



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# CHEMIE OBECNÁ

## DISPERZNÍ SOUSTAVY - I

# Disperzní soustavy

- ☐ Homogenní nebo heterogenní soustava alespoň dvou látek.  
V **disperzním prostředí** je rozptýlena **dispergovaná látka**.
- ☐ Disperzní soustavy lze dělit:

## Dle disperzního prostředí

- ☐ plynné: aerosol (s-g je dým, l-g je mlha)
- ☐ kapalné: suspense (s-l), emulze (l-l), pěna (g-l), roztoky
- ☐ tuhé: slitiny (s-s)

## Dle velikosti dispergovaných částic

- ☐ hrubé disperse (částice větší 1000 nm)
- ☐ koloidní roztoky (částice 1 až 1000 nm)
- ☐ pravé roztoky (částice menší než 1 nm)

❖ Poznámka: Dále se budeme zabývat některými speciálními případy disperzních soustav

# Rozpustnost plynů v kapalinách

- ❑ Plyn se rozpouští v kapalině tak dlouho, až se ustaví mezi oběma fázemi rovnováha.
- ❑ Rozpustnost plynu v kapalině závisí na těchto faktorech:
  - chemická povaha plynu a kapaliny
    - ❖ plyn s kapalinou reaguje. Rozpustnost plynu je velká, např. amoniak a voda
    - ❖ plyn s kapalinou nereaguje. Rozpustnost plynu je malá, např. dusík ve vodě
  - tlak
    - ❖ obecně platí, že vyšší tlak podporuje rozpouštění plynu v kapalině
    - ❖ pro plyny s kapalinou nereagující platí Henryho zákon

# Rozpustnost plynů v kapalinách

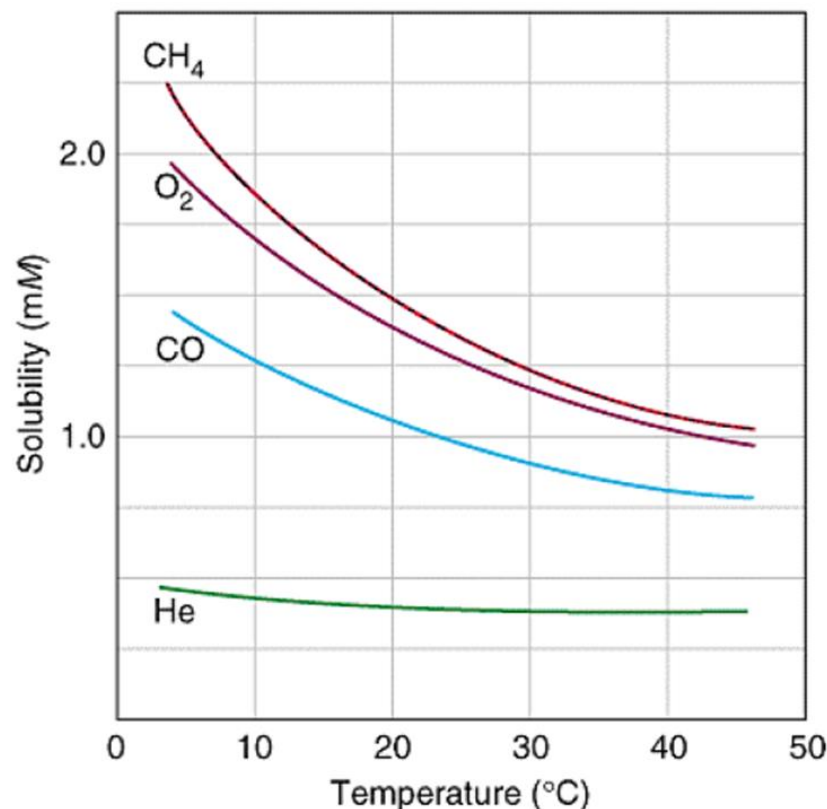
## Henryho zákon

- ❑ Def: Množství plynu rozpuštěného v objemové jednotce kapaliny, se kterou nereaguje, je za konstantní teploty přímo úměrný jeho parciálnímu tlaku nad roztokem.
- ❑ Platí:  $dT = 0$   $x(B) = k_B p_B$   $p_B = k_H x(B)$   
 $x(B)$  je molární zlomek,  $k_B$  je konstanta,  $k_H = 1/k_B$  je Henryho konstanta
- ❑ Obě rovnice jsou ekvivalentní. Henryho zákon platí tím přesněji, čím je menší tlak plynu a čím je rozpustnost plynu menší.
- ❑ Při rozpouštění směsi plynů se každý z nich řídí svojí konstantou. To znamená, že složení směsi nad roztokem je jiné než v roztoku. Např. poměr dusík/kyslík ve vzduchu je asi 4:1, ve vodě je to 2:1. Větší množství kyslíku v provzdušněných vodách má vliv na život v nich.

