

Aula 6

Fluidos – Parte B

Física Aplicada à Farmácia

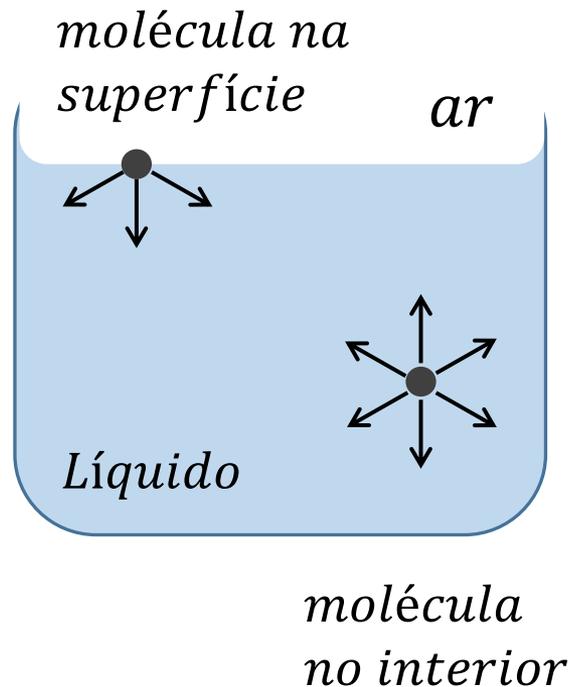
Prof. Dr. Henrique A. M. Faria

Tensão superficial (γ)

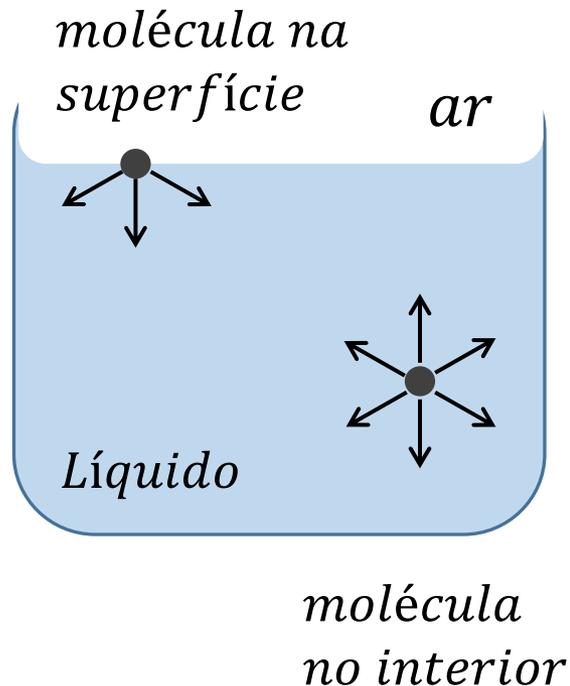
- Propriedade de superfície que aparece sempre que houver duas substâncias em contato;
- As substâncias podem ser:
 - Líquido-líquido; Líquido-gás;
 - Líquido-sólido e sólido-gás
- As propriedades de superfície se devem à assimetria entre moléculas dos dois meios.

Tensão superficial (γ)

- Em um líquido contido em um recipiente aberto as forças atrativas intermoleculares mantêm o estado condensado do fluido;

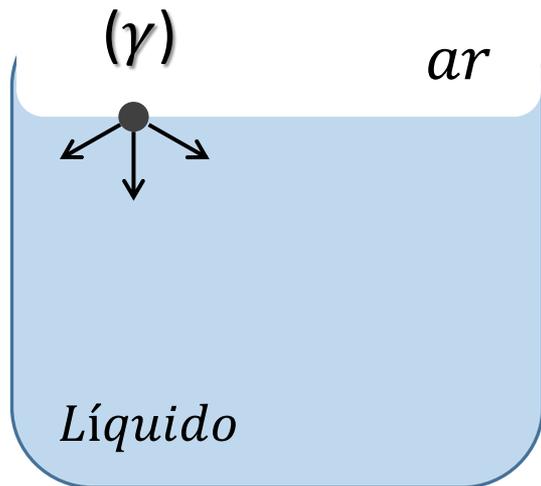


Tensão superficial (γ)



- As forças entre moléculas do mesmo tipo são chamadas coesivas;
- A força resultante no interior é nula;
- Na superfície a força resultante média é dirigida para dentro da substância, diferente de zero.

Tensão superficial (γ)



- Pode-se associar à superfície um energia potencial proporcional à área;
- A energia potencial por unidade de área é chamada de **Tensão Superficial** (γ)

Tensão superficial (γ)

- A tensão superficial é constante para uma substância em contato com outra;
- Mas, (γ) varia com a temperatura das substâncias;
- Unidade de (γ):

$$\gamma: \left[\frac{J}{m^2} \right] = \left[\frac{N}{m} \right]$$

Tensão superficial (γ) para três líquidos em interface com o ar.

Líquido-ar	Temperatura (°C)	γ (N/m)
Água	100	0,0589
Água	37	0,0700
Água	0	0,0756
Mercúrio	20	0,0465
Sangue	37	0,0580
Éter	20	0,0170

Fonte: Duran, 2011, p. 200.

