



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Aula 3

Difusão. Osmose. Turgor. Fluxos citoplasmáticos e sistêmicos

**Jiří Borecký
CCNH
2014**



Universidade Federal do ABC

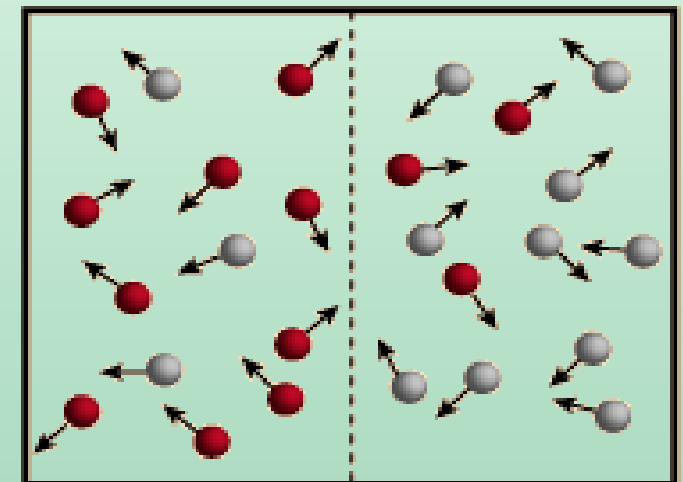
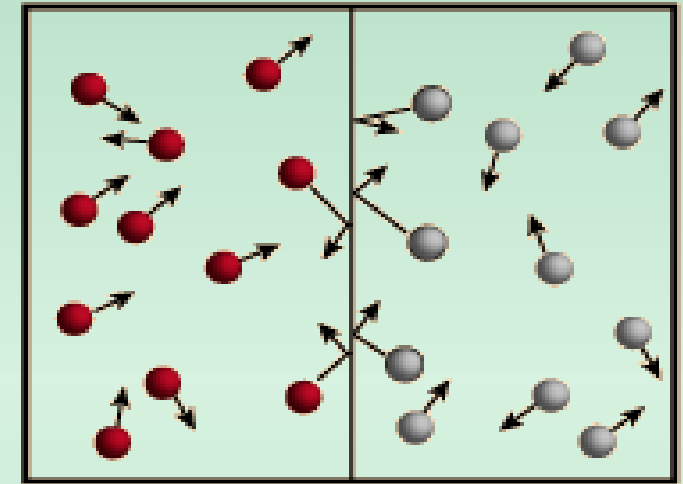
Difusão

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

A difusão se refere ao processo, no qual as moléculas se misturam por causa da sua energia do movimento caótico.

Em dois contêiner de gás A e B separados por um obstáculo. As moléculas estão em movimento constante e fazem numerosas colisões com o obstáculo. Se remover o obstáculo, os gases se misturarão por causa das velocidades randômicas de suas moléculas. Depois de certo tempo, o conteúdo do contêiner será uma mistura uniforme de moléculas do gás A e do gás B.

A tendência a difusão é muito forte mesmo na temperatura ambiente por causa das altas velocidades moleculares associadas a energia termal das partículas.



difusao.swf



Universidade Federal do ABC

Difusão

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

As energias cinéticas médias dos tipos de moléculas (massas diferentes) são no equilíbrio termal iguais, então, suas velocidades médias têm que ser diferentes.

Sua velocidade média de difusão deveria depender nesta velocidade média, o que resulta em velocidade relativa de difusão

$$v_{dif} = K \sqrt{\frac{T}{m}}$$

Onde a constante K depende dos fatores geométricos incluindo a área, através de qual a difusão ocorre. A velocidade relativa de difusão para duas espécies diferentes de moléculas é dada por

