram azeotropnog rastvora koji ima maksimum; prikaz evolucije sastava pare pri frakcionalnoj destilaciji predstavljen je šematski isprekidanom linijom

Maksimalna tačka ključanja – javlja se kod rastvora koji pokazuju negativna odstupanja napona pare od Raulovog zakona, tj. rastvora čiji je napon pare manji od očekivanog.

Tačka ključanja takvog rastvora se postiže na višoj temperaturi u odnosu na idealan slučaj.

Kriva zavisnosti tačke ključanja od sastava rastvora ima maksimum i smeša ključa na višoj temperaturi nego bilo koja komponenta.

# BINARNI RASTVORI DELIMIČNO MEŠLJIVIH TEČNOSTI

- Pravi rastvor uz pojavu samo jedne faze.
- Heterogeni (konjugovani) rastvori uz pojavu dve faze.

Konjugovani rastvor čine faze određenog i konstantnog sastava na datoj temperaturi. One su zasićeni rastvori jedne komponente u drugoj i obrnuto.

Napon pare heterogenih rastvora mali i ima mali uticaj na ravnotežu tečno-tečno.

Parna faza se ne uzima u obzir pri razmatranju ravnoteže faza pa je broj faza za jedan manji od ukupnog broja (kondenzovani sistemi).

Maksimalan broj sepeni slobode

U oblasti postojanja jedne tečne faze:  $f = 2 - 1 + 2 = 3$

Pri konstantnom pritisku:  $f = 2 - 1 + 1 = 2$

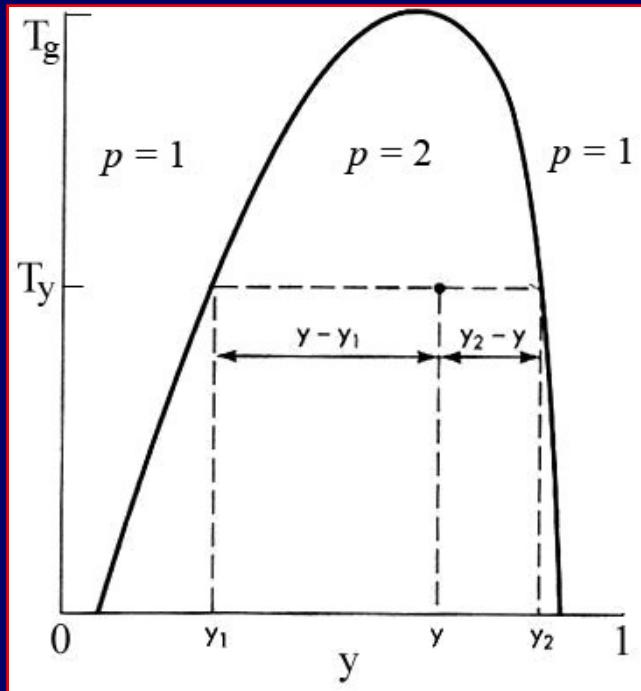
U oblasti postojanja dve tečne faze:  $f = 2 - 2 + 1 = 1$

Za  $T=const.$  sastavi tečnih faza u ravnoteži automatski određeni. Promena udela komponenata u oblasti konjugovanih rastvora vodi samo promeni odnosa količina faza.

Oblast pravog rastvora: od  $y = 0$  do  $y = y_1$  i

od  $y = y_2$  do  $y = 1$

Oblast konjugovanih rastvora: od  $y_1$  do  $y_2$



Sastav faza konjugovanog rastvora je konstantan i određen je vrednostima  $y_1$  i  $y_2$ .

Količine faza  $w_1$  i  $w_2$  zavise od vrednosti  $y$

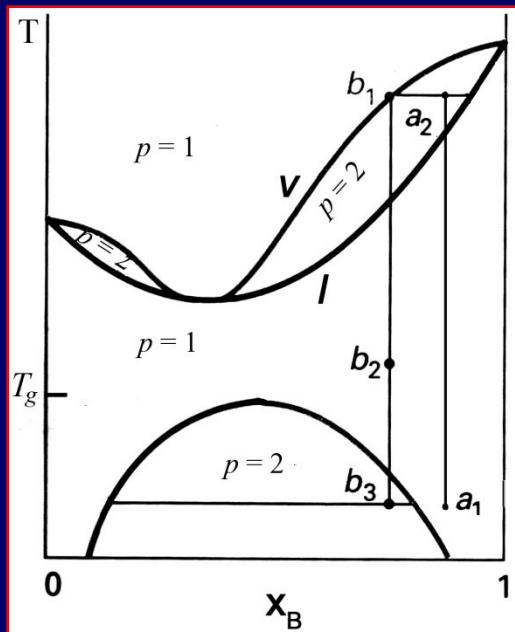
Ukupna količina faza  $w$  (zakon o održanju mase):

$$w = w_1 + w_2$$

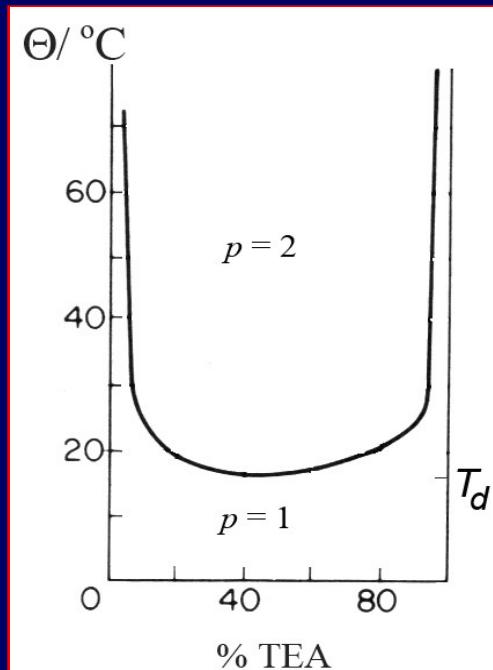
Za komponentu B:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{y_2 - y}{y - y_1}$$

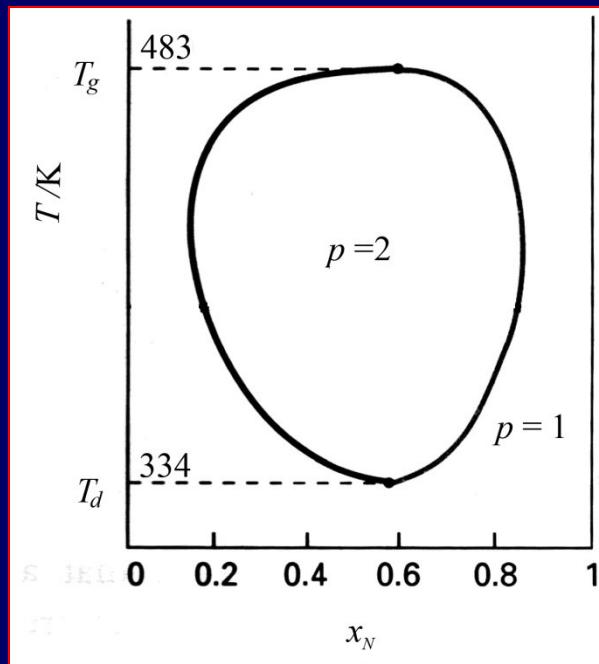
Prikaz faznog dijagrama dvokomponentnog rastvora delimično mešljivih tečnosti. Oblast pojave jedne faze ( $p = 1$ ) je oblast pravog rastvora, a dve faze ( $p = 2$ ) konjugovanog rastvora. Oblasti su razgraničene punom linijom.  $y$  je parcijalni ideo komponente B.  $T_g$  je gornja granična temperatura.