# Rozpustnost plynů v kapalinách

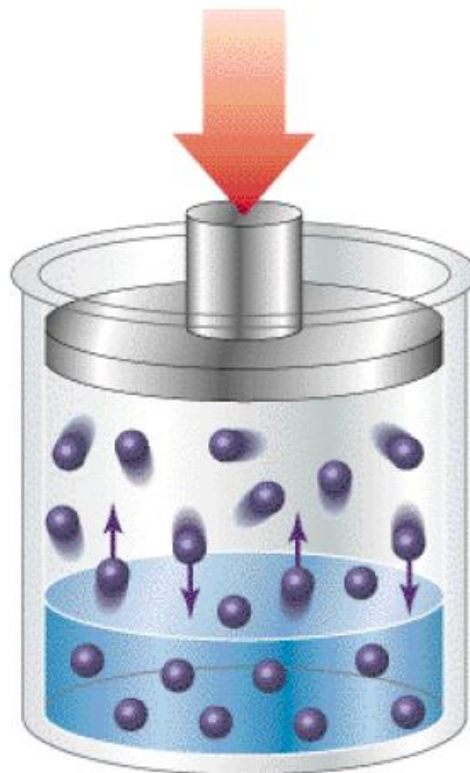
## ➤ teplota

- ❖ vliv teploty souvisí s enthalpií rozpouštění. Většinou se ale jedná o exotermní proces, což znamená, že vyšší teplota rozpustnost plynu snižuje.

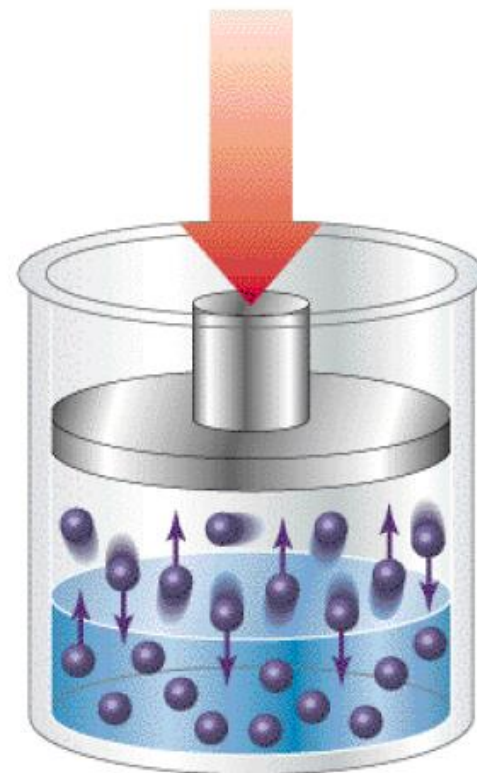


# Rozpustnost plynů v kapalinách

- vnější tlak
  - ❖ vyšší tlak rozpustnost plynu zvyšuje.



(a)



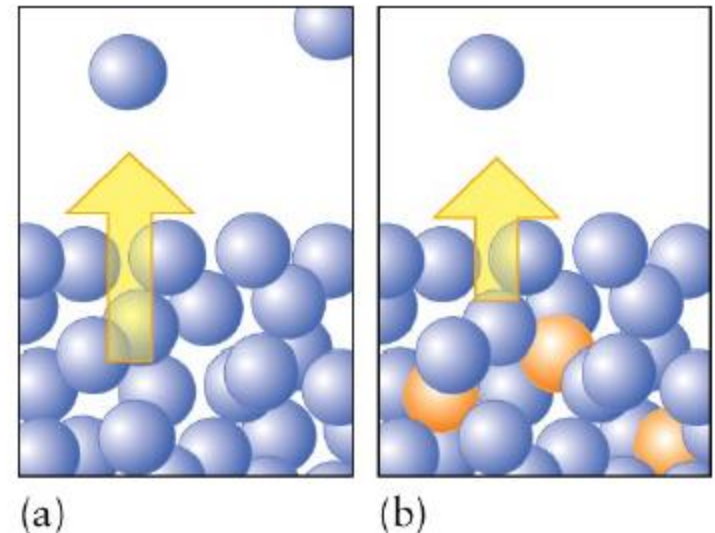
(b)