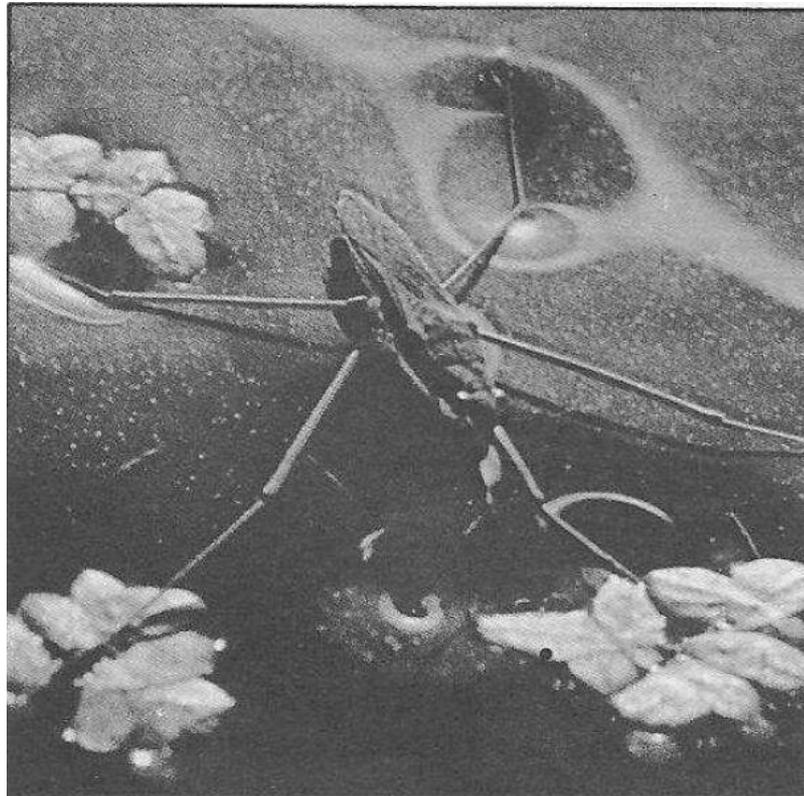
Tensoativos ou surfactantes

- Um tensoativo ao se misturar a um líquido diminui a sua tensão superficial;
- Exercem forças de atração menores que o líquido original sobre as outras moléculas;
- Quando concentradas nas superfícies diluem o líquido e diminuem a tensão superficial.

Ex.: detergentes

Exemplo

Um inseto está em pé sobre a água é sustentado pela tensão superficial da interface líquido-ar.

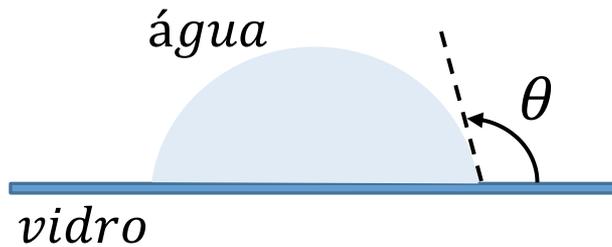


Fonte: Okuno, 1982, p. 326

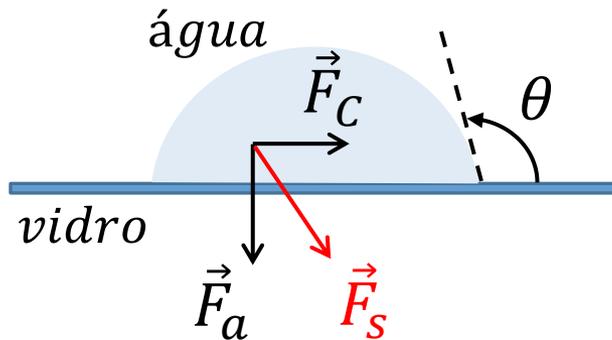
Ângulo de contato (θ)

- Uma gota colocada sobre uma superfície limpa formará um ângulo de contato (θ);
- O ângulo de contato está relacionado com a tensão superficial e fornece informação sobre as forças intermoleculares atuantes;
- Depende das forças entre as moléculas do líquido e das forças de interação entre o líquido e o sólido.

Ângulo de contato (θ)

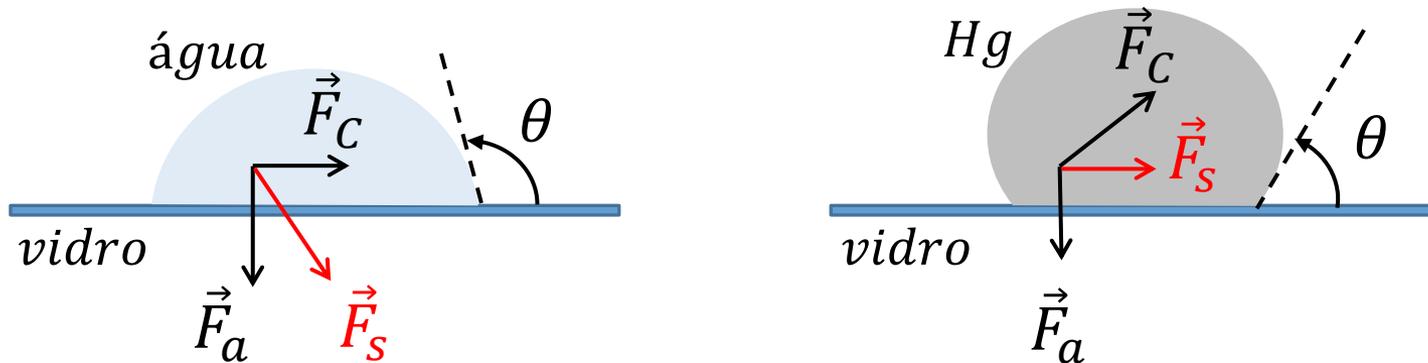


Ângulo de contato (θ)



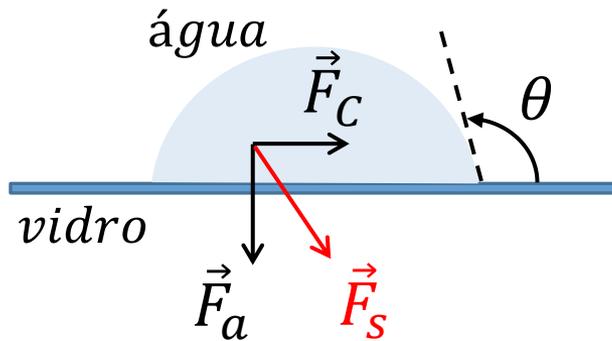
- \vec{F}_C : força de coesão atuantes em moléculas da mesma substância;
- \vec{F}_a : força de adesão entre as moléculas da superfície do líquido e do sólido;
- \vec{F}_S : força resultante, soma vetorial de \vec{F}_C e \vec{F}_a .

Ângulo de contato (θ)



- \vec{F}_C : força de coesão atuantes em moléculas da mesma substância;
- \vec{F}_a : força de adesão entre as moléculas da superfície do líquido e do sólido;
- \vec{F}_S : força resultante, soma vetorial de \vec{F}_C e \vec{F}_a .

