

Dodatne vsebine Splošna kemija
Samostojno delo

7.del

P7: Raztopine in el.disociacija. Koligativne lastnosti.
Koloidne raztopine.

- **Koloidna raztopina (suspenzija)** - najmanj dve nemešljivi substanci npr. olje-voda
- je vrsta tekoče ali trdne raztopine, katere homogenost je opredeljena na razdaljah od 10 Å do 1000 Å.
- Po homogenosti jo uvrščamo med homogene raztopine in heterogene disperzne sisteme, na primer emulzije ali suspenzije.

Koloidne raztopine

- Primeri koloidnih raztopin so:
- Aerosol spreji (tekočina v plinu), dim (trdi delci v zraku)), mleko(kapljice oljnih in trdnih delcev v vodi),majoneza (vodne kapljice v olju).
- Barve: trdni pigmentni delci v olju za oljne barve, ali pigmentni in oljni delci v vodi za vodne barve.
- Koloidni delci so večji kot posamezne molekule, vendar premajhni, da bi jih videli s prostim očesom.
- Njihova velikost je od 10^{-9} m do 10^{-6} m premera.
- Značilnost je:

Tyndallov fenomen (efekt) je sipanje vidne svetlobe na koloidnih delcih.

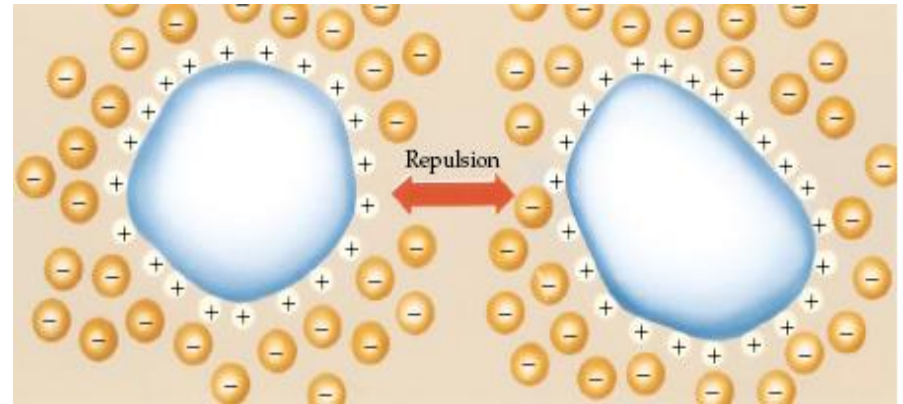
Zgled: če usmerimo snop vidne svetlobe skozi koloidno raztopino, se svetloba (valovne dolžine vidnega spektra so enakega velikostnega reda kot je velikost koloidnih delcev) siplje v vse smeri in zato opazimo snop tudi pravokotno na smer vpadne svetlobe.

Koloidne raztopine

V koloidnih raztopinah so delci dispergirane faze tako majhni, da je usedanje zanemarljivo. Ti delci imajo kljub svoji masi še vedno dovolj veliko kinetično energijo (hitrost), da se gibljejo med molekulami disperznega medija in ne pride do usedanja. V mnogih primerih imajo ti delci adsorbiran na površini istoimenski naboj, zato se med seboj odbijajo.

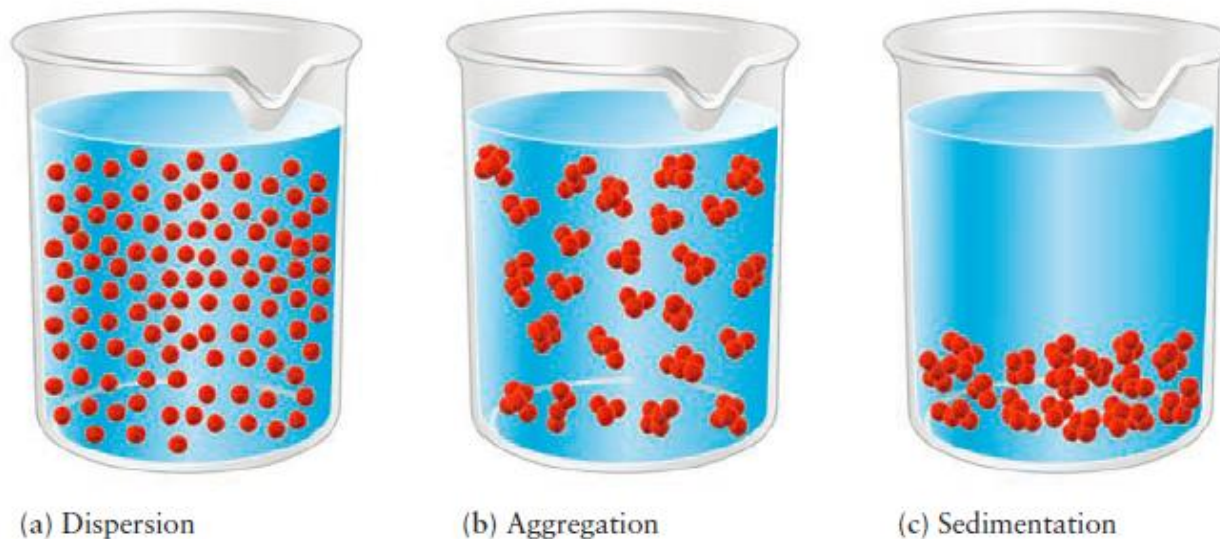
(elektrostatska stabil.) Ta naboj dobijo z adsorpcijo ene vrste ionov iz raztopine oziroma se nabijejo zaradi trenja z molekulami topila.

Vendar so delci kljub temu tako veliki (1-100nm), da naredijo zmes **motno** oziroma **opalno** zaradi **sipanja svetlobe** pri prehodu skozi koloidno raztopino.



Ali pa: združevanje in usedanje delcev: FLOKULACIJA

FIGURE 11.21 When a salt is added to a colloidal dispersion (a), the repulsive forces between the colloidal particles are reduced and aggregation occurs (b). Eventually, the aggregated particles fall to the bottom of the container as low-density sediment (c).



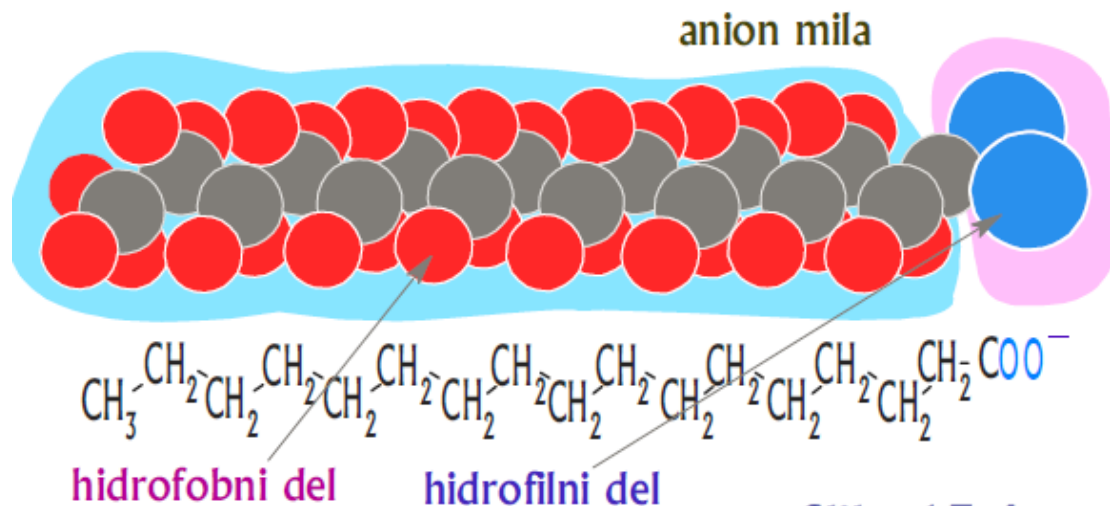
Hidrofilnost (slika 13.4) je značilnost po-

larnih molekul in ionov, da “privlačijo” molekule vode zaradi medmolekulskih sil ali sil ion-dipol.