# Koligativní vlastnosti

- ❑ Vlastnosti roztoku, které nezávisí na druhu rozpuštěné látky, ale pouze na jejím množství, počtu molekul
- ❑ Koligativní vlastnosti mají původ ve snížení chemického potenciálu rozpouštědla. Snížení vyvolá přítomnost rozpuštěné látky
- ❑ Koligativní vlastností je např.
  - ❑ Snížení tenze par nad roztokem (Raoultův zákon)
    - ❖ Zvýšení bodu varu roztoku (ebulioskopie)
    - ❖ Snížení bodu tuhnutí roztoku (kryoskopie)
  - ❑ Osmotický tlak

# Snížení tense par nad roztokem

- ❑ Přídavek rozpuštěné látky do rozpouštědla vede ke snížení tlaku par dvěma mechanismy
  - ❖ Vzrůst entropie roztoku: roztok je méně uspořádaný než čisté rozpouštědlo, má tedy vyšší entropii. Důsledkem je, že roztok má menší hnací sílu pro dosažení maximální neuspořádanosti (plynu), intenzita vypařování je menší
  - ❖ Zředění rozpouštědla – snížení počtu molekul schopných opustit povrch roztoku



(a) čisté rozpouštědlo  
(b) roztok

Poznámka: vypařování je samovolný děj, soustava spěje k maximu entropie

# Raoultův zákon

## Def 1.

Tlak par složky nad ideálním roztokem je přímo úměrný jejímu molárnímu zlomku  $x_B$  v roztoku. ( $p_B^*$  je tlak čisté složky)

$$p_B = p_B^* x_B$$

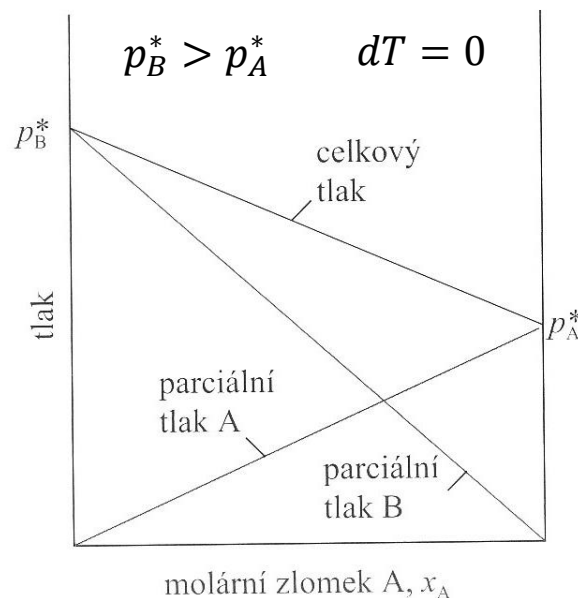
Celkový tlak nad roztokem:

$$p = p_B + p_A = x_B p_B^* + x_A p_A^*$$

Tedy platí:

$$p_{max} = p_B^* ; x_B = 1 \text{ (čistá složka B)}$$

Tlak nad roztokem může být maximálně roven tlaku čisté těkavější složky.



# Raoultův zákon

## Def 2.

Relativní snížení tlaku nasycených par nad roztokem netěkavé a nedisociující látky je za konstantní teploty rovno molárnímu zlomku rozpuštěné látky.

**Důkaz:**  $p_B^* = 0$        $p_B = p_B^* x_B = 0$        $p = p_B + p_A = p_A$

Tlak nad roztokem je tedy:  $p_A = p_A^* x_A$

Po úpravě platí:  $\frac{p_A^* - p_A}{p_A^*} = \frac{\Delta p}{p_A^*} = 1 - x_A$

$$\frac{p_A^* - p_A}{p_A^*} = x_B$$

-----  
*Úkol: Ověřte správnost výpočtu.*

# Raoultův zákon - důsledky

## Zvýšení bodu varu roztoku (Ebulioskopický efekt)

Tlak par nad čistým rozpouštědlem je vyšší než tlak par nad roztokem. Tlaku okolí je dosaženo při vyšší teplotě ( $T_{vr}$ ), než je teplota varu čistého rozpouštědla ( $T_v$ ).