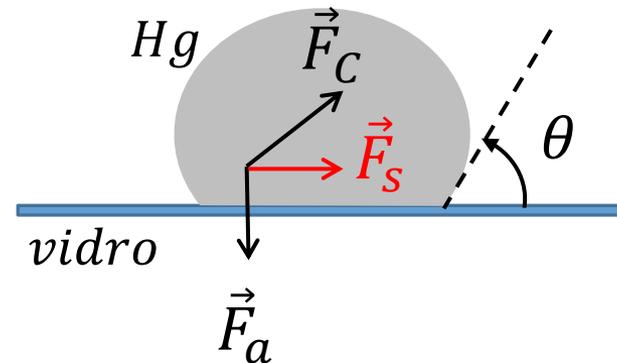
Ângulo de contato (θ)



Se $\vec{F}_C < \vec{F}_a$

$$\theta > 90^\circ$$

(água-vidro)



Se $\vec{F}_C > \vec{F}_a$

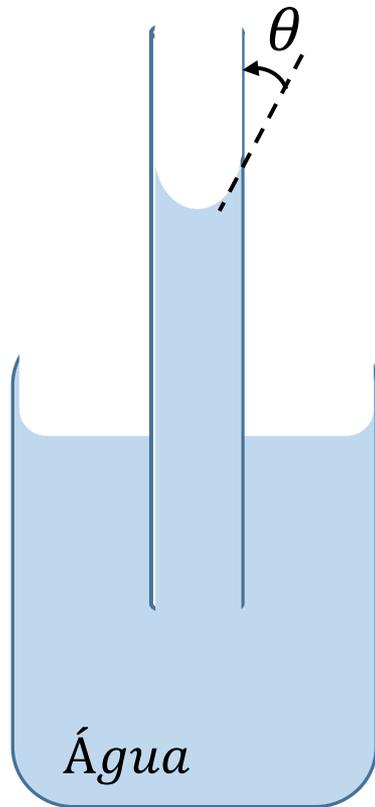
$$\theta < 90^\circ$$

(Hg-vidro)

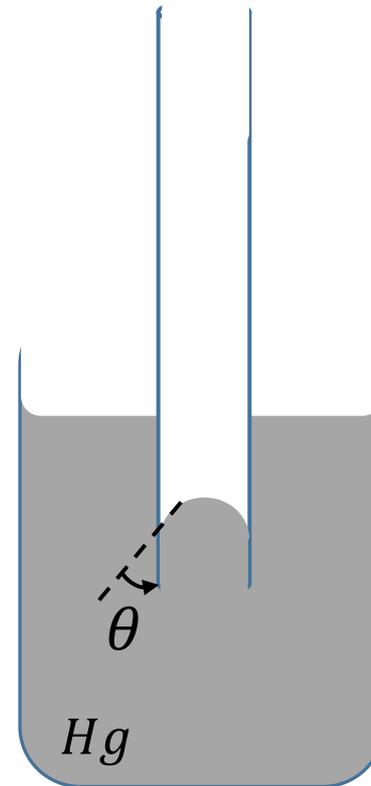
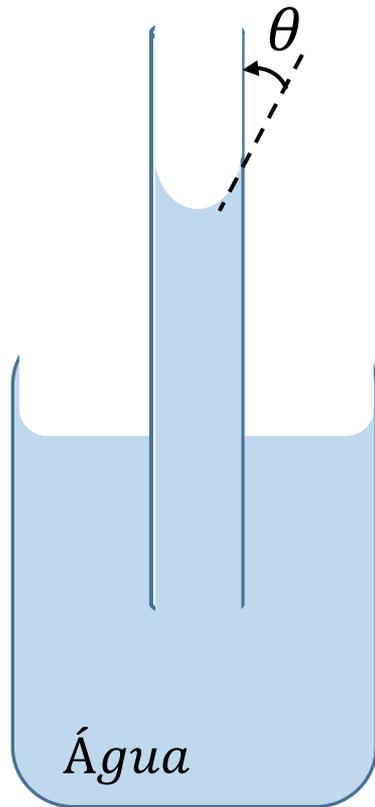
Capilaridade

- Efeito causado pela tensão superficial de um líquido em contato com um conduto sólido de pequeno diâmetro;
- Pode causar a elevação ou abaixamento do nível do fluido, contrariando a ação da gravidade.