Zgled: ioni pralnih praškov in mil (kalijev stearat in palmitat) imajo običajno negativno nabit hidrofilni del aniona, na primer karboksilno skupino, —COO^- ali sulfonsko skupino, —SO_3^- .

Hidrofobnost (slika 13.4) je značilnost nepolarnih delov molekul, da “odbijajo” polarne molekule vode.

Zgled: med hidrofobne štejemo snovi, ki se zaradi nepolarnosti z vodo ne mešajo. Hidrofobni so lahko tudi posamezni deli molekul (alifatski “repi” v maščobah – trigliceridih) ali ionov (alifatski “repi” v anionih maščobnih kislin).



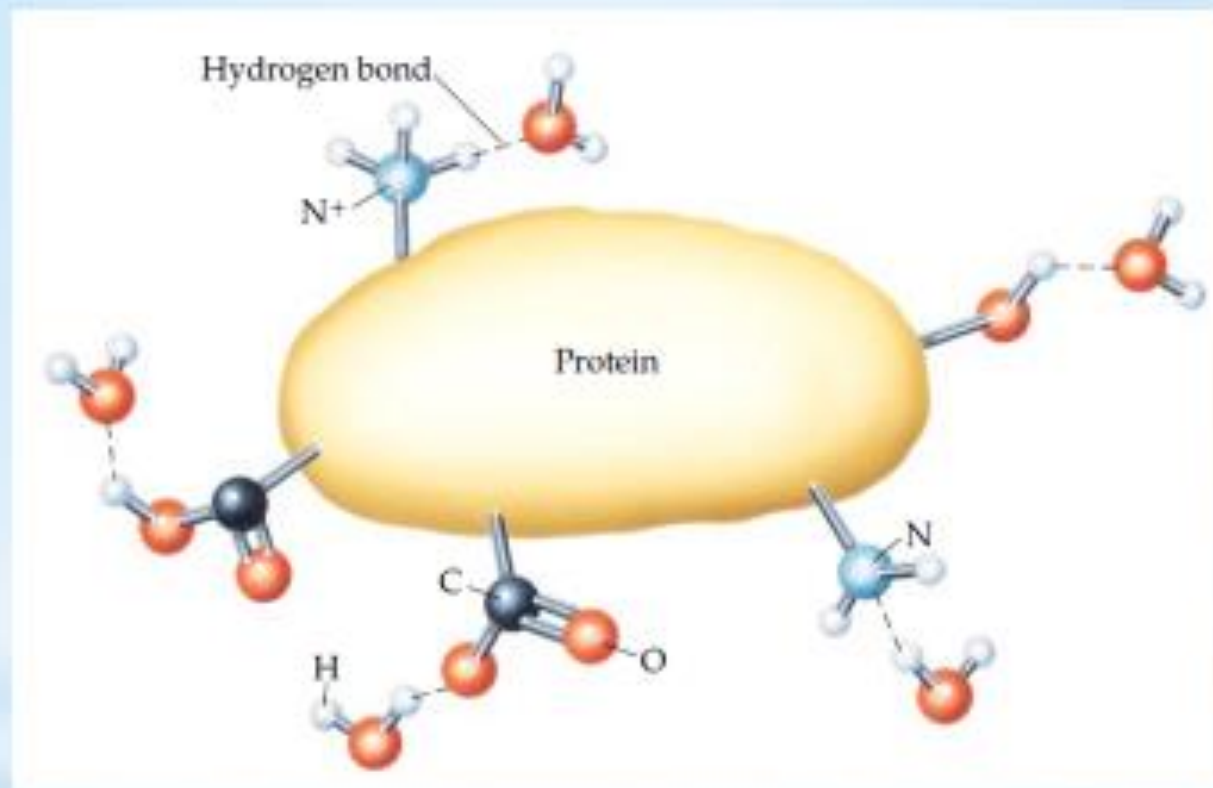
Slika 13.4

Koloidne raztopine

Koloide delimo na **hidrofilne in hidrofobne**, odvisno od lastnosti njihovih površin v disperznem stanju. Primer **hidrofilnih koloidov** so beljakovine, kot npr. hemoglobin, nosilec kisika v slani vodni biološki raztopini – krvni plazmi.

Take beljakovine so makromolekule, ki se gibljejo v vodnem mediju na način, ki omogoča, da so polarne skupine izpostavljene vodnemu mediju, medtem ko so nepolarne skupine zaprte.

Hidrofilni koloidi



Hidrofilni koloidni delec - beljakovina, je stabiliziran z vodikovo vezjo k vodi.

EMULGATORJI- *Hidrofobni koloidi*

Kako »raztopiti« olje ali mast v vodi?

Z **emulgatorji** (npr. z milom).

Hidrofobni koloidi so na splošno znani kot **emulgatorji**.

Taka sredstva prekrijejo delce dispergirane faze in preprečijo koagulacijo – združevanje v večje agregate, ki se lahko usedajo oziroma se izločijo. Tipični primer hidrofobnih koloidov sta **mleko in majoneza**.

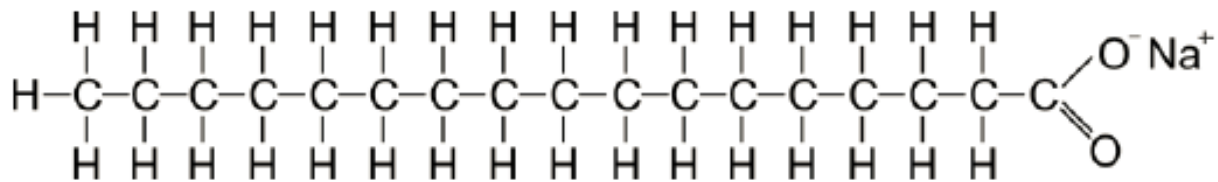
Natrijev stearat- stearinske kislina, je tipičen primer mila

Trda voda vsebuje ione Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , ki zamenjujejo Na^+ ione v milu in **oborijo** mila.

Izkoristek mila se z uporabo trde vode zmanjša.