Platí

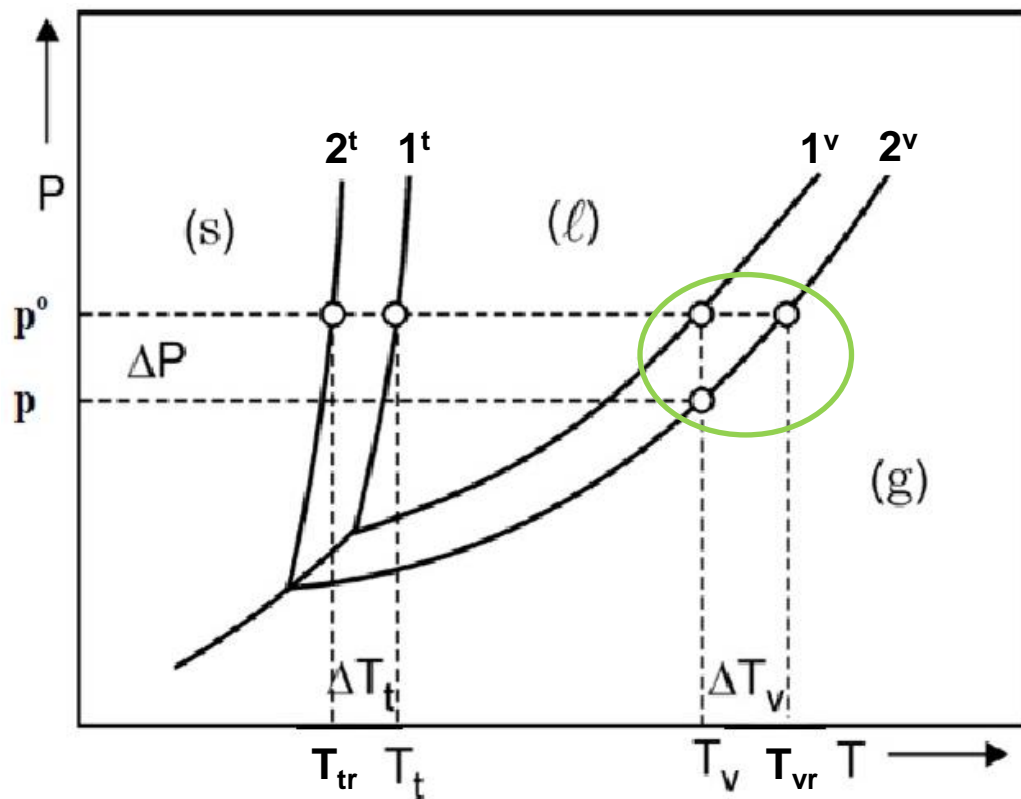
$$\Delta T_v = K_E c_m$$

Zvýšení bodu varu roztoku je přímo úměrné molalitě rozpuštěné látky

$K_E$  je ebulioskopická konstanta ( $K \text{ kg mol}^{-1}$ )

$c_m$  je molalita ( $\text{mol kg}_{\text{rozp}}^{-1}$ )

$$c_m = \frac{n(B)}{m_{\text{rozp}}} \text{ (mol kg}_{\text{rozp}}^{-1}\text{)}$$



1<sup>v</sup> tlak par nad čistým rozpouštědlem; 2<sup>v</sup> tlak par nad roztokem  
 $p^0$  tlak okolí (např. standardní tlak);  $p$  tlak nad roztokem (při  $T_v$ )

# Raoultův zákon - důsledky

## Snížení bodu tání roztoku (Kryoskopický efekt)

Při tuhnutí je tlak páry na kapalnou i pevnou fázi shodný, obě fáze jsou v rovnováze. Rovnováhy je u čistého rozpouštědla dosaženo při vyšší teplotě ( $T_t$ ), zatímco u roztoku při nižší teplotě ( $T_{tr}$ ).

Platí

$$-\Delta T_t = K_T c_m$$

Snížení bodu tání roztoku je přímo úměrné molalitě rozpuštěné látky

$K_T$  je kryoskopická konstanta ( $K \text{ kg mol}^{-1}$ )