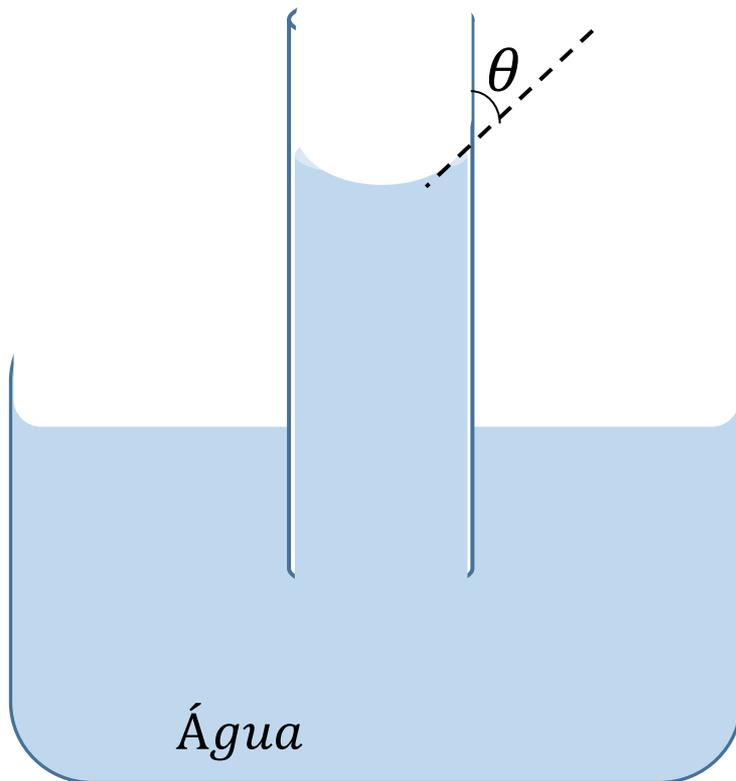
Capilaridade



Capilaridade

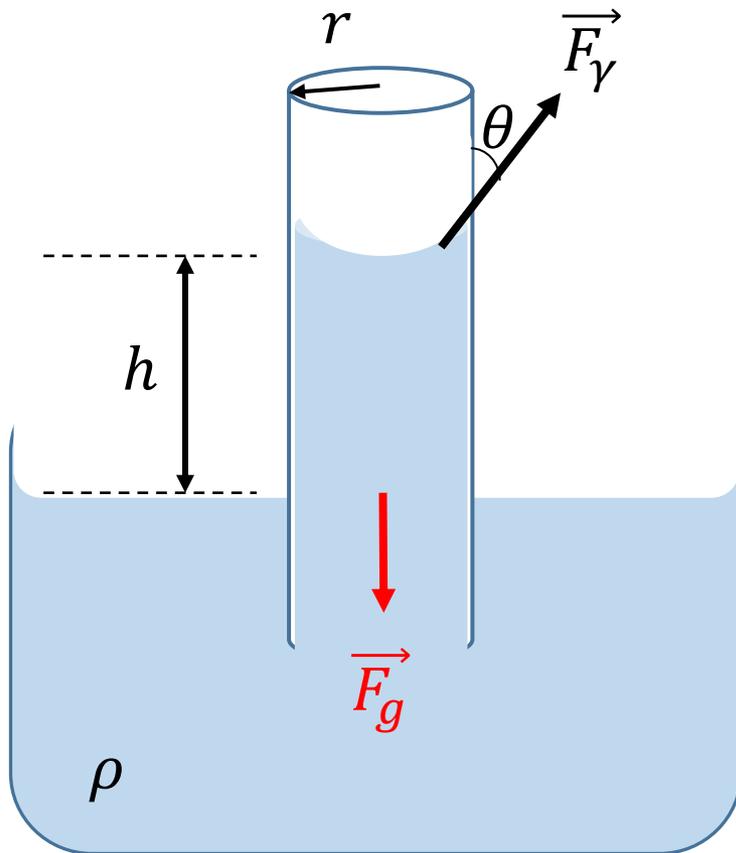


Capilaridade

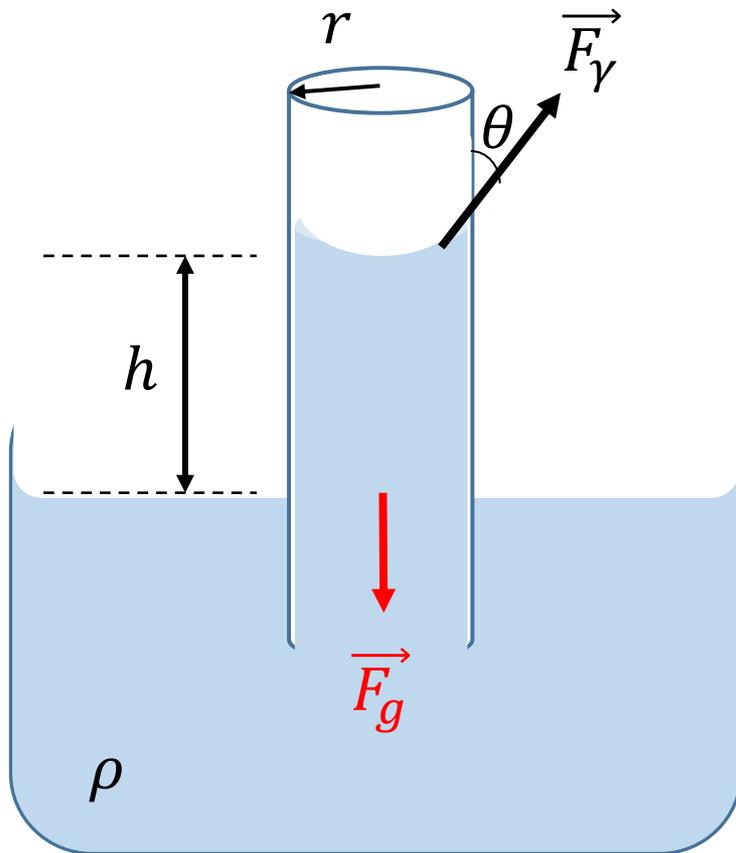


- A altura alcançada depende das forças coesivas, das forças adesivas e do raio do capilar;
- Para encontrar a altura adquirida pelo líquido vamos considerar o caso em que o nível se eleva, figura ao lado.

Capilaridade



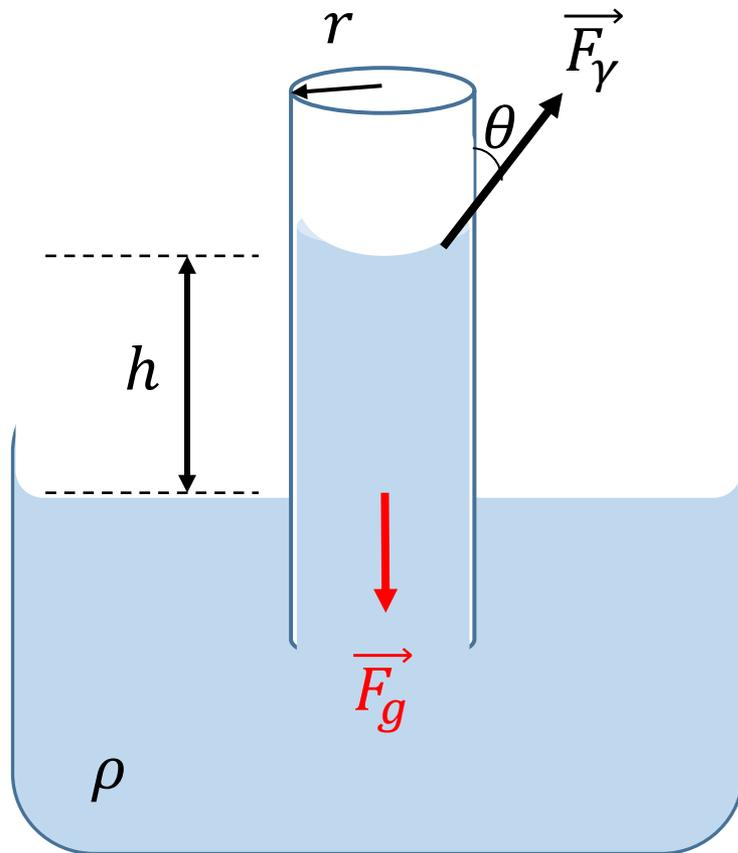
Capilaridade



A força total devido à tensão superficial (\vec{F}_γ) será:

$$\sum F_\gamma = T_\gamma = 2\pi r\gamma\cos\theta$$

Capilaridade



A força total devido à tensão superficial (\vec{F}_γ) será:

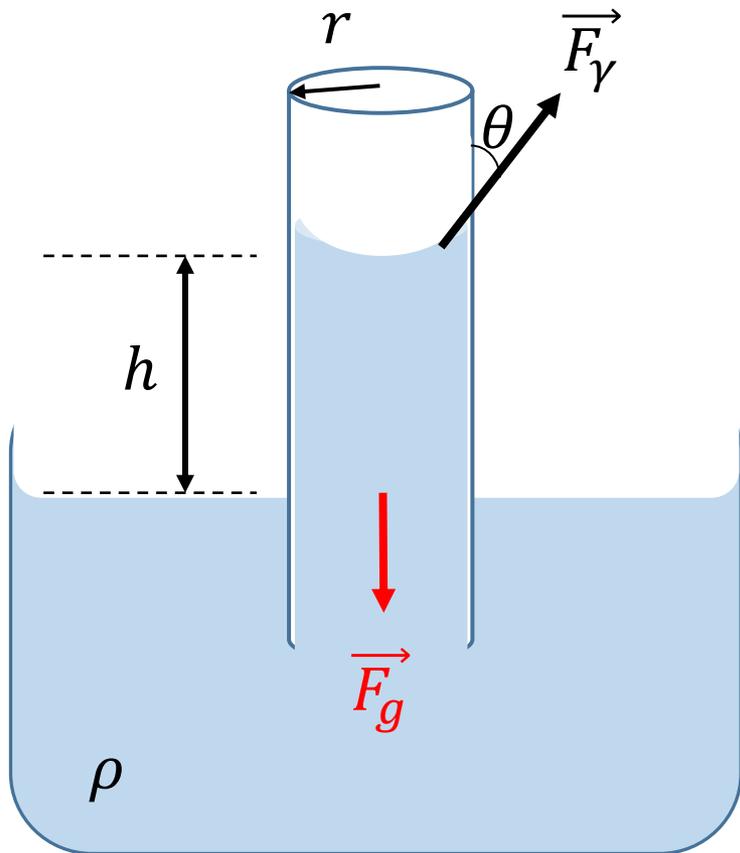
$$\sum F_\gamma = T_\gamma = 2\pi r \gamma \cos\theta$$

E o peso da coluna de líquido:

$$F_g = mg = \rho V g$$

$$F_g = \rho \pi r^2 h g$$

Capilaridade



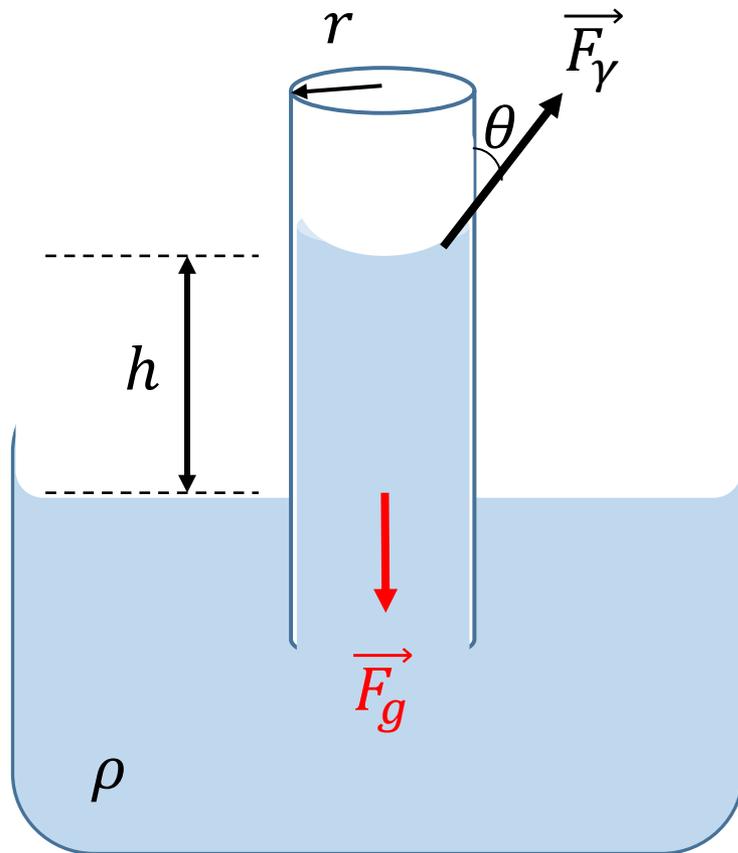
Como o líquido na coluna está em equilíbrio:

$$F_g = T_\gamma$$

$$\rho \pi r^2 h g = 2 \pi r \gamma \cos \theta$$

$$h = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho r g}$$

Capilaridade



$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho r g}$$

Para a água e grande número de líquidos contidos em capilares de vidro o ângulo θ é muito pequeno e $\cos\theta \cong 1$

$$h = \frac{2\gamma}{\rho r g}$$

Exemplo

Suponha que os capilares existente na camada externa ativa de uma árvore sejam cilindros uniformes e que a elevação da seiva deve-se exclusivamente à capilaridade com ângulo de contato de 45° . Qual é o raio máximo dos capilares em uma árvore com 20 m de altura.

Dados da seiva: $(\gamma = 0,05 \frac{N}{m} \text{ e } \rho = 10^3 \frac{kg}{m^3})$

Difusão

- A difusão é o movimento aleatório do **deslocamento** de partículas de uma região com **alta concentração para outra de menor concentração**;

Exemplos:

- dispersão de fumaça na atmosfera;
- café que se mistura ao leite.

Difusão

- A difusão molecular é um caso de transporte de matéria;
- O soluto é transportado através do solvente produzindo uma solução final.

Difusão

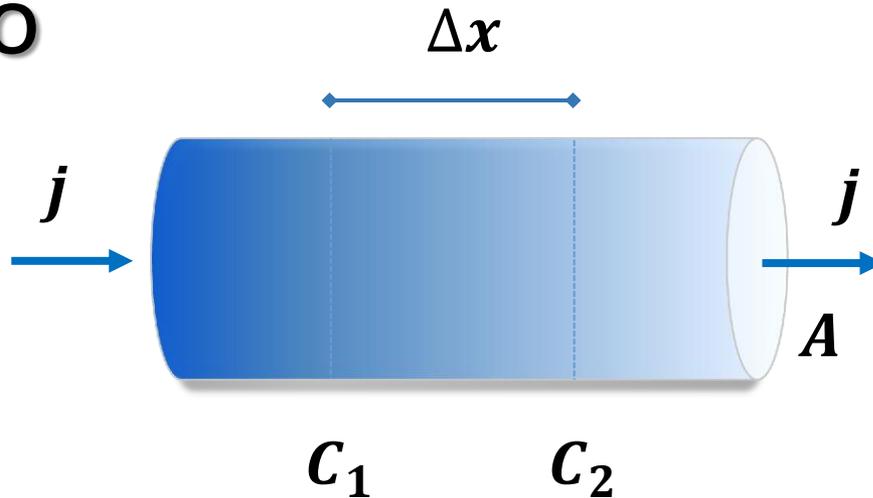
- A concentração (C) do soluto é a quantidade de massa (m) contida no volume (V):

$$C = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

- A concentração molar (C_M) expressa o número de mols (n) contido no volume

$$C_M = \frac{n}{V} \quad \left[\frac{mol}{L} \right] = \left[\frac{mol}{10^{-3}m^3} \right]$$