Tačke ključanja rastvora delimično mešljivih tečnosti gde iznad gornje kritične tačke postoji samo jedinstvena tečna faza. I – kriva likvidusa; V – kriva napona pare. p je broj faza.



Fazni dijagram rastvora vode i trietilamina u oblasti pravog rastvora (jedne faze,  $p = 1$ ) i konjugovanog rastvora (dve faze,  $p = 2$ ).  $T_d$  – donja kritična temperatura. %TEA – molarni udeo trietilamina



Fazni dijagram rastvora nikotina i vode u domenu pravog rastvora (jedne faze,  $p = 1$ ) i konjugovanog rastvora (dve faze,  $p = 2$ ).  $T_g$  – gornja kritična temperatura i  $T_d$  – donja kritična temperatura.  
 $x_N$  – molarni udeo nikotina

# BINARNI SISTEMI POTPUNO NEMEŠLJIVIH TEČNOSTI

Primer:

o Ulje i voda

o Živa i voda

Napon pare rastvora nemešljivih tečnosti ne zavisi od relativnih količina tečnih komponenata i jednak je zbiru napona pare čistih komponenata na datoj temperaturi.

$$P_{AB} = P_A^* + P_B^*$$

P<sub>AB</sub> – napon pare rastvora nemešljivih tečnosti  
P<sub>i</sub><sup>\*</sup> – napon pare čiste komponente I

Tačka ključanja rastvora nemešljivih tečnosti:

- konstantna
- nezavisna od sastava rastvor
- uvek niža od tačke ključanja bilo koje komponente

Odnos broja molova komponenata u parnoj fazi (ekvivalentan odnosu molskih frakcija komponenata):

$$\frac{P_A^*}{P_B^*} = \frac{n_A}{n_B}$$

P<sub>i</sub><sup>\*</sup> – napon pare čiste komponente i  
n<sub>i</sub> – broj molova komponente i  
m<sub>i</sub> – masa komponente i  
M<sub>i</sub> – molarna masa komponente i

Maseni odnos komponenata u parnoj fazi:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{n_A M_A}{n_B M_B} = \frac{P_A M_A}{P_B M_B}$$

# DESTILACIJA VODENOM PAROM

Tečnost:

- nemešljiva sa vodom
- teško isparljiva
- termoosetljiva

Efikasnot destilacije vodenom parom

Primer:

Brombenzen – voda

$$T_{\text{ključanja čistog brombenzena}} = 148 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ključanja rastvora vode i brombenzena}} = 95,2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ na atmosferskom pritisku.}$$

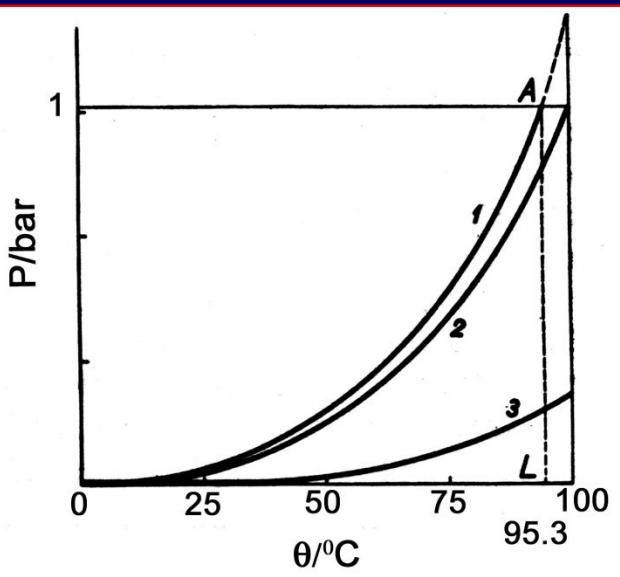
$$p_{\text{vode}} = 8,54 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{brombenzena}} = 1,58 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{vode}} + p_{\text{brombenzena}} = 10.12 \times 10^4 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar} (10.12 \times 10^4 \text{ Pa})$$

$$\frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{BB}}} = 5,387$$

$$\frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{BB}}} = \frac{18,016}{157,016} = 0,1147 \Rightarrow \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{BB}}} = 5,387 \times 0,1147 = 28,618$$



Zavisnost napona pare smeše nemešljivih tečnosti brombenzena i vode od temperature: 1– kriva napona pare smeše; 2– kriva napona pare vode; 3– kriva napona pare brombenzena.  $\theta = 95,3 \text{ } ^\circ\text{C}$  je tačka ključanja rastvora voda-brombenzen.

## Primena: određivanja molekulske mase teško isparljivih tečnosti

- Teško isparljiva tečnost dispergovana u lakše isparljivoj tečnosti
- Poznat odnos masa komponenata i njihovih parcijalnih pritisaka na tački ključanja smeše.

### Primer: određivanja molekulske mase terpinena, C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>

Ratvor vode i terpentina

$$T_{\text{ključanja rasvora vode i terpinena}} = 95,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$w_{\text{vode}} \text{ u destilatu pare ključalog rastvora} = 43 \text{ \%}$$

$$w_{\text{terpinena}} \text{ u destilatu pare ključalog rastvora} = 57 \text{ \%}$$
$$\frac{m_{\text{terpinen}}}{m_{\text{vode}}} = \frac{w_{\text{terpinen}}}{w_{\text{vode}}} = \frac{0.57}{0.43} = 1.325$$

$$p_{\text{vode}} = 8,64 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{terpinena}} = 1,49 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\frac{p_{\text{vode}}}{p_{\text{terpinen}}} = \frac{8.64 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{1.49 \cdot 10^4 \text{ Pa}} = 5.786$$

$$M_{\text{vode}} = 18,016$$

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{n_A M_A}{n_B M_B} = \frac{p_A M_A}{p_B M_B}$$

$$M_{\text{terpinen}} = 138.17 \quad M_{\text{terpinen}} = 136.23$$

# NEMEŠLJIVI RASTVORI SA ZAJEDNIČKIM RASTVORKOM

Heterogen (dvofazni) sistem od dva tečna, međusobno nemešljiva rastvora sa zajedničkim rastvorkom.