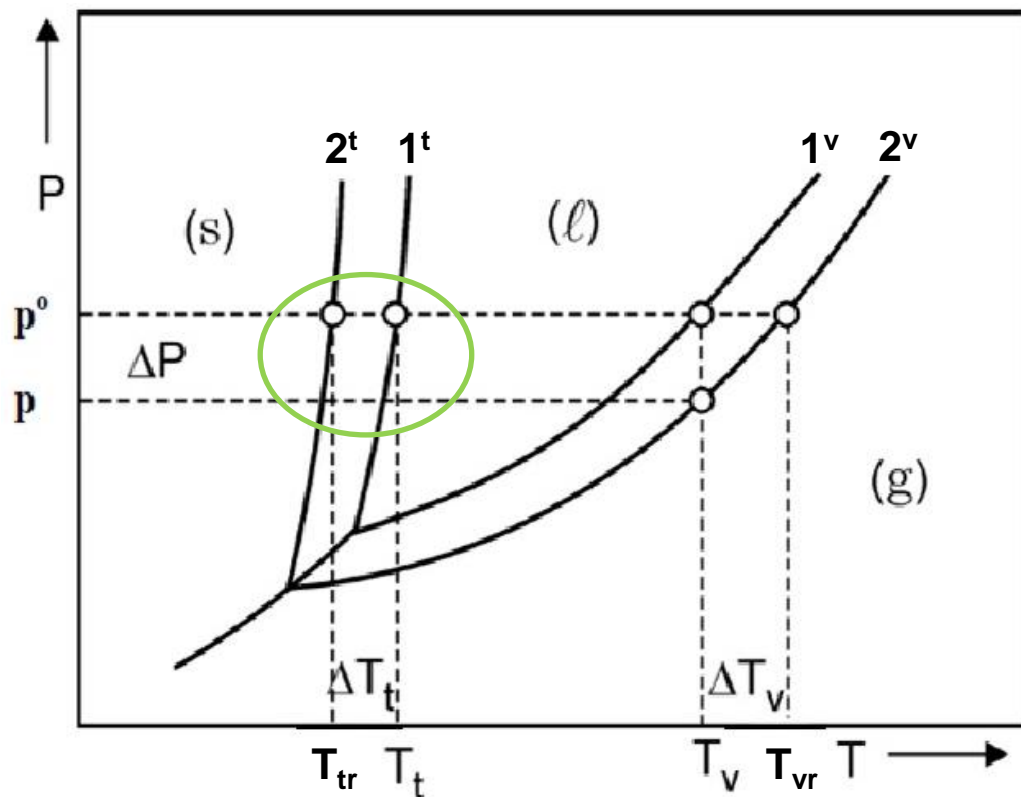
$c_m$  je molalita ( $\text{mol kg}_{\text{rozp}}^{-1}$ )

$$c_m = \frac{n(B)}{m_{\text{rozp}}} \text{ (mol kg}_{\text{rozp}}^{-1}\text{)}$$

$1^t$  tlak par nad čistým rozpouštědlem (s-l);

$2^t$  tlak par nad roztokem (s-l)

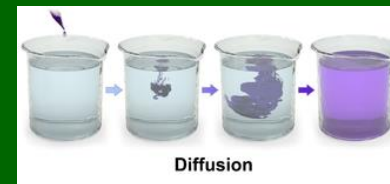
$p^0$  tlak okolí (např. standardní tlak)



# Raoultův zákon - praktické důsledky

- ❑ Snížení bodu tání roztoků využívají rostliny ke zvýšení své odolnosti vůči mrazu.
  - Brambory při nízké teplotě enzymaticky rozštěpí škrob, tím dojde k navýšení koncentrace monosacharidů v buňce, což sníží bod tuhnutí buněčného obsahu. U sklizených brambor je následkem výrazně sladká chuť.
  - Silnice se v zimě sypou vhodnými anorganickými solemi, což omezuje vznik ledu.
- ❑ Zvýšení bodu varu roztoků se využívá v laboratořích.
  - Vodné roztoky různých solí mohou být použity jako vhodné lázně pro ohřev při teplotách vyšších než je bod varu vody.

# Difuse



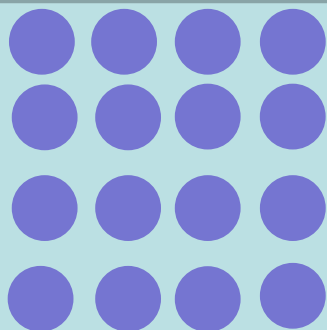
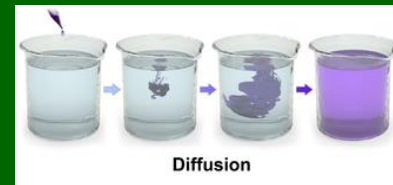
## Zkušenost:

- ❑ Ve nádobě se vzduchem otevřeme ampuli s plynem nebo silně těkavou látkou. Plyn nebo pára látky se bude samovolně šířit po celé nádobě.
- ❑ Do čisté vody (čisté rozpouštědlo) vhodíme bez míchání krystal barevné látky (např.  $\text{KMnO}_4$ ). Pozorujeme pozvolné rozpouštění a současný tok látky od krystalu do prostoru čistého rozpouštědla.
- ❑ Čajové listy opatrně přelejeme vroucí vodou. Pozorujeme extrakci, luhované látky se šíří po celé nádobě.