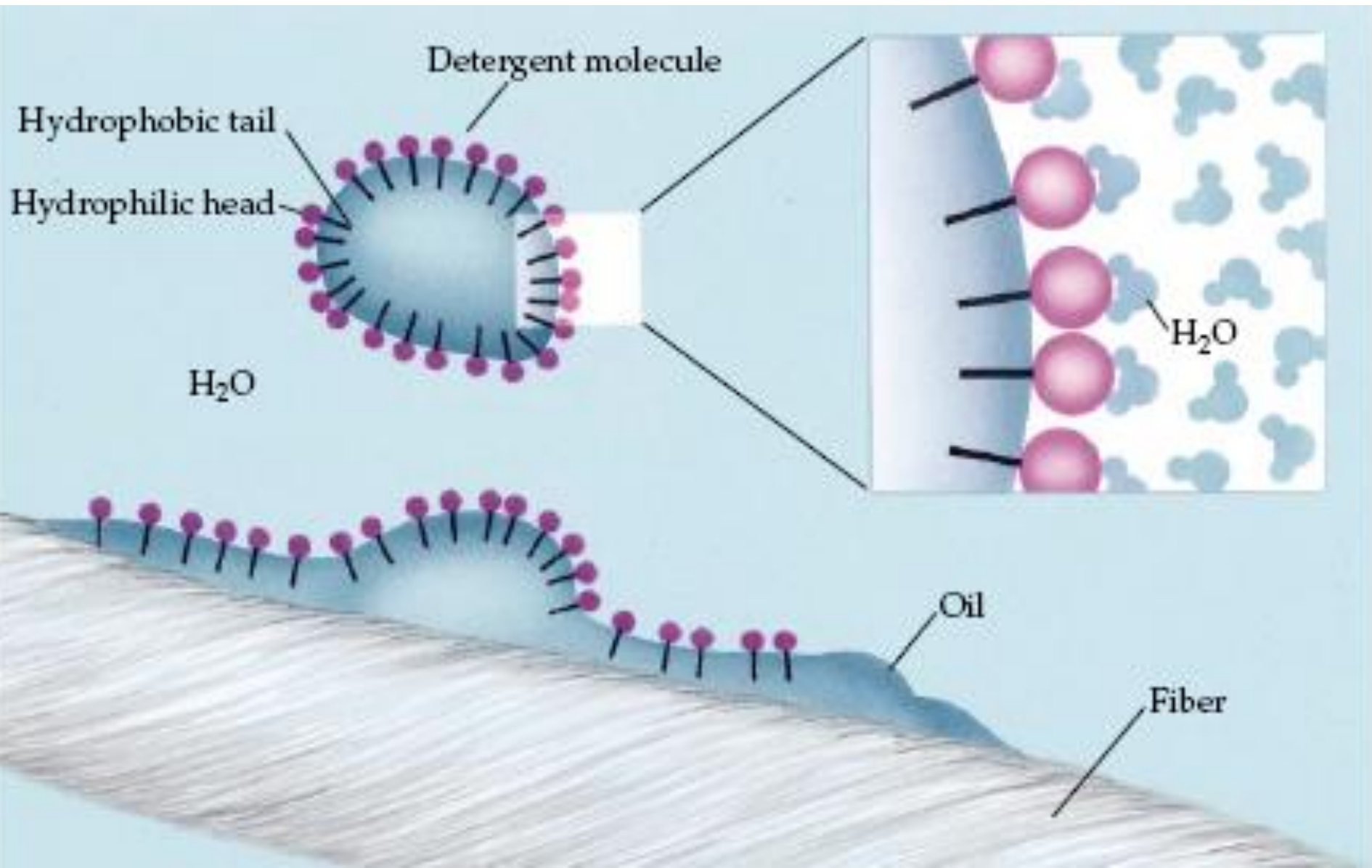
Čistilni učinek mila

Naše najpomembnejše topilo je voda. V primeru, ko hočemo odstraniti olja ali mast, moramo znati oboje raztopiti v vodi. To naredimo z milom in detergenti, ki služijo kot emulgatorji. Milo je običajno natrijeva sol organskih maščobnih kislin, z dolgo verigo ogljikovih atomov. Natrijev stearat je tipičen primer mila.

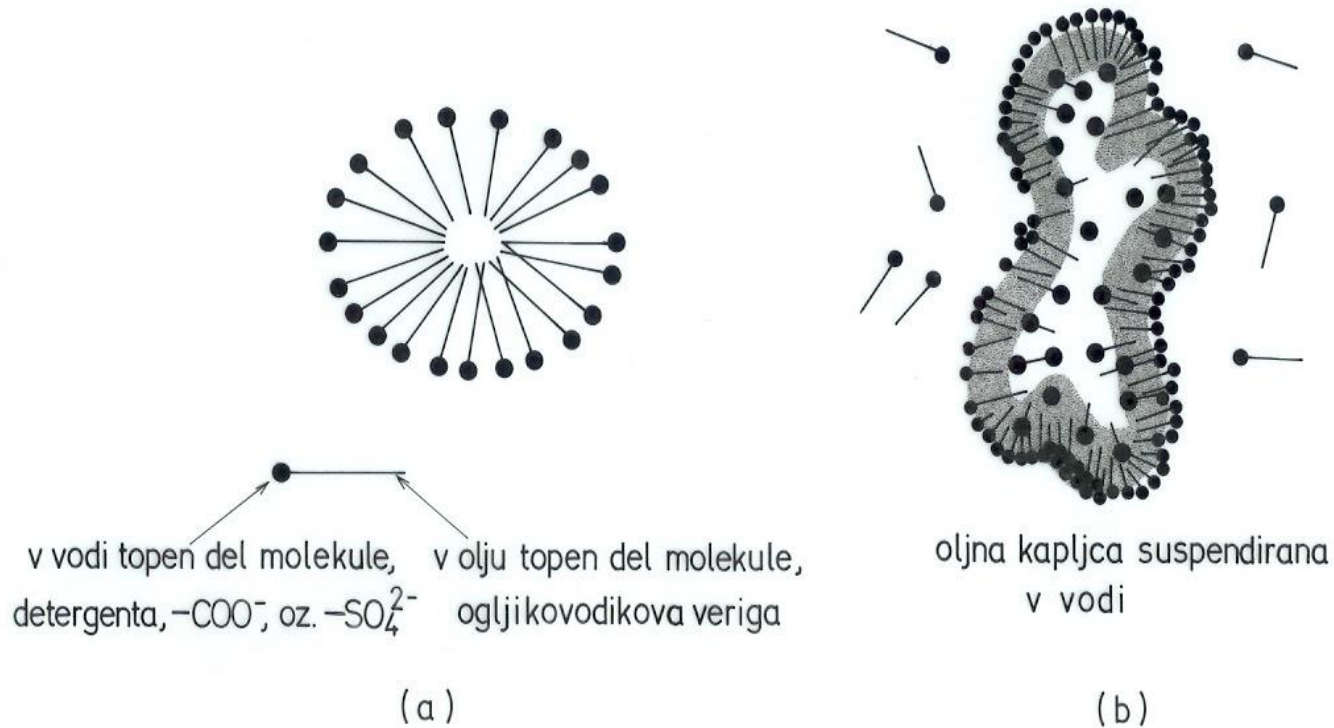


anioni mila ali detergenta so sestavljeni iz “hidrofobnega repa” in “hidrofilne glave”. Hidrofobni deli anionov so usmerjeni proti hidrofobnim delom nečistoč (obdajo na primer hidrofobne delce maščob), hidrofilni deli iona pa so usmerjeni navzven in obdani z molekulami vode. Na ta način se večji delci umazanije razbijejo (dispergirajo) v manjše in voda lahko te manjše delce pri spiranju odplakne.

- Raztapljanje maščob z uporabo detergentov, mila - emulgatorja.