Difusão



j : fluxo de difusão através da seção de área A ;

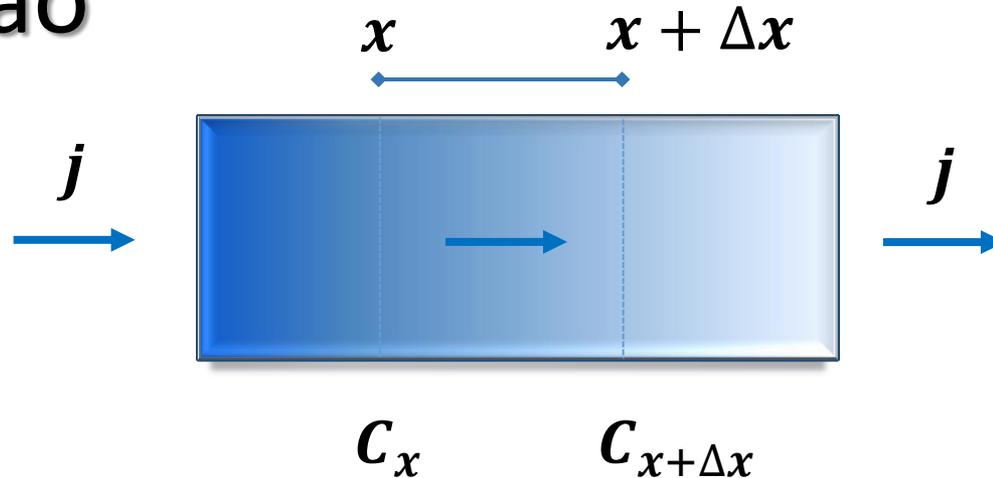
A : área da seção;

Δx : região entre C_1 e C_2 ;

C_1 : região de maior concentração;

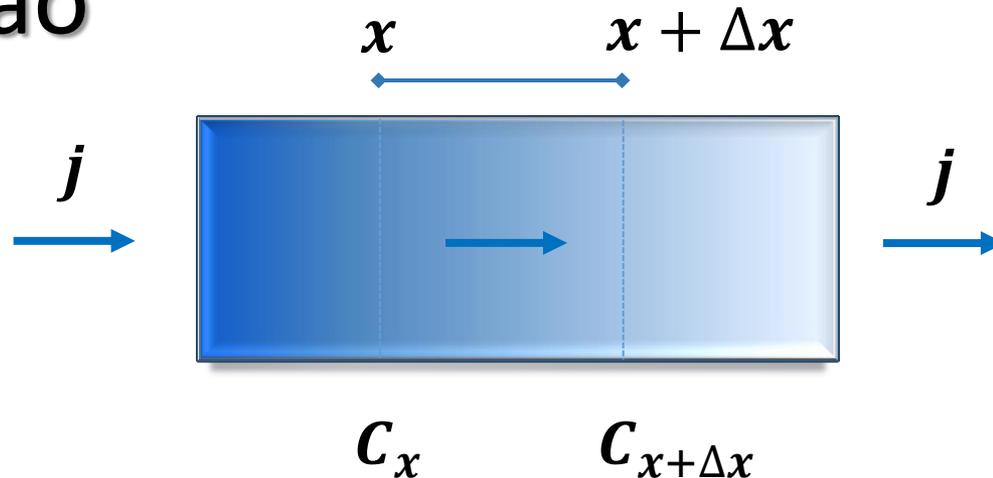
C_2 : região de menor concentração se comparado a C_1 ;

Difusão



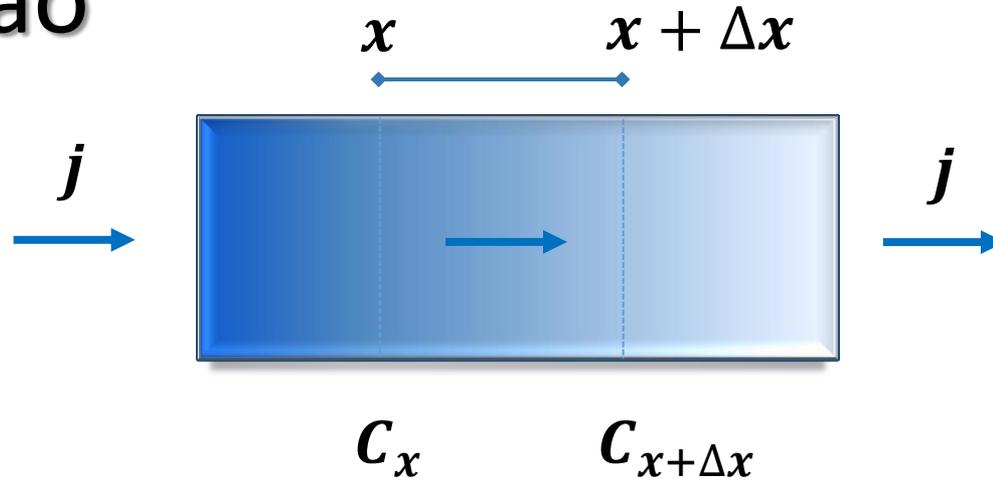
- Consideremos uma solução com **solvente líquido** e o soluto composto de **partículas que não reagem quimicamente** com as moléculas do solvente;
- A concentração do soluto é C_x , variável ao longo do tubo.

Difusão



- Se as diferenças das concentrações x e $(x + \Delta x)$ forem infinitesimais, o fluxo j será proporcional ao gradiente da concentração.
- E quando o fluxo não variar no tempo, a difusão só dependerá das diferenças de concentração.