## Jaké závěry z toho lze učinit:

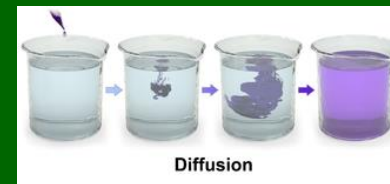
- ❑ Molekuly látky se samovolně šíří z místa o vyšší koncentraci do místa o nižší koncentraci.
- ❑ Pohyb molekul je proti koncentračnímu spádu, tedy ve směru klesajícího chemického potenciálu látky. Rovnováha nastane až je  $\mu$  shodné v celé soustavě.
- ❑ Proces se označuje jako difuze.

# Difuse



**Disperzní soustavy**

# Difuse - Fickovy zákony



I. Fickův zákon ( $dp=dT=0$ ):

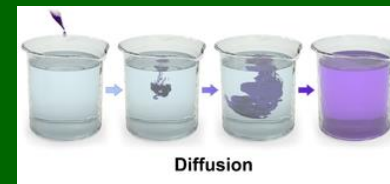
Tok látky ( $J$ ) je úměrný gradientu koncentrace ( $dc/dx$ ).

$$J = \frac{dn}{Sdt} = -D \frac{dc}{dx}$$

Tok látky ( $J$ ) je množství látky  $n$ , které projde plochou  $S$  za čas  $t$ . Platí  $J > 0$ . Protože  $0 > dc/dx$  (koncentrace ve směru  $x$  klesá), musí být před  $D$  záporné znaménko.

$D$  je difuzní koeficient, jeho jednotkou je  $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ . Hodnoty difuzního koeficientu jsou pro malé molekuly v kapalině řádu  $10^{-8}$ - $10^{-9}$ , pro velké molekuly a pro difusi v plynu řádu  $10^{-5}$ .

# Difuse - Fickovy zákony



II. Fickův zákon ( $dp=dT=0$ ):  
Gradient koncentrace ( $dc/dx$ ) je závislý na čase.

$$\frac{dc}{dx} = f(t)$$

Koncentrace  $c$  v bodě  $x$  klesá v čase  $t$ . Dosazením do I. Fickova zákona dostáváme obecně parciální diferenciální rovnici 2. řádu\*.

---

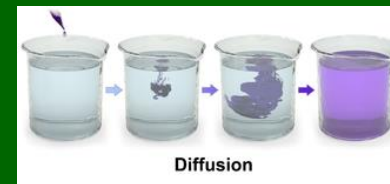
$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

\*Řešení této rovnice je nad rámec tohoto kursu.

Lze najít např. na:

<http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analiza-a-modelovani-dynamickych-biologickych-dat--matematicke-modely-v-biologii--difuze> (a navazující odkazy)

# Difuse



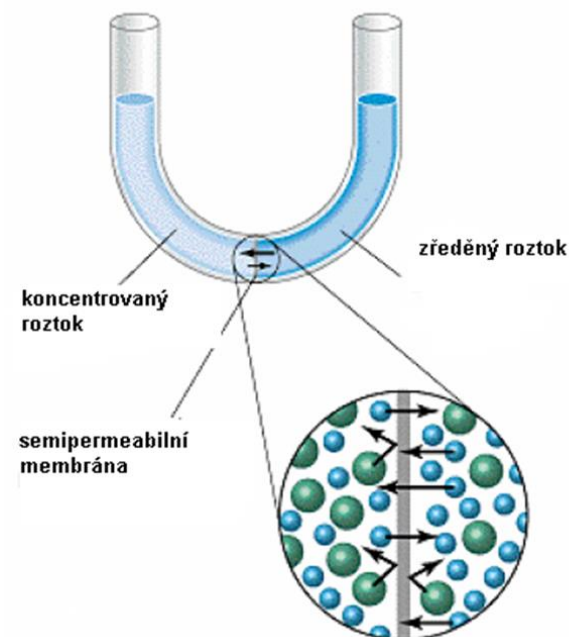
## Závěry:

- Je to samovolný děj vedoucí k rovnoměrnému rozdělení látky v daném prostředí. Dosahuje se toho vyrovnáním koncentrace látky, resp. dosažením stejného chemického potenciálu v daném prostředí.
- Je rychlá a účinná na krátké vzdálenosti, je pomalá na větší vzdálenost.
- Je významná při pohybu látek uvnitř buněk a při látkové výměně. Podílí se též u rostlin na příjmu živin z půdy a jejich dalším transportu.