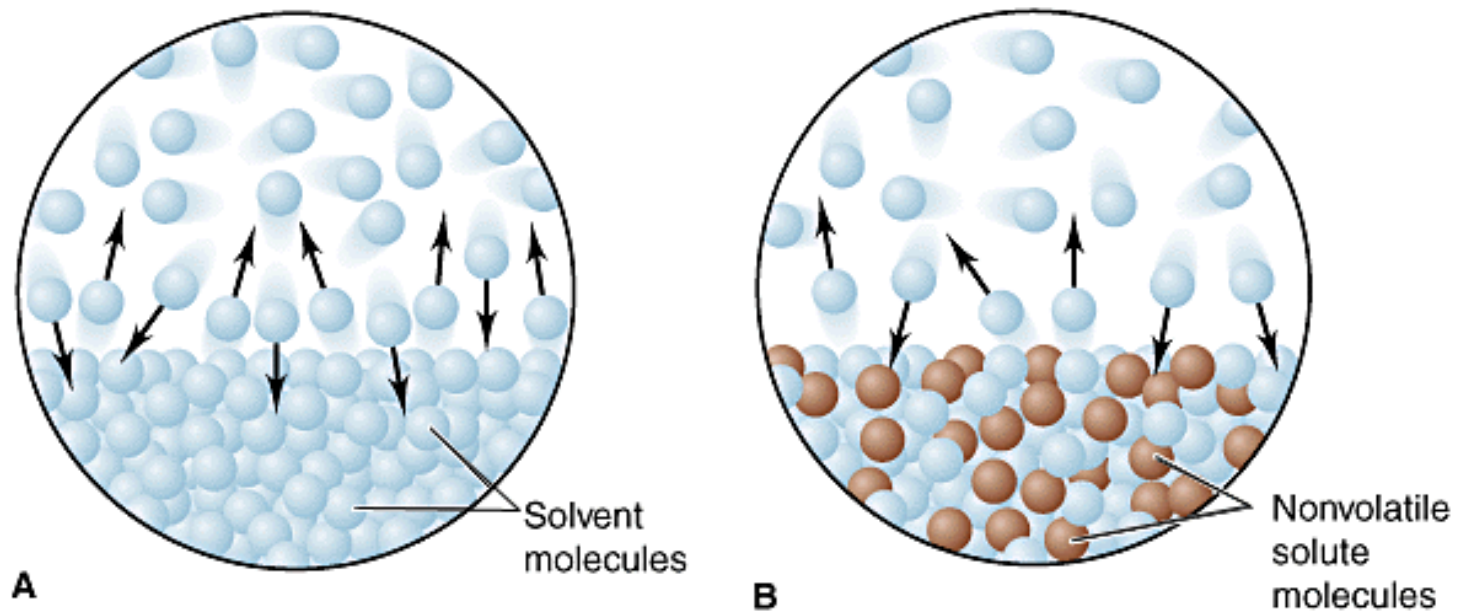


Zgradba micle in raztapljanje maščob



V vodi se molekule porazdelijo tako, da so nepolarni deli molekule v notranjosti zgradbe obdani s polarnimi glavami. Takim zgradbam pravimo micle. V tem primeru je raztopina suspenzija micel v vodi. Olje oziroma maščobe se 'topijo' tako, da micle 'ujamejo' dele olja oziroma maščob in ga vključijo v svojo nepolarno notranjost. Micle tvorijo v vodi prave emulzije, tako da olje oziroma maščobe lahko odstranimo.

Parni tlak



- Odvisnost parnega tlaka od koncentracije je podana z zvezo, ki jo je prvi opisal **M.Raoult 1848**:

$$P_1 = X_1 \cdot P_1^{\circ}$$

- P_1° parni tlak topila, P_1 parni tlak topila v raztopini
- X_1 množinski delež topila, X_2 množinski delež topljenca
- za nehlapen topljenec velja relativno znižanje parnega tlaka:

$$\bullet \quad \frac{\Delta P}{P_1^{\circ}} = \frac{P_1^{\circ} - P_1}{P_1^{\circ}} = \frac{P_1^{\circ} - P_1^{\circ} \cdot X_1}{P_1^{\circ}} = (1 - X_1) = X_2$$

Naloga 1

Kakšen je parni tlak vode v raztopini, pri 85°C, pripravljeni iz 100g glukoze $C_6H_{12}O_6$ raztopljene v 50g vode? Parni tlak vode pri 85°C je 433,6 mmHg.

- $P_1 = x_1 \cdot P_1^0$
- P_1^0 parni tlak topila
- P_1 parni tlak topila v raztopini
- X_1 množinski delež topila
- X_2 množinski delež topljenca

- $n_2 = 100\text{g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 / 180,18\text{g.mol}^{-1} = 0,555\text{ mol glukoze}$

- $n_1 = 50\text{g} / 18\text{g.mol}^{-1} = 2,77\text{mol vode}$

- $n_1 + n_2 = 3,32\text{mol}$ $x_2 = 0,555 / 3,32 = 0,167$

- $x_1 = 2,77 / 3,32 = 0,834$

- $P_1 = X_1 \cdot P_1^0$

- $P_{\text{H}_2\text{O}} = X_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,834 \cdot 433,6\text{ mmHg} = 361,62\text{ mmHg}$

EXAMPLE 14.4 *Using Raoult's Law*

The compound 1,2-ethanediol, $\text{HOC}_2\text{H}_4\text{OH}$, is commonly called ethylene glycol. Among other things, it is a common ingredient of automobile antifreeze (Figure 14.11). If 650. g of ethylene glycol is dissolved in 1.50 kg of water (a 30.2% solution, a commonly used antifreeze solution), what is the vapor pressure of the water over the solution at 90 °C? (The vapor pressure of pure water at 90 °C is 525.8 mm Hg, as given in Appendix E.)



Figure 14.11 Adding antifreeze to water prevents the water from freezing. Here a jar of pure water (*left*) and a jar of water to which automobile antifreeze had been added (*right*) were kept overnight in the freezing compartment of a home refrigerator. (C. D. Winters)

EXERCISE 14.5 *Using Raoult's Law*

Assume you dissolve 10.0 g of sugar ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) into 225 mL (225 g) of water and warm the water to 60 °C. What is the vapor pressure of the water over this solution? ■

- 14.5. Solution consists of sucrose (0.0292 mol) and water (12.5 mol).

$$X_{\text{water}} = \frac{12.5 \text{ mol H}_2\text{O}}{12.5 \text{ mol H}_2\text{O} + 0.0292 \text{ mol sucrose}} = 0.998$$

$$P_{\text{water}} = (0.998)(149.4 \text{ mm Hg}) = 149 \text{ mm Hg}$$

Even with 10.0 g of sugar, the vapor pressure of water has changed very little.

TABLE 12 Vapor Pressure of Water at Various Temperatures

Temperature °C	Vapor Pressure torr	Temperature °C	Vapor Pressure torr	Temperature °C	Vapor Pressure torr	Temperature °C	Vapor Pressure torr
−10	2.1	21	18.7	51	97.2	81	369.7
−9	2.3	22	19.8	52	102.1	82	384.9
−8	2.5	23	21.1	53	107.2	83	400.6
−7	2.7	24	22.4	54	112.5	84	416.8
−6	2.9	25	23.8	55	118.0	85	433.6
−5	3.2	26	25.2	56	123.8	86	450.9
−4	3.4	27	26.7	57	129.8	87	468.7
−3	3.7	28	28.3	58	136.1	88	487.1
−2	4.0	29	30.0	59	142.6	89	506.1
−1	4.3	30	31.8	60	149.4	90	525.8
0	4.6	31	33.7	61	156.4	91	546.1
1	4.9	32	35.7	62	163.8	92	567.0
2	5.3	33	37.7	63	171.4	93	588.6
3	5.7	34	39.9	64	179.3	94	610.9
4	6.1	35	42.2	65	187.5	95	633.9
5	6.5	36	44.6	66	196.1	96	657.6
6	7.0	37	47.1	67	205.0	97	682.1
7	7.5	38	49.7	68	214.2	98	707.3
8	8.0	39	52.4	69	223.7	99	733.2
9	8.6	40	55.3	70	233.7	100	760.0
10	9.2	41	58.3	71	243.9	101	787.6
11	9.8	42	61.5	72	254.6	102	815.9
12	10.5	43	64.8	73	265.7	103	845.1
13	11.2	44	68.3	74	277.2	104	875.1
14	12.0	45	71.9	75	289.1	105	906.1
15	12.8	46	75.7	76	301.4	106	937.9
16	13.6	47	79.6	77	314.1	107	970.6
17	14.5	48	83.7	78	327.3	108	1004.4
18	15.5	49	88.0	79	341.0	109	1038.9
19	16.5	50	92.5	80	355.1	110	1074.6
20	17.5						