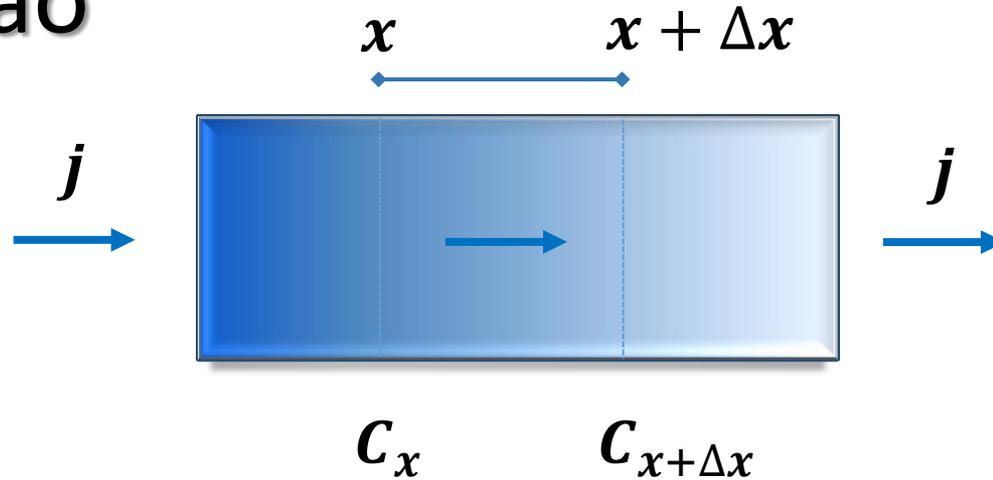
Difusão



$$j = -D \frac{C_{x+\Delta x} - C_x}{\Delta x}$$

$$j = -D \frac{dC}{dx}$$

Difusão



$$j = -D \frac{C_{x+\Delta x} - C_x}{\Delta x}$$

$$j = \frac{\Delta m}{\Delta t} = -D \frac{dC}{dx}$$

Primeira lei
de Fick
da difusão.

Difusão

- A primeira lei de Fick também pode ser expressa em termos da concentração molar:

$$j = \frac{\Delta n}{\Delta t} = -DA \frac{\Delta C_M}{\Delta x}$$

j: fluxo de difusão através da seção de área **A** ;

D: coeficiente de difusão;

A: área da seção;

$\frac{\Delta C_M}{\Delta t}$: variação da concentração molar;

$\frac{\Delta n}{\Delta t}$: variação do número de mols;

Exemplo

A difusão da água através da pele acontece com uma taxa média de 350 mL/dia. Considere um adulto cujo corpo tem uma área de 1,75 m². Se a espessura da pele é aproximadamente 20 μm, calcule a constante de difusão da água.

Difusão de partículas e viscosidade

- Os **coeficientes de difusão** de uma partícula e a **viscosidade** do fluido estão fortemente **correlacionadas**;
- Em algumas situações físicas pode-se encontrar uma relação simples entre os coeficientes de difusão (D) e a viscosidade (η).

Difusão de partículas e viscosidade

- Se **partículas esféricas** de massa (m) se movem com **velocidade terminal** em um fluido de viscosidade (η) a **força de atrito viscosa** é considerada uma força **retardadora da difusão**;
- Para esse caso temos a relação:

$$D \cong \frac{kT}{6\pi d\eta}$$

D : coeficiente de difusão;

k : constante de Boltzmann;

T : Temperatura termodinâmica;

d : diâmetro da partícula;

η : viscosidade do fluido.

Difusão de partículas e viscosidade

- A relação aproximada entre o coeficiente de difusão e o coeficiente de viscosidade em um **fluido gasoso** é expressa por:

$$D \cong \frac{\eta}{\rho}$$

D: coeficiente de difusão;

ρ: densidade do fluido gasoso;

η: viscosidade do fluido.

Osmose

Osmose

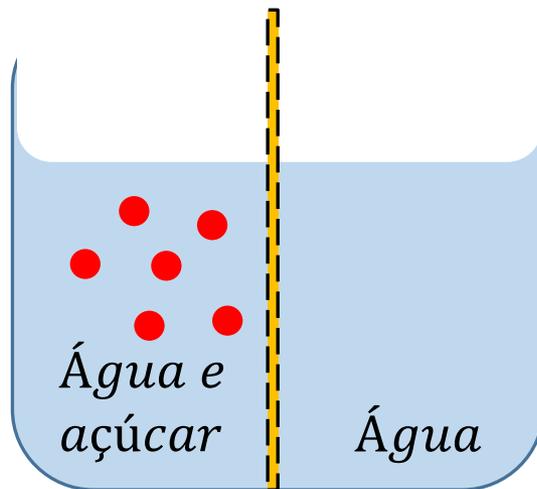
- A osmose é a **difusão seletiva** através de uma **membrana semipermeável**;
- Ocorre quando **duas soluções** com concentrações diferentes, mas de **mesmo solvente**, estão em contato;
- A **difusão do solvente** ocorre no sentido da solução menos concentrada para mais concentrada;

Osmose

- A solução menos concentrada é denominada ***hipotônica*** e a mais concentrada ***hipertônica***;
- A difusão por osmose acontece até as soluções ficarem **isotônicas**, isto é, igual concentração do soluto.

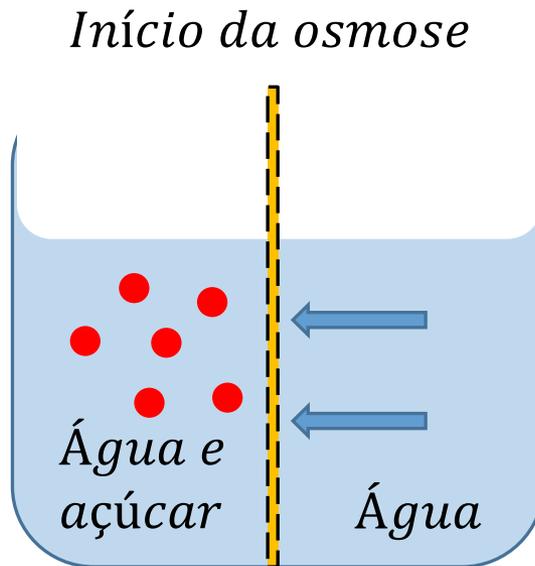
Osmose

- A Figura representa um recipiente separado em seu centro por uma membrana semipermeável que só permite a passagem de água.