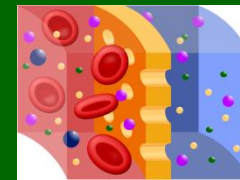
# Osmosa, osmotický tlak



- ❑ Mějme nyní dva roztoky o různé koncentraci, příp. roztok a čisté rozpouštědlo oddělené polopropustnou (semipermeabilní) membránou (překážkou). Polopropustné znamená, že membránou mohou procházet malé molekuly (zde rozpouštědlo), velké molekuly (zde rozpuštěná látka) neprochází.
- ❑ Za rovnováhy musí být koncentrace rozpuštěné látky v obou částech stejná, tedy rozpouštědlo bude samovolně pronikat membránou do roztoku. Tento tok bude ve směru koncentračního spádu. Roztok bude ředěn.
- ❑ Děj se označuje jako osmosa.



# Osmosa, osmotický tlak

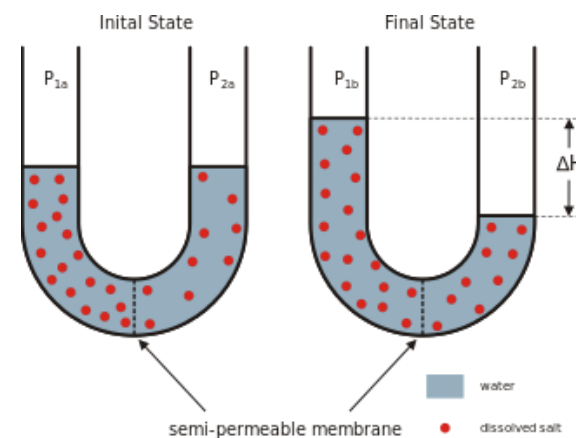
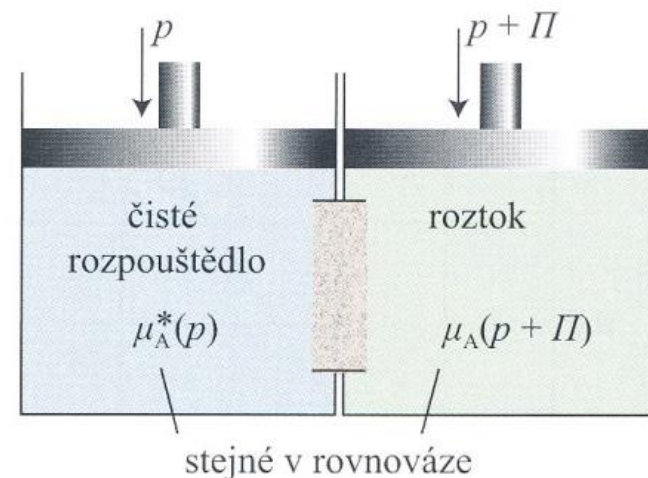


- ❑ Mějme nyní čisté rozpouštědlo s chemickým potenciálem  $\mu_A^*(p)$  a semipermeabilní membránou oddělený roztok látky B, v němž je chemický potenciál rozpouštědla  $\mu_A^*(p+\pi)$ .
- ❑ Za rovnováhy musí být oba chemické potenciály shodné. Toho lze dosáhnout tak, že na roztok působíme vnějším tlakem  $\pi$ .
- ❑ Veličina  $\pi$  je osmotický tlak. Pro dostatečně zředěné roztoky platí:

$$\pi V = n(B)RT$$

$$dT = 0$$

$$\pi = c(B)RT$$

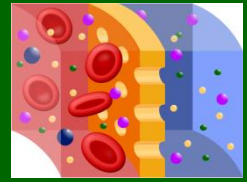


# Osmosa - význam



- ❑ Napomáhá udržovat strukturu buněk.
- ❑ Vstup vody a roztoků malých molekul a iontů vnáší do buňky potřebné živiny. Současně se udržuje napětí buněčné stěny - turgor (zvláště důležité u rostlin).
- ❑ Biopolymery (velké molekuly a ionty), v buňce syntetizované, zůstávají uvnitř buňky.
- ❑ Prostředí
  - isotonické: osmotický tlak uvnitř a v okolí je stejný
  - hypertonické: osmotický tlak uvnitř je menší než okolí, tok rozpouštědla je směrem ven, buňka se smršťuje (plasmolýza)
  - hypotonické: osmotický tlak uvnitř je větší než okolí, tok rozpouštědla je směrem dovnitř, buňka se zvětšuje, až může prasknout (plasmoptýza)
  - viz dále dva panely s obrázky