Uslov jednakosti faza - jednakost hemijskih potencijala rastvorka u oba rastvora, fazi (1) i fazi (2)

$$\mu_{(1)}^0 + RT \ln a_{(1)} = \mu_{(2)}^0 + RT \ln a_{(2)}$$

$$\ln \frac{a_{(2)}}{a_{(1)}} = \frac{\mu_{(1)}^0 - \mu_{(2)}^0}{RT} = \text{konstanta}$$

koeficijenat raspodele ili  
termodinamička konstanta  
raspodele

$$\frac{a_{(2)}}{a_{(1)}} = K$$

$\mu_{1,(l)}^0$  - standardni hemijski potencijal komponente i

R - univerzalna gasna konstanta

T - temperatura

ln - prirodni logaritam

$a_i$  - aktivnost komponente i

$\gamma$  - koeficijent aktivnosti

c - molarna koncentracija

$c^0$  - standardna molarna koncentracija, obično 1

$$a = \gamma \frac{c}{c^0}$$

$$K = \left( \frac{\gamma_{(2)} \frac{c_{(2)}}{c^0}}{\gamma_{(1)} \frac{c_{(1)}}{c^0}} \right) = \left( \frac{\gamma_{(2)} c_{(2)}}{\gamma_{(1)} c_{(1)}} \right) = K' \frac{\gamma_{(2)}}{\gamma_{(1)}}$$

$$K' = \frac{c_{(2)}}{c_{(1)}}$$

prividna ili  
koncentracionalna  
konstanta raspodele

Važi samo uz uslov da supstanca koja se rastvara ne menja svoj molekulski oblik pri rastvaranju niti utiče na međusobnu mešljivost dveju nemešljivih tečnosti.

# EKSTRAKCIJA

Ekstrakcija - proces izdvajanja rastvorka iz datog rastvora u neki drugi rastvarač (ekstragent) nemešljiv sa rastvorom.

Iz rastvora (faze 1) zapremine  $V_1$  i koncentracije rastvorka  $c_{(1)}$  u ekstragent (faza 2) zapremine  $V_2$  ekstrahuje rastvorak u količini  $m_1$ :

$$K' = \frac{c_{(2)}}{c_{(1)}} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow m_1 = m_0 \frac{V_1}{V_1 + K' V_2}$$

$c_{(2)}$  - koncentracija rastvorka u ekstragentu nakon uspostavljanja ravnoteže

$m_0$  - početna količina rastvorka u fazi 1

$m_1$  - preostala količina rastvorka u fazi 1

$m_0 - m_1$  - ekstrahovana količina rastvorka iz faze 1 u fazu 2

$$K' = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow m_2 = m_1 \frac{V_1}{V_1 + K' V_2} = m_0 \left( \frac{V_1}{V_1 + K' V_2} \right)^2$$

$$m_n = m_0 \left( \frac{V_1}{V_1 + K' V_2} \right)^n$$

Nakon n ekstrakcija:

Povećanje efikasnosti ekstrakcije

- ponavljanjem ekstrakcije veći broj puta manjim zapreminama tečnosti za ekstrakciju
- dodavanjem elektrolita vodi koji

## Primer povećanja efikasnosti ekstrakcije ponavljanjem ekstrakcije veći broj puta

Za  $V_1 = V_2$  i  $K' = 9$

$$\frac{m_1}{m_n} = \frac{(1+ K')^n}{1+ nK'}$$

Za  $n = 1$                $m_1/m_1 = 1$

Za  $n = 4$                $m_1/m_4 = 270$

Efikasnost ekstrakcije nakon četiri ponavljanja je 270 puta veća od efikasnosti ekstrakcije nakon jednog ponavljanja.

Primena ekstrakcije - izdvajanja niza supstancija iz prirodnih i tehničkih rastvora, u analitičkoj hemiji i u drugim prilikama, npr.

- uklanjanje štetnih sastojaka u uljima i nafti
- u metalurgiji pri rafinaciji metala

# DVOKOMPONENTNI SISTEMI SA IZDVAJANJEM ČVRSTE FAZE

Podela dvokomponentnih kondenzovanih sistema u kojima se javlja ravnoteža između tečne i čvrste faze:

- na osnovu mešljivosti tečnih faza
- na osnovu mešljivosti i prirode čvrstih faza

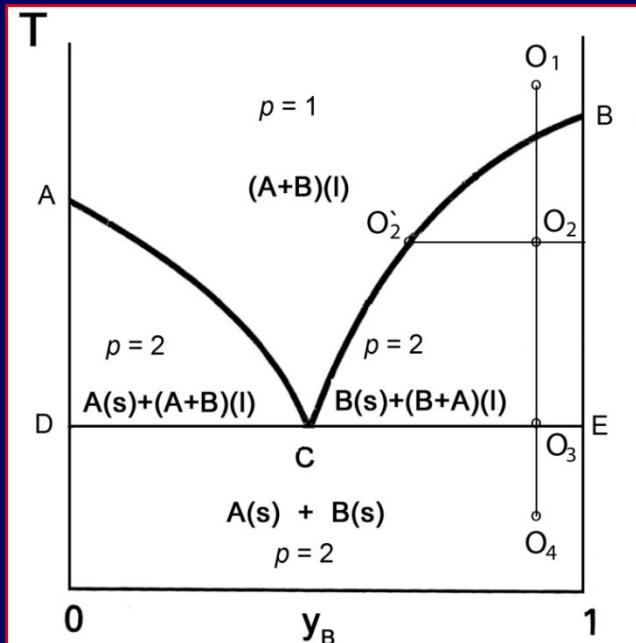
Podela sistema u kojima su komponente potpuno mešljive u tečnom stanju:

- Komponente se u čvrstom stanju ne mešaju već čiste komponente kristališu iz rastvora
- Komponente u čvrstom stanju grade jedinjenje:
  - (a) stabilno do svoje temperature topljenja
  - (b) koje se raspada faznom transformacijom pre dostizanja svoje temperature topljenja
- Komponente su u čvrstom stanju potpuno mešljive u svim odnosima gradeći niz čvrstih rastvora:
  - (a) stabilnih u čitavom opsegu koncentracija
  - (b) stabilnih samo do prelazne temperature
- Komponente su u čvrstom stanju delimično mešljive, a formiraju i stabilne čvrste rastvore

# BINARNI SISTEMI POTPUNO MEŠLJIVIH KOMPONENTA U TEČNOM STANJU SA IZDVAJANJEM ČVRSTE FAZE

Primeri:

- KCl i AgCl
- NaF i LiF
- Benzen i naftalin
- Vodenih rastvora soli, npr. NaCl i voda,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i voda
- Legure, npr. Bi i Cd, Sb i Pb



Fazni dijagram dvokomponentnog sistema potpuno mešljivih u tečnom a potpuno nemešljivih u čvrstom rastvoru.

Eutektička temperatura, C – najniža temperatura pri kojoj može postojati tečna faza, tj. najniža temperatura topljenja datog sistema.