Osmose

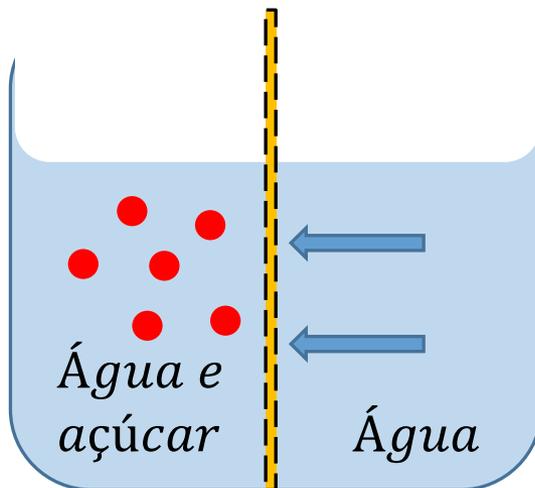
- Logo haverá difusão das moléculas de água da direita para esquerda.



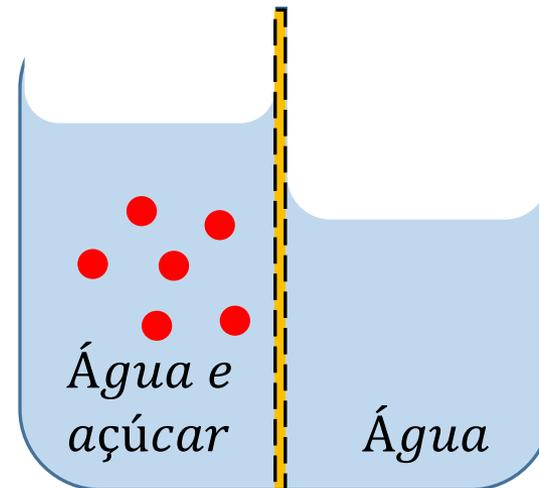
Osmose

- consequentemente o nível do compartimento da esquerda ficará mais elevado do que o compartimento da direita.

Início da osmose



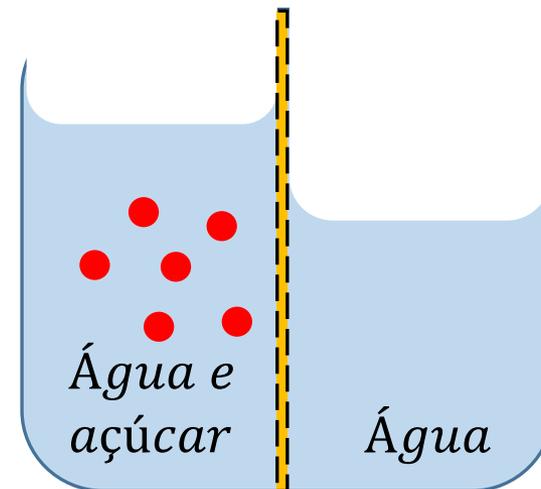
Soluções isotônicas



Osmose

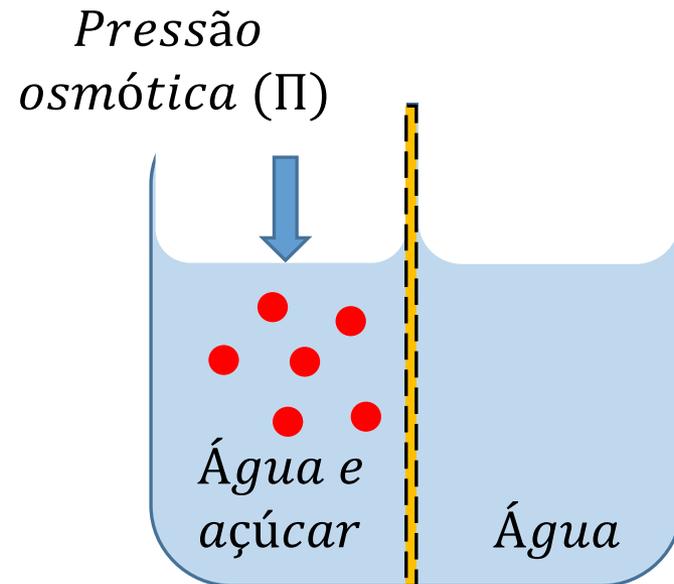
- O desnível ocorre porque a pressão exercida na membrana pelas moléculas da água pura é maior do que a pressão das moléculas de água da esquerda.

Soluções isotônicas



Pressão osmótica (Π)

- Pressão que deve ser aplicada para que a osmose não ocorra;



Pressão osmótica (Π)

- Observou-se **experimentalmente** que para soluções de baixas concentrações a pressão osmótica de uma solução pode ser obtida pela expressão:

$$\Pi V \cong nRT$$

Π : pressão osmótica;

V : volume;

n : número de mols;

R : constante dos gases;

T : temperatura da solução;

Pressão osmótica (Π)

- Que também pode ser escrita em termos da concentração molar ($C_n = n/V$):

$$\Pi \cong C_n RT \quad [atm]$$

- A concentração do soluto é chamada de **osmolalidade** e o cálculo pode ser usado para diferentes partículas como proteínas ou íons.

Pressão osmótica (Π)

- A unidade:

osmolalidade $[\frac{osmol}{L}]$;

- O **osmol** é um mol de moléculas ou íons numa solução para as quais uma membrana é permeável.

Osmose em processos biológicos

- A **diálise** em animais: produtos inúteis são removidos do sangue pelos rins;
- Trocas de água através das membranas celulares.

Exemplo 20.6 (Okuno)

Qual é a pressão osmótica do fluido intracelular cuja osmolalidade é 0,3 osmol/L? Considere a temperatura do corpo humano de 37°C.

Exercício

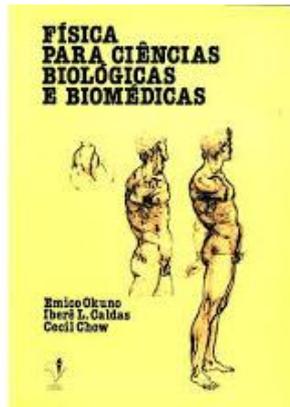
Determine a pressão osmótica de uma hemácia quando a célula for imersa em água destilada a 27°C. Considere a concentração molar da hemoglobina (C_{Hb}) dentro da hemácia de 10 mol/L.

Para depois desta aula

- Completar estudo com a leitura do capítulo 20 do livro texto (Okuno);
- Acessar Lista 05 no site:

profhenriquefaria.com

Referências



Okuno, E. Caldas, I. L. Chow, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas.** São Paulo: Harbra, 1986. (Capítulo 19 e 20)

Obrigado pela atenção!
E bons estudos.