$$\frac{v_{dif}(A)}{v_{dif}(B)} = \sqrt{\frac{m_B}{m_A}}$$

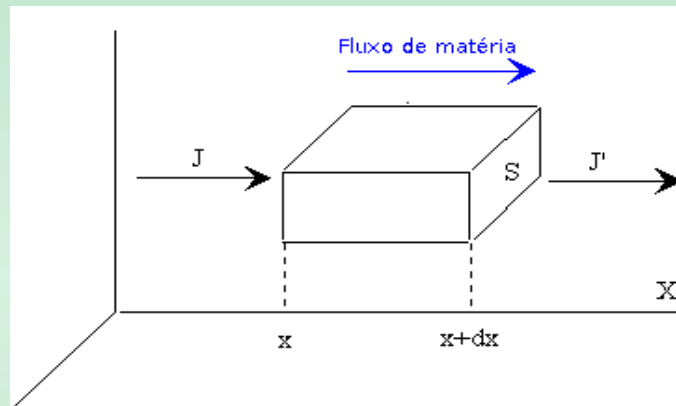


Universidade Federal do ABC

Leis de Fick

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Para que aconteça o fenômeno da difusão, a distribuição espacial de moléculas não deve ser homogênea, deve existir uma diferença, ou gradiente de concentração entre dois pontos do meio.



Suponhamos que sua concentração varia com a posição ao longo do eixo X. Chamemos J a densidade de corrente de partículas (número efetivo de partículas que atravessam na unidade de tempo uma área unitária S perpendicular a direção na qual tem lugar a difusão). A 1ª lei de Fick afirma que a densidade de corrente de partículas é proporcional ao gradiente de concentração n

$$J = -D \frac{\partial n}{\partial x}$$

A constante de proporcionalidade é denominada coeficiente de difusão D que é característico tanto do soluto como do meio no qual se dissolve.



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

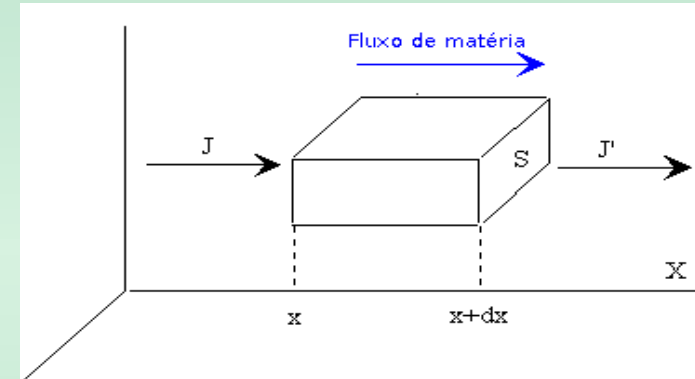
Leis de Fick

A acumulação de partículas na unidade de espaço que é produzida no elemento de volume $S \cdot dx$ é igual a diferença entre o fluxo que entra $J \cdot S$ e o fluxo que sai $J' \cdot S$, logo

$$JS - J' S = \frac{\partial J}{\partial x} S dx$$

A acumulação de partículas na unidade de tempo é

$$(S dx) \frac{\partial n}{\partial t}$$



Igualando ambas as expressões e utilizando a Lei de Fick obtemos

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial n}{\partial x} \right) = \frac{\partial n}{\partial t} \quad J = -D \frac{\partial n}{\partial x}$$

Equação diferencial em derivadas parciais que descreve o fenômeno da difusão. Se o coeficiente de difusão D não depende da concentração – 2ª lei de Fick:

$$\frac{1}{D} \frac{\partial n}{\partial t} = \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}$$



Universidade Federal do ABC

Difusão

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Gases e vapores no ar

1	Hidrogênio	$0.64 \cdot 10^{-4}$
2	Oxigênio	$0.18 \cdot 10^{-4}$
3	Álcool	$0.10 \cdot 10^{-4}$
4	Benzeno	$0.08 \cdot 10^{-4}$

Soluções aquosas

5	Açúcar	$0.36 \cdot 10^{-9}$
6	Sal comum	$1.10 \cdot 10^{-9}$
7	Álcool	$0.80 \cdot 10^{-9}$

O Coeficiente de difusão D é a constante característica do soluto em solvente

D é proporcional a quadrado de velocidade de partículas difundindo que é dependente da temperatura, viscosidade do fluido e do tamanho das partículas (relação Stokes-Einstein):

$$D = \frac{k_B T}{6 \pi \eta r}$$

Em soluções aquosas diluídas, os D dos quase todos íons são similares com valores (temperatura ambiente) na faixa de 0.6×10^{-9} a $2 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Para moléculas biológicas, o D normalmente varia entre 10^{-11} a $10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$.