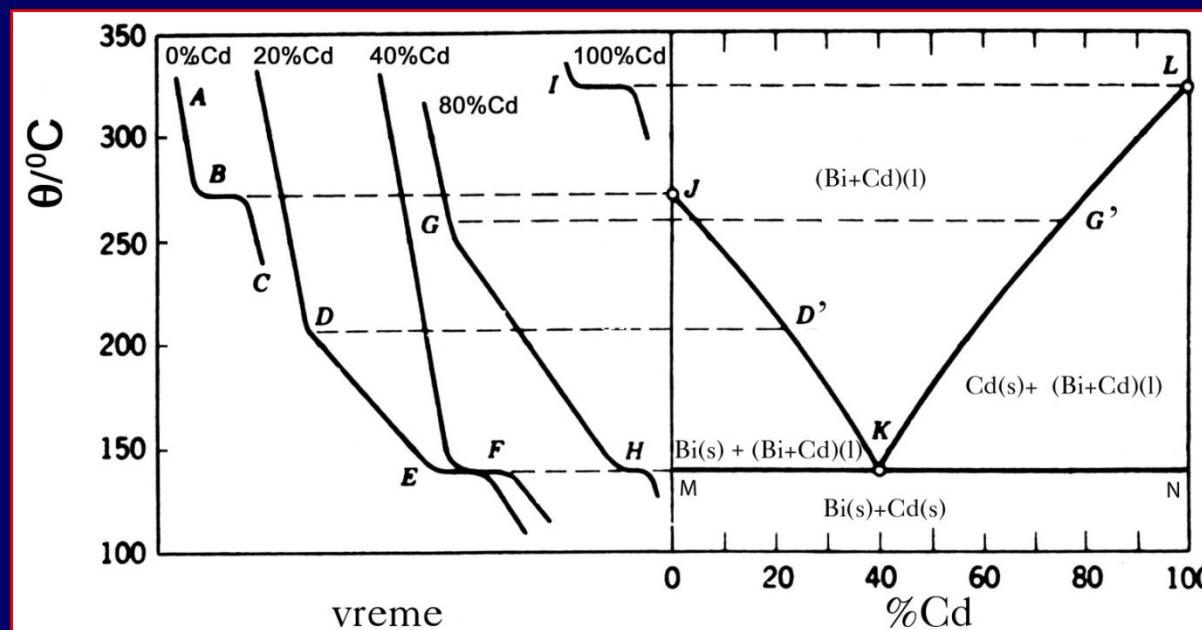
Eutektička smeša – sastav pri kome istovremeno počinju da očvršćavaju obe komponente bez prethodnog očvršćavanja jedne od njih.

# TERMIJSKA ANALIZA

Termijska analiza – konstruisanje faznih dijagrama sistema na osnovu određivanje kritičnih tačaka (tačke topljenja ili očvršćavanja) snimanjem krivih hlađenja u vremenu za niz rastvora različitih koncentracija.

Kontinualni nagnuti delovi odgovaraju promeni temperature faze.

Prelomi i nagle promene na krivoj hlađenja odgovaraju kritičnim temperaturama na kojima dolazi do faznih prelaza.



Krive hlađenja i fazni dijagram rastvora kadmijuma i bizmota.

## **IDEALNI vs. NEIDEALNI rastvori- pregled**

- Idealni rastvori
- Raulov zakon
- Neidealni rastvori
- Idealni razblaženi rastvori
- Henrijev zakon
- Azeotropne smeše

# OSOBINE RASTVORA

**Aditivna osobina** je ona osobina koja za dati sistem predstavlja zbir odgovarajućih osobina konsituenata.

Primer: masa, molarna zapremina

**Konstitutivna osobina** je ona osobina koja u prvom redu zavisi od rasporeda atoma i molekula, a u manjoj meri od njihove prirode i broja.

Primer: tačka ključanja

**Koligativna osobina** je ona osobina koja zavisi uglavnom od broja molekula, a ne od njihove prirode.

Primer: zapremina gasa na stalnoj temperaturi i pritisku

# KOLIGATIVNE OSOBINE RAZBLAŽENIH RASTVORA

Pravi rastvor – jednofazni sistem od dve ili više komponenti u kome su hemijske vrste koje ga sačinjavaju dispergovane do veličine molekula.

Koligativne osobine – osobine razblaženih rastvora koje zavise samo od broja čestica u sistemu, a ne i od njihove prirode. To su:

- Sniženje napona pare
- Povišenje tačke ključanja
- Sniženje tačke ključanja
- Osmoza

Prepostavlja se da je:

- rastvorak neisparljiv, tj. ne učestvuje u gasnoj fazi
- rastvorak ne gradi čvrsti rastvor sa rastvaračem
- količina rasvorka je mnogo manja od količine rastvarača, tj. rastvor je razblažen
- rastvorak ne menja svoj hemijski oblik pri rastvaranju, tj. ne reaguje hemijski sa rastvaračem, ne asosuje niti disosuje pri rastvaranju.

# TERMODINAMIČKA INTERPRETACIJA KOLIGATIVNIH OSOBINA

Hemijski potencijal čistog rastvarača:  $\mu_{1,(l)}^* = \mu_{1,(l)}^0$

$\mu_{1,(l)}^*$  - hemijski potencijal čistog rastvaraca

$\mu_{1,(l)}^0$  - standardni hemijski potencijal rastvarača

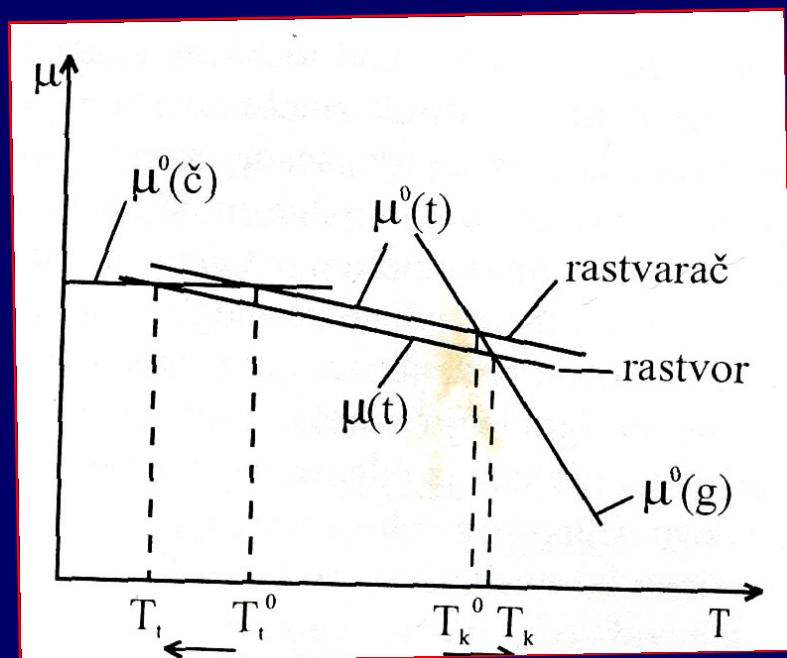
$\mu_{1,(l)}$  - hemijski potencijal rastvarača u rastvoru

R - univerzalna gasna konstanta

T - temperatura

ln - prirodni logaritam

$x_1$  - molski ideo rastvarača u rastvoru



Zavisnost hemijskog potencijala rastvarača i rastvora od temperature pri standardnom pritisku

$$x_1 < 1 \Rightarrow \ln x_1 < 0 \Rightarrow \mu_{1,(l)} < \mu_{1,(l)}^0$$

$\mu_{1,(s)}$  i  $\mu_{1,(g)}$  nezavisni od prisustva rastvorka

Promena entropije prilikom rastvaranja i njen uticaj na napon pare, tačku ključanja i tačku mržnjenja.