EXAMPLE 14.5 *Calculating a Molar Mass Using Raoult's Law*

Eugenol is the active component of oil of cloves. It has an empirical formula of $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}$. You dissolve 0.144 g of the compound in 10.00 g of benzene, C_6H_6 . The vapor pressure of the benzene solution is 94.35 mm Hg at 25 °C, down from 95.00 mm Hg for pure benzene at this temperature. Use this information to calculate the molar mass of eugenol and its molecular formula.

Solution Knowing the vapor pressure of the pure solvent (benzene) and that of the solvent over the solution, you can calculate the mole fraction of benzene from Raoult's law, Equation 14.6.

$$P_{\text{benzene}}^{\circ} = 95.00 \text{ mm Hg} \quad P_{\text{benzene}} = 94.35 \text{ mm Hg}$$

$$X_{\text{benzene}} = \frac{P_{\text{benzene}}}{P_{\text{benzene}}^{\circ}} = 0.9932$$

The mole fraction of benzene is defined as moles of benzene per total moles. Because the moles of benzene are

$$10.00 \text{ g C}_6\text{H}_6 \left(\frac{1 \text{ mol}}{78.115 \text{ g}} \right) = 0.1280 \text{ mol C}_6\text{H}_6$$

we have the following expression:

$$X_{\text{benzene}} = 0.9932 = \frac{0.1280 \text{ mol benzene}}{0.1280 \text{ mol benzene} + ? \text{ mol eugenol}}$$

Solving this expression for moles of eugenol produces $8.764 \times 10^{-4} \text{ mol}$. This means the molar mass of eugenol is

$$\frac{0.144 \text{ g eugenol}}{8.764 \times 10^{-4} \text{ mol eugenol}} = 164 \text{ g/mol}$$

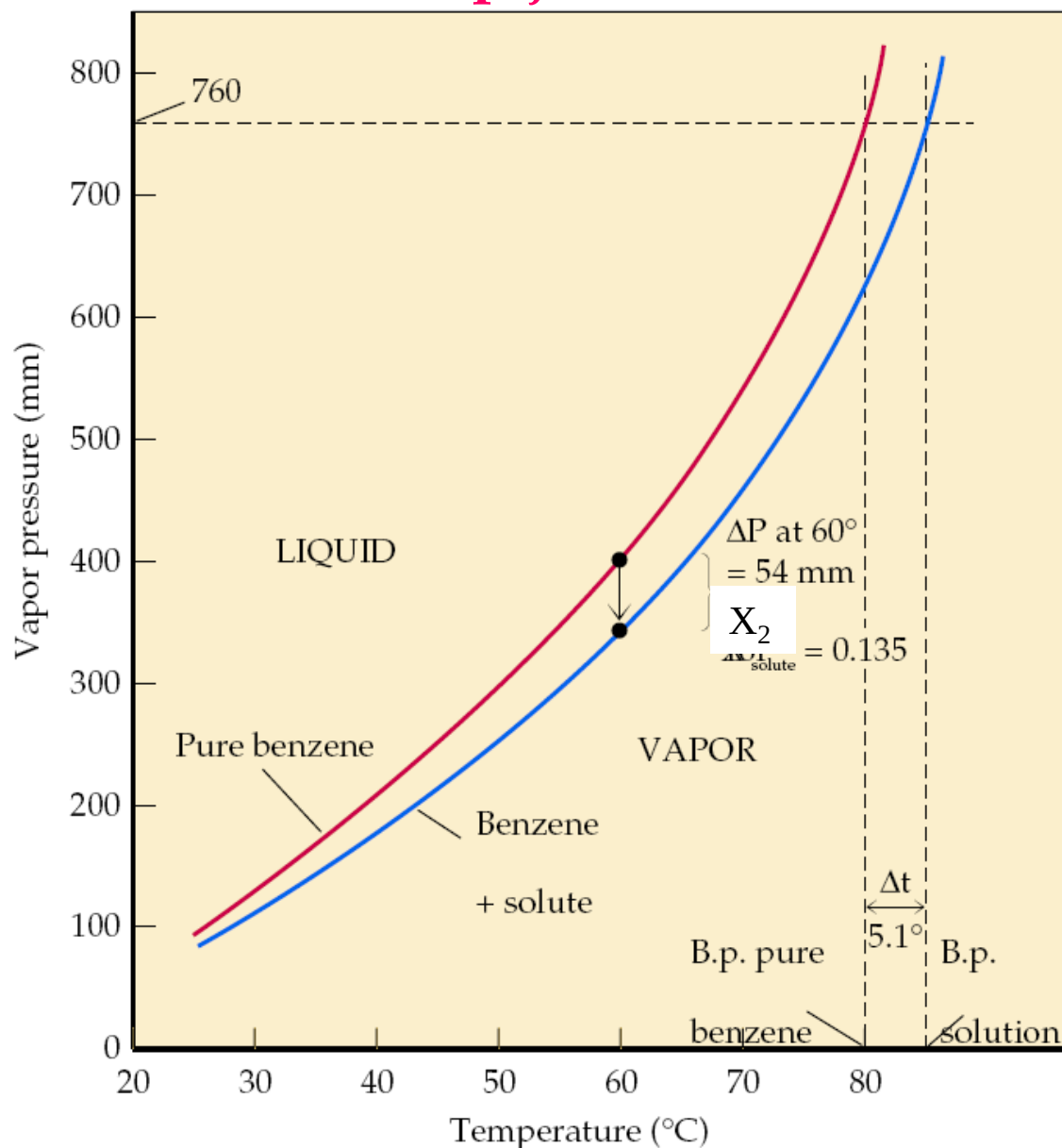
Finally, because $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}$ has a mass of 82 g per formula unit, the molecular formula of eugenol is $(\text{C}_5\text{H}_6\text{O})_2$, or $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$.