# Osmosa - význam



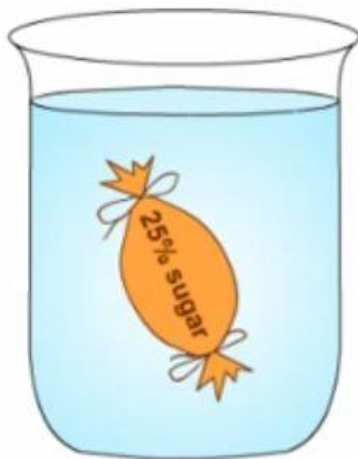
- ❑ Prostředí v němž se buňky nacházejí se musí blížit isotonickému, jinak dojde k poškození buňky (může nastat i její smrt).
  - poškození se týká i větších celků, např. třešně v deštivém počasí praskají, jako důsledek hypotonického prostředí (voda proniká pod obal plodu)
- ❑ Osmosa je základem dialýzy, procesu kdy je roztok makromolekulárních látek čištěn od nečistot, látek nízkomolekulárních.

-----

Doporučení: prohlédněte video v souboru P\_S1 (v angličtině)

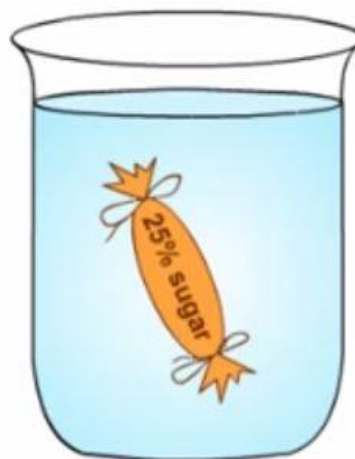
# Osmosa

This is a  
**Hypotonic Solution**  
(in relation to the bag contents)



**Beaker A**  
100 ml dH<sub>2</sub>O

This is an  
**Isotonic Solution**  
(in relation to the bag contents)



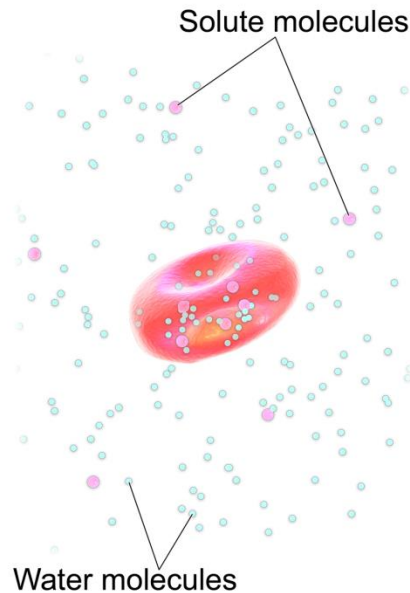
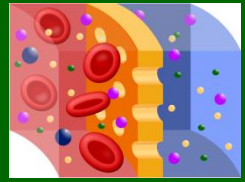
**Beaker B**  
100 ml 25% sugar

This is a  
**Hypertonic Solution**  
(In relation to the bag contents)



**Beaker C**  
100 ml 50% sugar

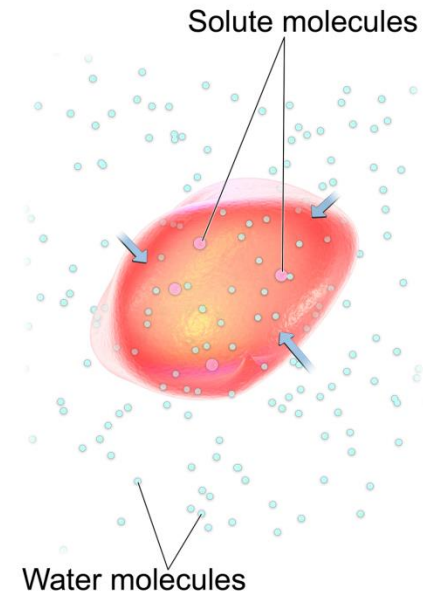
# Osmosa, osmotický tlak



**Isotonic Solution**  
(No Osmotic Flow)



**Hypertonic Solution**  
(Osmotic Flow out of Cell)



**Hypotonic Solution**  
(Osmotic Flow into Cell)

**red blood cell**

Taken over from: Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. - Own work. Licensed under CC BY 3.0 via Commons