# SNIŽENJE NAPONA PARE

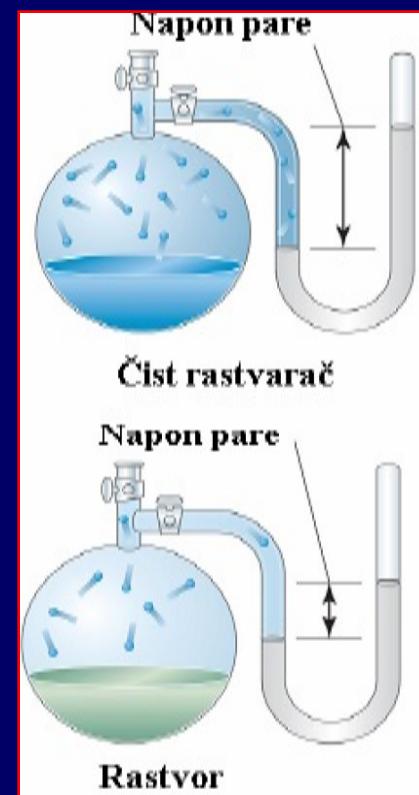
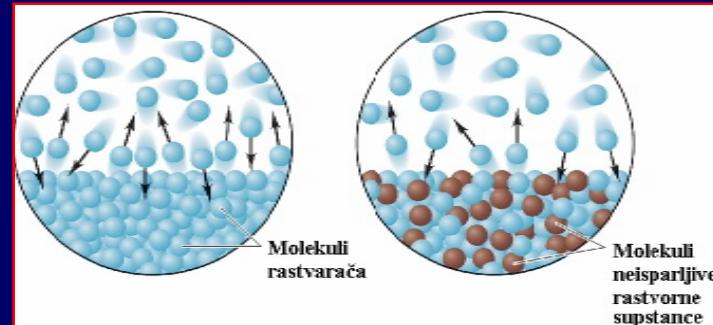
Raul: Relativno sniženje napona pare jednako je molskoj frakciji rastvorene supstance  $x_2$  ako je rastvorena samo jedna supstanca odnosno sumi molskih frakcija svih supstanci rastvorenih u rastvaraču u slučaju da je veći broj supstancija rastvoreno u istom rastvaraču (nezavisno od prirode rastvarača).

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = x_2$$

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = 1 - x_1$$

$$p^0 - p = p^0 - x_1 p^0$$

$$p = p^0 x_1$$



U razblaženom rastvoru napon pare isparljivog rastvarača proporcionalan je koncentraciji rastvarača u rastvoru izraženoj u molskim frakcijama  $x_1$ , pri čemu je konstanta proporcionalnosti jednaka naponu pare čistog rastvarača  $p^0$ .

## Primena pojave sniženja napona pare za određivanje molarne mase rastvorene supstance

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \approx \frac{n_2}{n_1} = \frac{m_2 M_1}{m_1 M_2}$$

Metode merenja sniženja napona pare rastvarača:

Primer:  $c = 0.1 \text{ M}$

$$x_{\text{rastvorka}} = 0.018$$

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$p^0 = 23.76 \text{ mm Hg}$$

$$p^0 - p = p^0 \cdot x_2 = 23.76 \text{ mm Hg} \cdot 0.018 = 0.4277 \text{ mm Hg}$$

- statički metod (barometarska cev)
- diferencijalni metod
- dinamički metod
- transpiracioni metod
- metod tačke rose
- izopiestički metod

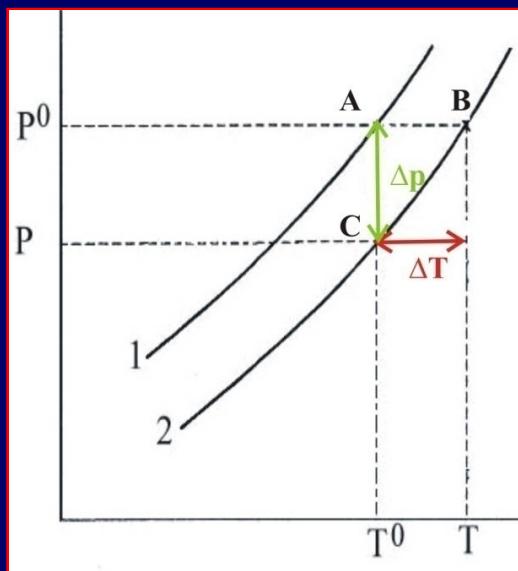
Posledice sniženja napona pare rastvora u odnosu na napon pare čistog rastvarača:

- Povišenje tačke ključanja rastvora u odnosu na tačku ključanja čistog rastvarača
- Sniženje tačke mržnjenja rastvora u odnosu na tačku mržnjenja čistog rastvarača

# POVIŠENJE TAČKE KLJUČANJA

Tačka ključanja - temperatura na kojoj je izjednačen napon pare tečnosti sa spoljašnjim pritiskom.

Povišenje tačke ključanja rastvora u odnosu na tačku ključanja čistog rastvarača srazmerno je molalitetu rastvora:



Koegzistentne krive čistog rastvarača (1) i rastvora (2).

$$\Delta T_k = T_k - T_k^0 = K_e m_{2(l)}$$

$$\Delta T_k = \frac{R(T_k^0)^2 M_1}{L_{isp,m}} \cdot m_{2(l)}$$

$$K_e = \frac{R(T_k^0)^2}{L_{isp,m}} M_1$$

$\Delta T_k$  – povišenje tačke ključanja

$T_k$  – tačka ključanja rastvora

$T_k^0$  – tačka ključanja rastvarača

$m$  – molalitet rastvora

$R$  – univerzalna gasna konstanta

$M_1$  – relativna molekulska masa rastvarača

$K_e$  – ebulioskopska konstanta predstavlja povišenje tačke ključanja rastvora jednomolalne koncentracije.