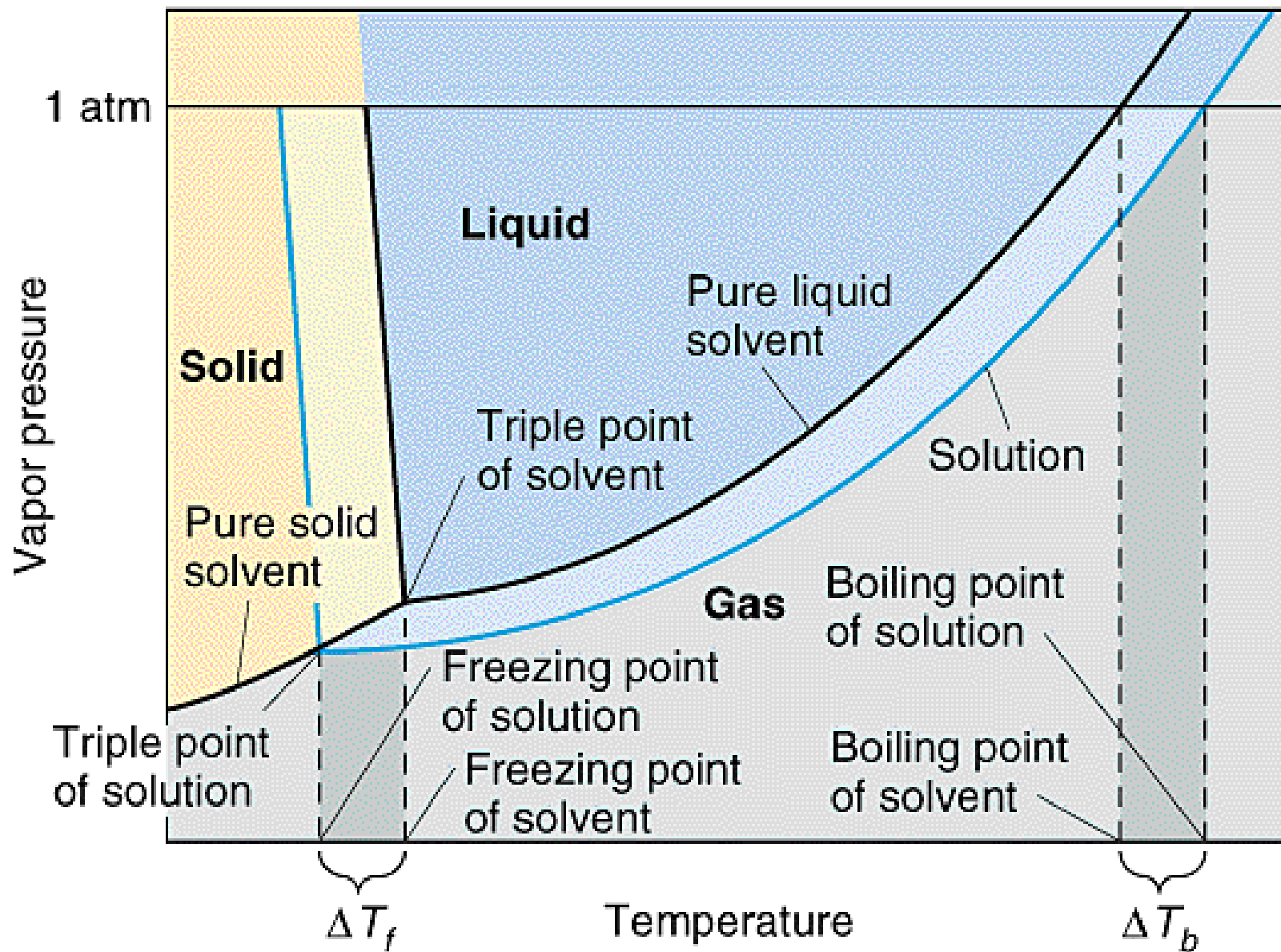
- Če 8,05 g neznane spojine raztopimo v 100 g benzena, se parni tlak topila benzena zniža od 100 mmHg na 94,8 mmHg pri 26 °C. Kakšen je množinski delež topljenca in in molska masa topljenca?

- R: $X_2=0,052$, $M=114 \text{ g/mol}$

Zvišanje vrelišča – ebulioskopija

Figure 14.12 Lowering of the vapor pressure of a volatile solvent, benzene, by addition of a nonvolatile solute. (There is 0.200 mol of solute dissolved in 0.100 kg of solvent.) At 60 °C the vapor pressure of the benzene was lowered by 54 mm Hg from 400. mm Hg to 346 mm Hg. At the normal boiling point of benzene, 80.1 °C, the vapor pressure is lowered from 760 mm Hg to 657 mm Hg. To boil, the vapor pressure of the benzene over the solution must be 760 mm Hg, so the solution boils 5.1 °C higher than the pure solvent, that is, at 85.2 °C.

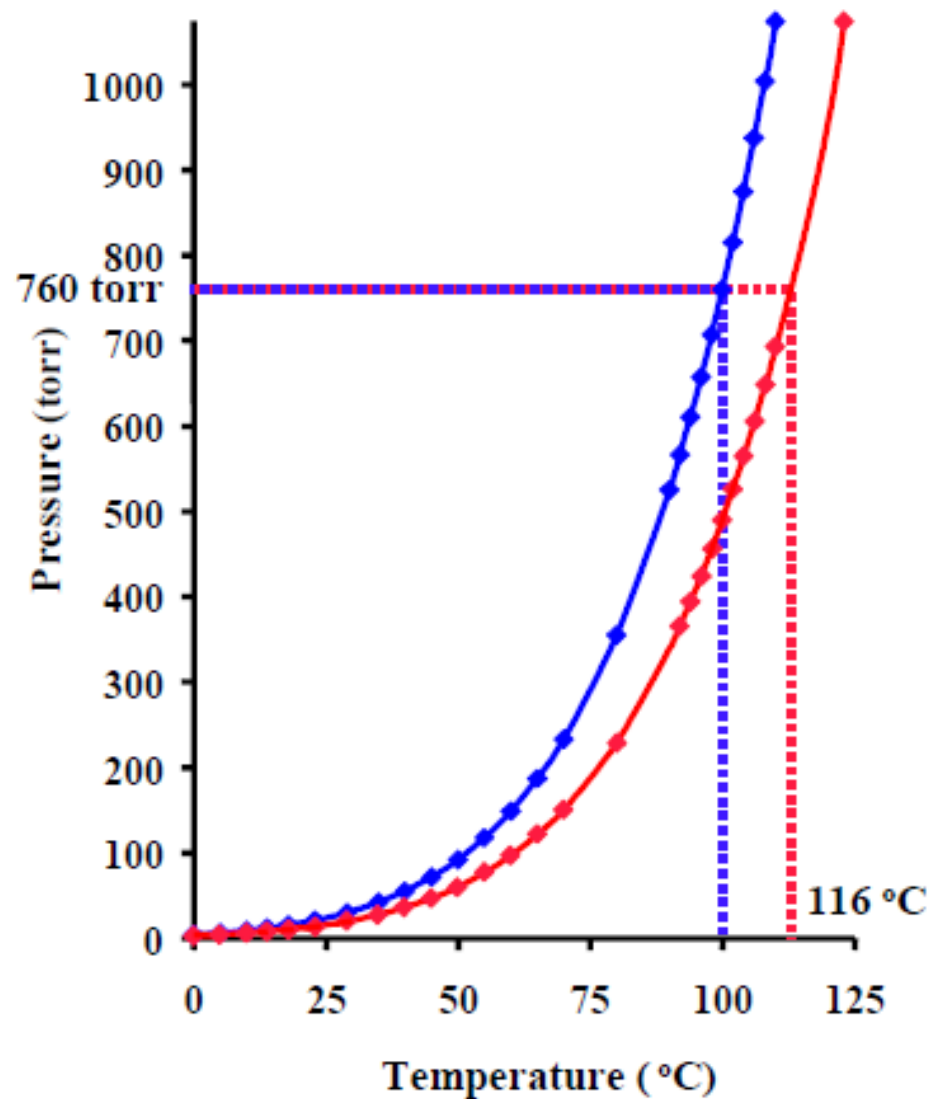




- $\Delta T_{\text{vrel}} = K_e \cdot m = \frac{K_e \cdot m_2 \cdot 1000}{m_1 \cdot M_2}$ 2.....topljenec
- 1.....topilo