- zavisi samo od osobina rastvarača

$\Delta T_k$  – zavisi samo od količine rastvorene supstance

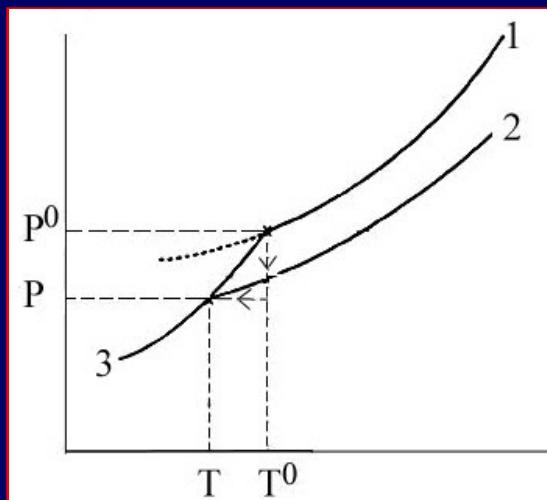
- nezavisno od prirode rastvorene supstance

Ebulioskopija – metoda određivanja molekulske mase rastvorka na osnovu povišenja tačke ključanja

$$M_2 = K_e \frac{1000 \cdot w_2}{\Delta T \cdot w_1} = K_e \frac{1000 \cdot w_2}{\Delta T \cdot V_1 \cdot \rho_1} = K_e \frac{1000 \cdot w_2}{\Delta T \cdot V_1}$$

# SNIŽENJE TAČKE MRŽNjenja

Sniženje tačke mržnjenja rastvora u odnosu na tačku mržnjenja čistog rastvarača srazmerno je molalitetu rastvora:



Grafički prikaz napona pare čiste tečne faze (1) i čiste čvrste faze (3) rastvarača A i binarnog rastvora (2) u okolini trojne tačke

$$\Delta T_m = T_m^0 - T_m = K_e m_{2(l)}$$

$\Delta T_m$  – sniženje tačke mržnjenja

$T_m$  – tačka mržnjenja rastvora

$T_m^0$  – tačka mržnjenja čistog rastvarača

$m_2$  – molalitet rastvora

R – univerzalna gasna konstanta

$M_1$  – relativna molekulska masa rastvarača

$L_{top,m}$  – molarna latentna toplota topljenja

$K_e$  – krioskopska konstanta

➤ Watson, 1771

➤ Blagden, 1778 (Blagdanov zakon)

➤ Raoult

➤ Beckman – precizno eksperimentalno merenje sniženja tačke mržnjenja rastvora

$$\Delta T_m = \frac{R(T_m^0)^2}{L_{top,m}} \cdot M_1 m$$

$$K_b = \frac{R(T_m^0)^2}{L_{top,m}} \cdot M_1$$

Aproksimacije uvedene prilikom izvođenja izraza za sniženje tačke mržnjenja:

- para (iznad čvrste kao i iznad tečne faze) se ponaša po zakonima idealnog gasnog stanja
- zapremina pare je mnogo veća od zapremine čvrste, odnosno tečne faze
- za rastvarač važi Raulov zakon
- latentna toplota toljenja čvrstog rastvarača je konstantna, odnosno ne zavisi od temperature
- $\ln(1 - x_1) \approx -x_2$
- $T_m^0 \cdot T_m \approx (T_m^0)^2$

Eksperimentalni rezultati pokazali:

- da je sniženje tačke mržnjenja rastvora u odnosu na tačku mržnjenja čistog rastvarača zaista srazmerno molalitetu rastvora
- slaganje eksperimentalno i teorijski određenih vrednosti za ebulioskopsku konstantu rastvarača i nezavisnot od prirode rastvorene supstance

# KRIOSKOPIJA

## Određivanje molekulskih masa

$$M_2 = K_e \cdot \frac{1000 \cdot w_2}{\Delta T \cdot w_1}$$

Ne važi za:

- koncentrovane rastvore
- u slučajevima kada se izdvaja čvrst rastvor, npr. rastvor joda u benzolu

Eksperimentalni postupak

- Beckmanov metod
- Metod ravnoteže
- Rastov metod

Još neki primeri primene sniženja tačke mržnjenja rastvora u odnosu na čist rastvarač:

Dejstvo antifriza: Najčešće korišćeni antifriz: glikol sa vodom

$T_{\text{ključanja glikola}}: 197^{\circ}\text{C},$

$T_{\text{mržnjenja glikola}}: -17.4^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{ključanja glikol:voda smeše 1:1}}: -36^{\circ}\text{C}$

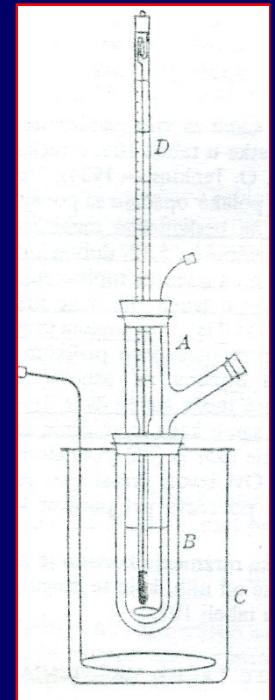
$M_2$  – molekulska masa rastvorka

$K_e$  – krioskopska konstanta

$w_2$  - masa rastvarača

$w_1$  – masa rastvorka

$\Delta T$  - sniženje tačke mržnjenja rastvora  
u odnosu na rastvarač



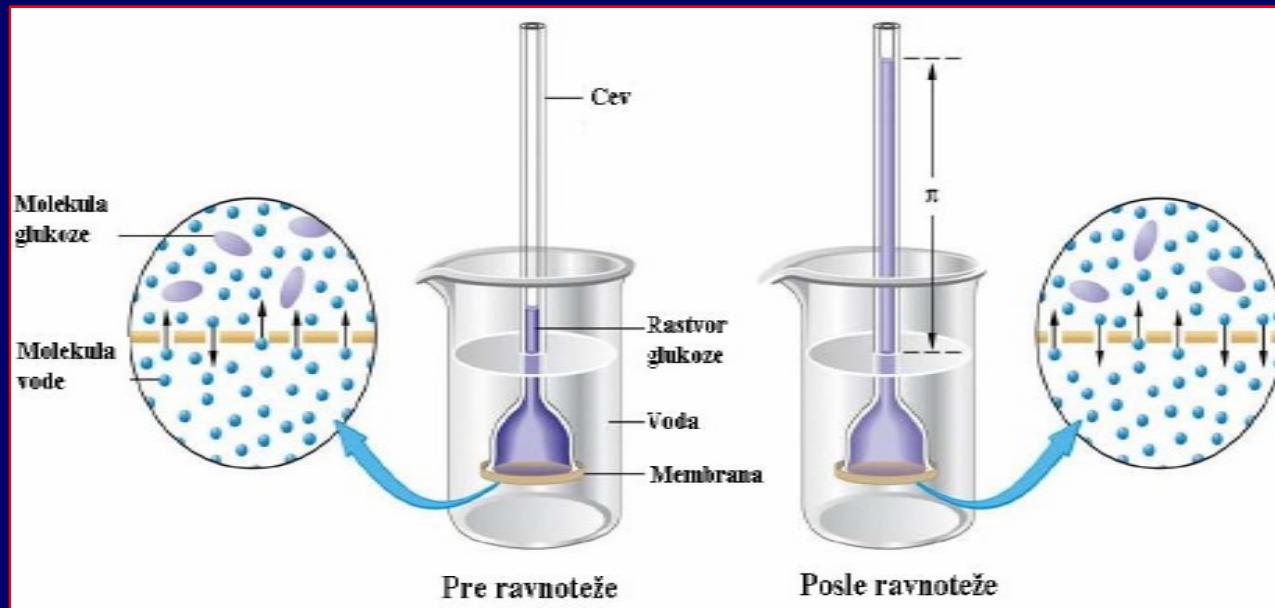
Beckman-ova aparatura za određivanje tačke mržnjenja

Prirodni antifriz: glicerol sa vodom u krvi riba i insekata u polarnim predelima

# OSMOZA

Osmoza - pojava spontanog prelaska rastvarača kroz polupropustljivu membranu u rastvor, ili generalno prolaz rastvarača iz razblaženijeg u koncentrovaniji rastvor kada su rastvori razdvojeni polupropustljivom membranom.