- K_e - ebulioskopska konstanta za vodo (0,515 K.kg/mol)

Vapor Pressure of Water and 0.510 mole MgCl_2 in 50.0 mL Water



Znižanje zmrzišča - krioskopija

- $\Delta T_{\text{tal}} = K_K \cdot m = \frac{K_K \cdot m_2 \cdot 1000}{m_1 \cdot M_2}$ 2....topljenec
1... topilo
- K_K - krioskopska konstanta za vodo (1,86 K.kg/mol)
- Navedene matematične zveze veljajo le za raztopine **neelektrolitov** (raztopine teh snovi vsebujejo molekule), ne pa raztopine elektrolitov (raztopine kislin , baz in soli, ki vsebujejo ione)

Zveza med van't Hoffovim korekturnim faktorjem i in stopnjo disociacije α :

- Če od 1 mola molekul A_nB_m disociira α molov,

- dobimo: $A_nB_m \longrightarrow nA_m^+ + mB_n^-$

- $1 - \alpha \qquad n\alpha \qquad m\alpha$

- Celotna množina delcev v raztopini (i) je:

- $i = 1 - \alpha + n\alpha + m\alpha$ ali na splošno

$$i = 1 - \alpha + v\alpha$$

- v ...je št. ionov, ki nastane pri disociaciji ene molekule
 $v = n + m$

- v primeru elektrolitov je i -št. delcev, ki nastane med disociacijo
- za HCl , NaCl , NaOH je $i \approx 2$
- za Na_2SO_4 , MgCl_2 ... je $i \approx 3$
- za AlCl_3 , Na_3PO_4 je $i \approx 4$
- pri tem velja, da je **stopnja disociacije** $\alpha \approx 1$

Naloge:

- 1) Za raztopino vzamemo 0,1 m K_2SO_4 , ki zmrzne pri $T_{\text{zmrz.}} = -0,458^\circ\text{C}$. Zanima nas kakšen je i v tej raztopini?

$$\Delta T_{\text{zmrz.}} = i \cdot K_K \cdot m \rightarrow i = \underline{2,46}$$

$$\alpha = 100\%$$



$$i = \nu$$

$$\text{idealni: } i = 1 - \alpha + \nu \cdot \alpha$$

2) Ceste posipamo s soljo, s čemer preprečujemo poledico. Za koliko se zniža strdišče vode, če eni toni vode dodamo 100 kg soli NaCl. Krioskopska konstanta voda je 1,86 kgK/mol.

Rešitev: $\Delta T = 6,4\text{K}$

- 3) Avtomobilski antifriz je sestavljen pretežno iz glikola $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$. Tipična raztopina v hladilnem sistemu je sestavljena iz 1850 gramov glikola in 5,50 kg vode.
- a) Kakšen je parni tlak vode raztopine pri 80°C , če je $p_1^0 = 355,1 \text{ mm Hg}$?
- b) Za koliko se zniža zmrzišče te raztopine pri p_1 ?

$$\text{a) } m(\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2) = 1850 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 5500 \text{ g}$$

$$T = 80^\circ\text{C}$$

$$\text{a) } p_1 = ?$$

$$x_1 = 0,92 = 92\%$$

$$p_1 = x_1 \cdot p_1^0 = 0,91 \cdot 355,1 \text{ mm Hg} = \underline{323,141 \text{ mm Hg}}$$

$$\text{b) } T_z = ? \quad i = 1, \text{ ker ne disociira}$$

$$m = 5,425 \text{ mol/kg}$$

$$\Delta T_{z\text{mrz.}} = i \cdot K_K \cdot m = 1 \cdot 1,86 \cdot 5,425 = 10,1\text{K}$$

$$T_z = T_0 - \Delta T_{z\text{mrz.}} = 0^\circ\text{C} - 10,1^\circ\text{C} = \underline{-10,1^\circ\text{C}}$$

4) V 100 cm³ vode raztopimo 1,1 g proteina pri 20°C. Osmotski tlak raztopine je 395 Pa. Določi molsko maso proteina!

$$\pi = i \cdot c \cdot R \cdot T = \cdot R \cdot T = \rightarrow M =$$

$$M = 67838 \text{ g/mol}$$

5) Normalno vrelišče benzena je 80°C, njegova ebullioskopska konstanta pa 2,53 K kg mol⁻¹. Če raztopimo 0,668 g kafe v 20 g benzena, se zviša vrelišče topila za 0,612 K. Izračunaj molsko maso kafe!

$$\Delta T_{\text{vrel.}} = i \cdot K_e \cdot m \rightarrow m = 0,24 \text{ mol/kg}$$

$$m = \rightarrow M = 138 \text{ g/mol}$$

OSMOTSKI TLAK π

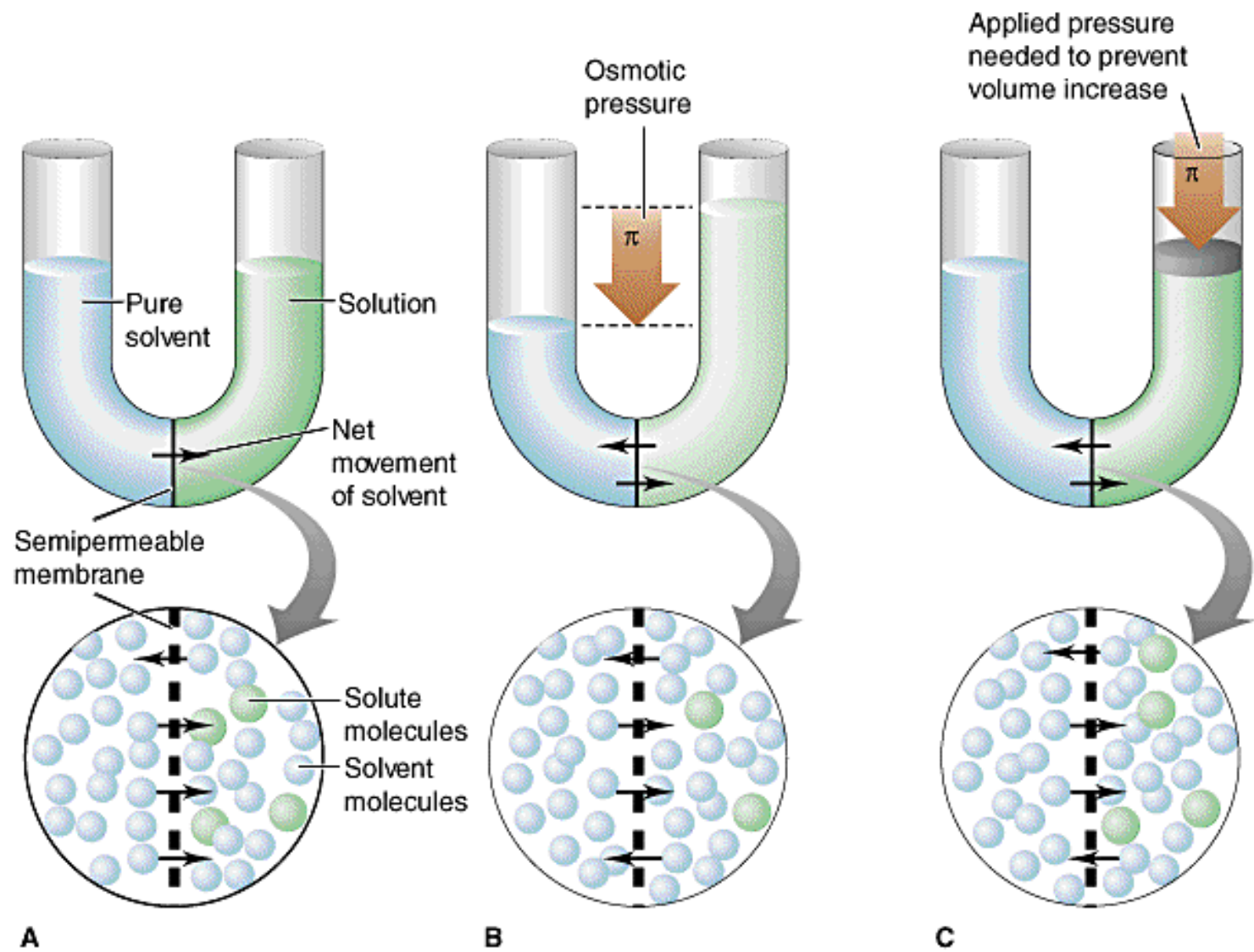
- **Težnjo molekul po prehajanju** skozi polprepustno membrano definiramo kot **osmotski tlak**, ki ga lahko uravnotežimo s hidrostatskim tlakom. Na ta način lahko kvantitativno ovrednotimo osmotski tlak.
- **Osmoza** je koligativna lastnost, ker je odvisna od števila delcev in ne od lastnosti delcev.