Osmotski pritisak - pritisak kojim treba delovati na rastvor da bi se sprečio prolazak rastvarača u rastvor kroz polupropustljivu membranu.



Nollet, 1748 – prolaz rastvarača kroz membranu životinjskog porekla

Dutrochet – endoosmoza i egzoosmoza

# OSMOTSKI PRITISAK IDEALNIH I RAZBLAŽENIH RASTVORA

Osmotski pritisak idealnog rastvora:

$$\Pi = \frac{RT}{\bar{V}_1^*} \ln \frac{P_1^*}{P_1}$$

$\Pi$  - osmotski pritisak

$R$  - univerzalna gasna konstanta

$T$  - absolutna temperatura

$\bar{V}_1^*$  - parcijalna molarna zapremina rastvaraca

$\ln$  - prirodni logaritam,

logaritam sa osnovom  $e$ ,  $e = 2.718281828$

$p_1$  - napon pare rastvaraca u rastvoru

$P_1^*$  - napon pare cistog rastvaraca

Osmotski pritisak razblaženog rastvora:

Van't Hoff-ova jednačina

$$\Pi = c_2 RT$$

$c_2$  - molarna koncentracija rastvorka

# POLUPROPUSTLJIVE MEMBRANE

Polupropustljiva membrana – bilo koja faza koja razdvaja dva rastvora različitih koncentracija, dozvoljavajući protok čistog rastvarača, a zadržavajući rastvorenu supstancu.

Idealno polupropustljive membrane ne postoje!

- čvrste (bakar (II) cijanoferat)
- tečne (fenol za vodene rastvore)
- gasovite (difuzija lakoisparljivog rastvarača u gasnoj fazi)

Prirodne polupropustljive membrane: zidovi biljnih i životinjskih ćelija, zidovi bakterija, krvni sudovi, različite opne, bešike i biljna tkiva.

- Različit stepen permeabilnosti, debljine (reda nm) i različitih veličina pora (reda 10 nm)
- Propustljive za: vodu, ugljen dioksid, kiseonik, azot, kao i amino kiseline i glukozu
- Nepropustljive za proteine i polisaharide
- Spor prolaz neorganskih soli i disaharida

Sintetičke polupropustljive membrane:  
celofanske (celuloza), poliestarske (poliestarki polietilen), jonoizmenjivačke

Primena: ● za dijalizu                    ● kao ultrafilteri                    ● kao ambalažni materijal

# PRIMENA OSMOTSKOG PRITISKA

Određivanje relativnih molekulske masa makromolekula (proteina i sintetičkih polimera)

$$\Pi = c_M RT \{1 + B[c_M] + \dots\} \quad B[c_M] - \text{osmotski virijelni koeficijent}$$

$$\text{za razblazen rastvor} \quad c_m = \frac{n_B}{V} = \frac{c_m}{M_2} \quad c_M - \text{molarna koncentracija}$$

$$\frac{\Pi}{c_m RT} = \frac{1}{M_2} \quad c_m - \text{masena koncentracija}$$

$$\frac{\Pi}{c_m RT} = f(c_m)$$

Reversna osmoza – pojava prelaska rastvarača iz rastvora u čist rastvarač pod dejstvom visokog pritiska.

Desalinacija morske vode (celuloza – acetat ili šuplja najlonska vlakna)

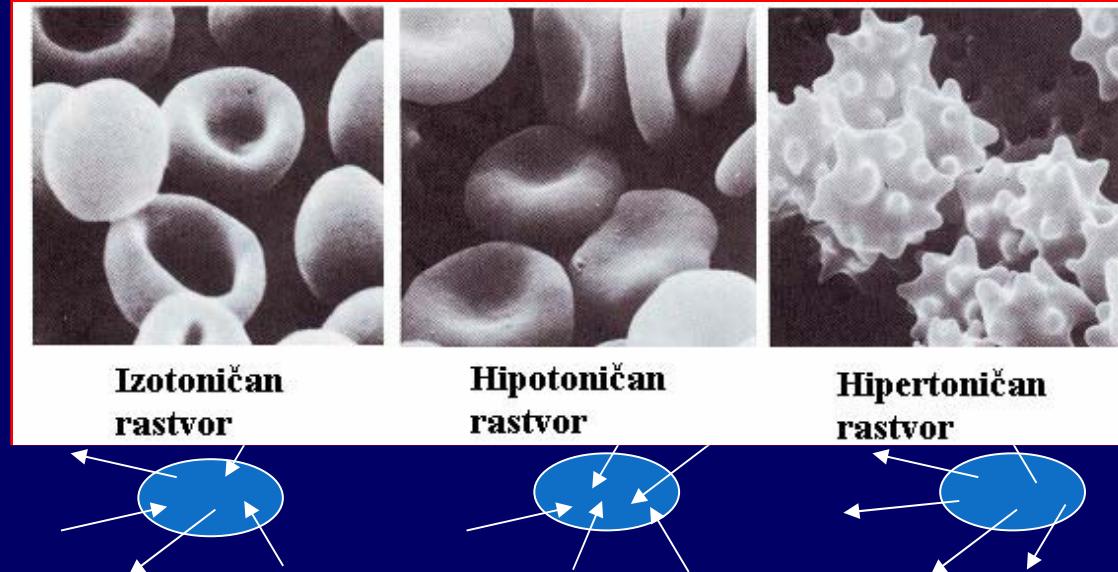
Dijaliza – transport kroz membranu propustljivu za male jone i molekule, a nepropustljivu za velike molekule ili koloidne čestice.

### Hipertonični, hipotonični i izotonični rastvori

Hipertonični rastvor sadrži višu koncentraciju rastvorka u poređenju sa drugim rastvorom (npr. ćelijskom citoplazmom). Kada se ćelija nađe u hipertoničnom rastvoru, voda difunduje iz ćelije i sama ćelija se smežura.

Hipotonični rastvor sadrži manju koncentraciju rastvorka u poređenju sa drugim rastvorom (npr. ćelijskom citoplazmom). Kada se ćelija nađe u hipotoničnom rastvoru, voda difunduje u ćeliju i sama ćelija bubri.

Izotonični rastvor sadrži istu koncentraciju rastvorka kao i drugi rastvor (npr. ćelijska citoplazma). Kada se ćelija nađe u izotoničnom rastvoru, voda difunduje u ćeliju i iz ćelije istom brzinom.



# KOLIGATIVNE OSOBINE RASTVORA - pregled

- Osobine rastvora:
  - ⊖ aditivne
  - ⊖ konstitutivne
  - ⊖ koligativne
- Koligativne osobine rastvora:
  - ⊖ Sniženje napona pare rastvora u odnosu na čist rastvarač
  - ⊖ Povišenje tačke ključanja rastvora u odnosu na čist rastvarač
  - ⊖ Sniženje tačke mržnjenja rastvora u odnosu na čist rastvarač
  - ⊖ Osmoza i osmotski pritisak

## Prilog: Načini izražavanja sastava rastvora

⊖ Molski udeo

⊖ Molarnost

⊖ Molalnost

⊖ Maseni procenat

⊖ ppm i ppb

# MOLSKI UDEO

$$\text{molski udeo komponente (x)} = \frac{\text{broj molova date komponente}}{\text{ukupan broj molova svih komponenti}}$$

Molski udeo komponente je

- Bezdimenzionalna veličina
- Ima vrednosti između 0 i 1

Primer: Rastvor se sastoji od 1.00 mol hlorovodonične kiseline i 8.00 mol vode. Odrediti molski udeo hlorovodonične kiseline u datom rastvoru.

$$n_{HCl} = 1.00 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = 8.00 \text{ mol}$$

$$x_{HCl} = ?$$

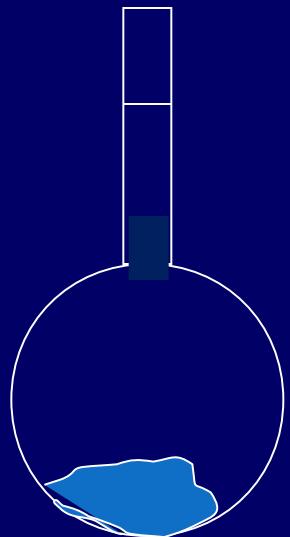
$$X_{HCl} = \frac{n_{HCl}}{n_{HCl} + n_{H_2O}} = \frac{1.00 \text{ mol}}{1.00 \text{ mol} + 8.00 \text{ mol}} = 0.111$$

# MOLARNOST

$$\text{Molarnost (M)} = \frac{\text{broj molova rastvorka}}{\text{zapremina rastvora}} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$$

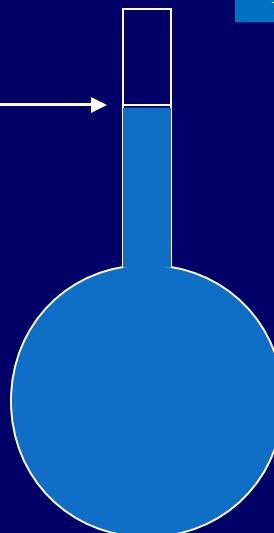
Pogodan način za pripremu rastvora u laboratorijama!

Sud od  $1 \text{ dm}^3$  (1 l)



Dodati  $0.5 \text{ mol}$   
rastvorka

Razblažiti, tj. dodati  
rastvarač (najčešće  
voda) do marke



Dobija se  $0.5 \text{ M}$  rastvor

# MOLALNOST

$$\text{molalnost (m)} = \frac{\text{broj molova rastvorka}}{\text{masa rastvarača}} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{kg}} \right]$$

Vrednost molaliteta ne zavisi od temperature.

Molalitet se koristi kod izračunavanja snišenja tačke mržnjenja i povišenje tačke ključanja rastvora u odnosu na čist rastvarač (vidi Koligativne osobine rastvora).

Primer: Koliko grama sumpora (S) treba rastvoriti u 100.0 g naftalena ( $C_{10}H_8$ ) da bi se dobio 0.12 m rastvor?

# MASENI PROCENAT

$$\text{Maseni \% komponente} = \frac{\text{masa komponente u rastvoru}}{\text{ukupna masa rastvora}} \times 100$$

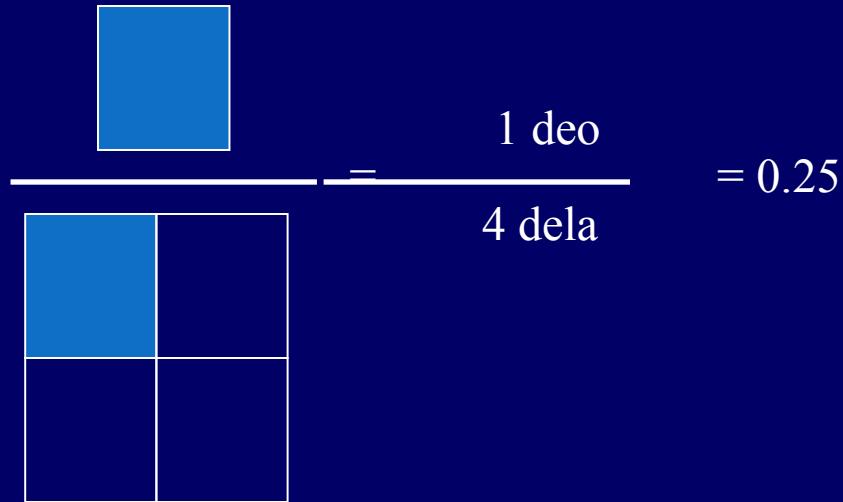
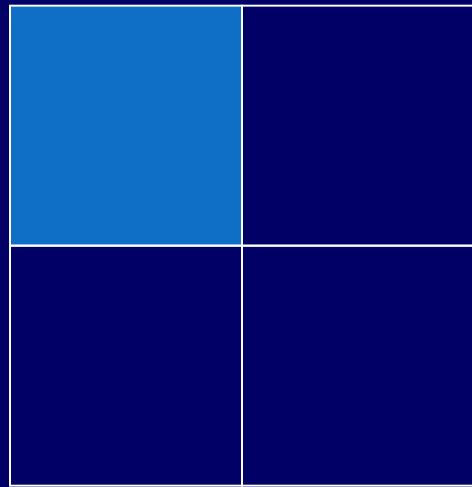
Primer: Rastvor hlorovodonične kiseline, HCl, je 36-to% ako sadrži 36 g kiseline u 100 g rastvora.

Primer: Preračunavanje molalnosti u molarnost

Komercijalna koncentrovana sumporna kiselina je 96%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i ima gustinu od  $1.84 \text{ g/cm}^3$ .

Kolika je molarnost ovog rastvora? (Molarna masa sumporne kiseline je  $98.08 \text{ g/mol}$ )

## ppm (Parts per Million) i ppb (Parts per Billion)



$$\text{ppm komponente} = \frac{\text{masa date komponente u rastvoru}}{\text{ukupna masa rastvora}} \times 10^6$$