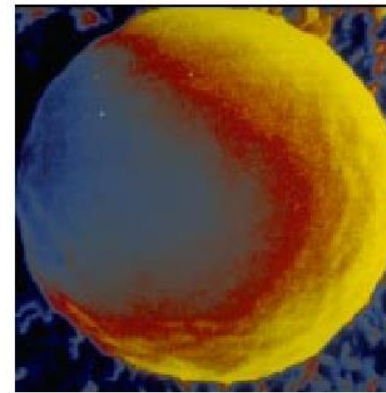
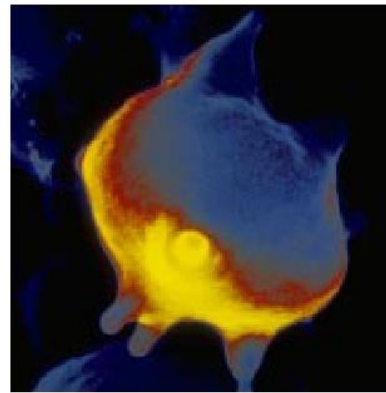
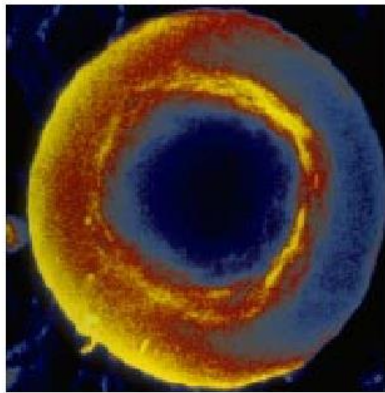
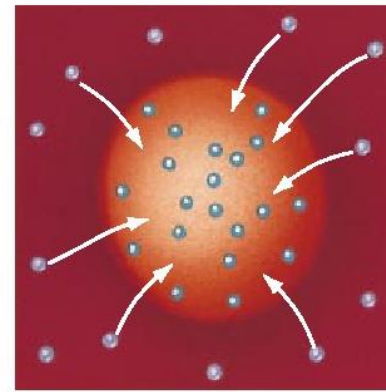
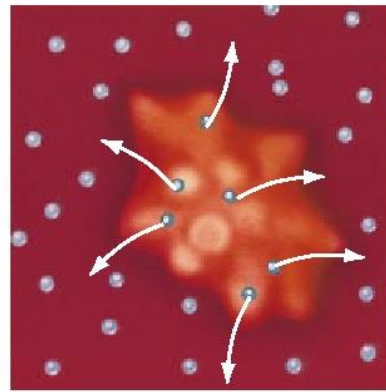
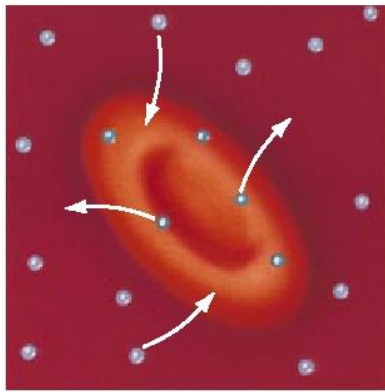
OSMOTSKI TLAK π

$$\pi = i \cdot c \cdot RT$$

c - množinska koncentracija

i -van't Hoffov faktor





(a) Isotonic solution

(b) Hypertonic solution

(c) Hypotonic solution

(a) A cell placed in an **isotonic** solution. The net movement of water in and out of the cell is zero because the concentration of solutes inside and outside the cell is the same.

(b) In a **hypertonic solution**, the concentration of solutes outside the cell is greater than that inside. There is a net flow of water out of the cell, causing the cell to dehydrate, shrink, and perhaps die.

(c) In a **hypotonic solution**, the concentration of solutes outside of the cell is less than that inside. There is a net flow of water into the cell, causing the cell to swell and perhaps to burst.

NALOGA 2.

Osmotski pritisk krvi pri 37°C je 7,73 atm. Kakšna je množinska koncentracija izotonične raztopine soli NaCl, če je van't Hoffov faktor za NaCl $i=1,9$?

Izotoničen $\rightarrow$ raztopini imata enak osmotski pritisk!

$$\pi (\text{krvi}) = 7,73 \text{ atm}$$

$$T = 37^\circ\text{C} = 310 \text{ K}$$

NaCl:

$$\pi (\text{soli}) = 7,73 \text{ atm}$$

$$i = 1.9$$

$$\pi = i \cdot c \cdot R \cdot T$$

$$c = \pi / i R \cdot T \Rightarrow$$

$$7,73 \text{ atm} / 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 310 \text{ K} \cdot 1,9$$

$$\underline{c = 0,16 \text{ M}}$$

1. Mešanica etanola ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) in vode ima zmrzišče pri -16°C . ($K_{k(\text{H}_2\text{O})}=1,85 \text{ K.kg/mol}$)

Kakšna je molalnost raztopine?

Kakšen je masni delež alkohola v raztopini?

2. Z uporabo naslednjih reakcij, poišči entalpijsko spremembo za reakcijo tvorbe PbO(s) iz Pb(s) in $\text{O}_2(\text{g})$:



Koliko toplote (kJ) se sprosti ali porabi , če 250g Pb(s) reagira s $\text{O}_2(\text{g})$ do PbO(s) ?

3. V 200 mL vode raztopimo 50g NaBr. Zmrzišče te raztopine je $-7,22^\circ\text{C}$. Krioskopska konstanta vode je $1,85 \text{ K.kg/mol}$. Izračunaj stopnjo disociacije NaBr!

4. Raztopina K_2SO_4 s koncentracijo $b = 0,100 \text{ mol/kg}$ zmrzne pri $-0,458^\circ\text{C}$.

Kakšna je

a) idealna vrednost van't Hoff-ovega koeficienta i

b) dejanska vrednost van't Hoff-ovega koeficienta i
kg/mol

$$K_k = 1,86 \text{ K}$$