Universidade Federal do ABC

Osmose

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Osmose em termos de difusão:

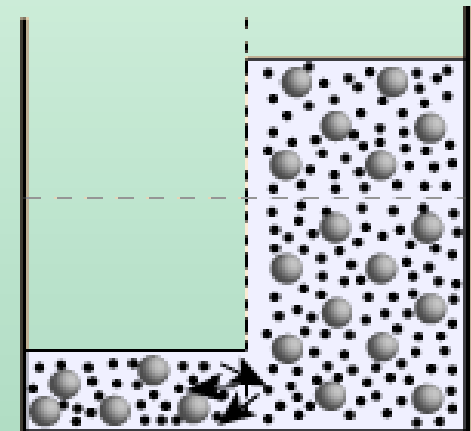
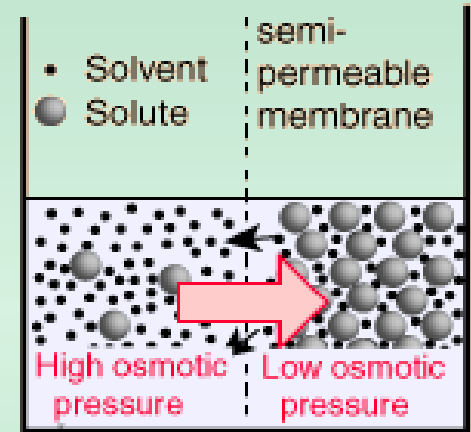
Se dois soluções com concentrações diferentes são separados por membrana semi-permeável que permite passagem somente a moléculas menores do solvente mas não a moléculas maiores do soluto, o solvente tenderá difundir através da membrana da solução menos concentrada para a mais concentrada. Este processo é denominado osmose

A osmose tem grande importância em processos biológicos, onde o solvente é água. O transporte da água e outras moléculas é essencial para muitos processos em organismos vivos. A força que impulsiona a osmose é chamada a pressão osmótica.

A pressão osmótica de solução diluída é considerada obedecer a relação igual a para os gases ideais:

$$\Pi = \frac{nRTi}{V}$$

i – fator de van't Hoff que reflete dissociação (íons) ou associação (dimerização) de solutos





Universidade Federal do ABC

Osmose

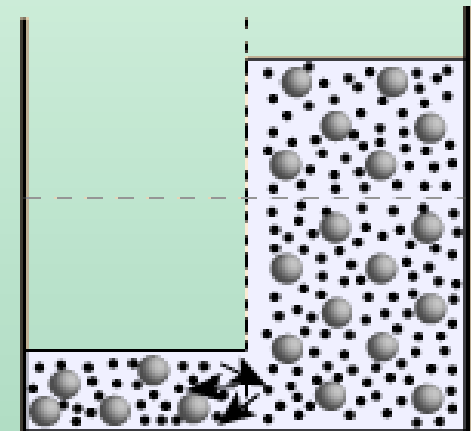
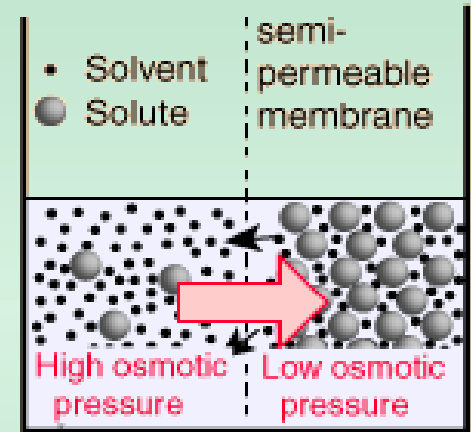
BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Osmose pode ser explicada também em termos de entropia.

Suponhamos a membrana semi-permeável separa quantidades iguais de solvente puro e a solução. A solução tem entropia maior do que solvente puro, o que pela 2ª lei termodinâmica significa que o solvente vai fluir à solução, até a entropia do sistema combinado será maximizada. O equilíbrio (entropia máxima) será estabelecido quando o gradiente de entropia se torna zero.

A água pura é mais ordenada do que a água em solução – do ponto de vista termodinâmico, custa um tanto de energia tirar a molécula da água do sistema desordenado e “empacotá-la” em água pura. Por mesma razão o ar não se separa em nitrogênio e oxigênio – precisaria energia para fazer isso.

O tamanho da partícula não tem relação com a pressão osmótica porque osmose é a propriedade coligativa.



osmose.swf



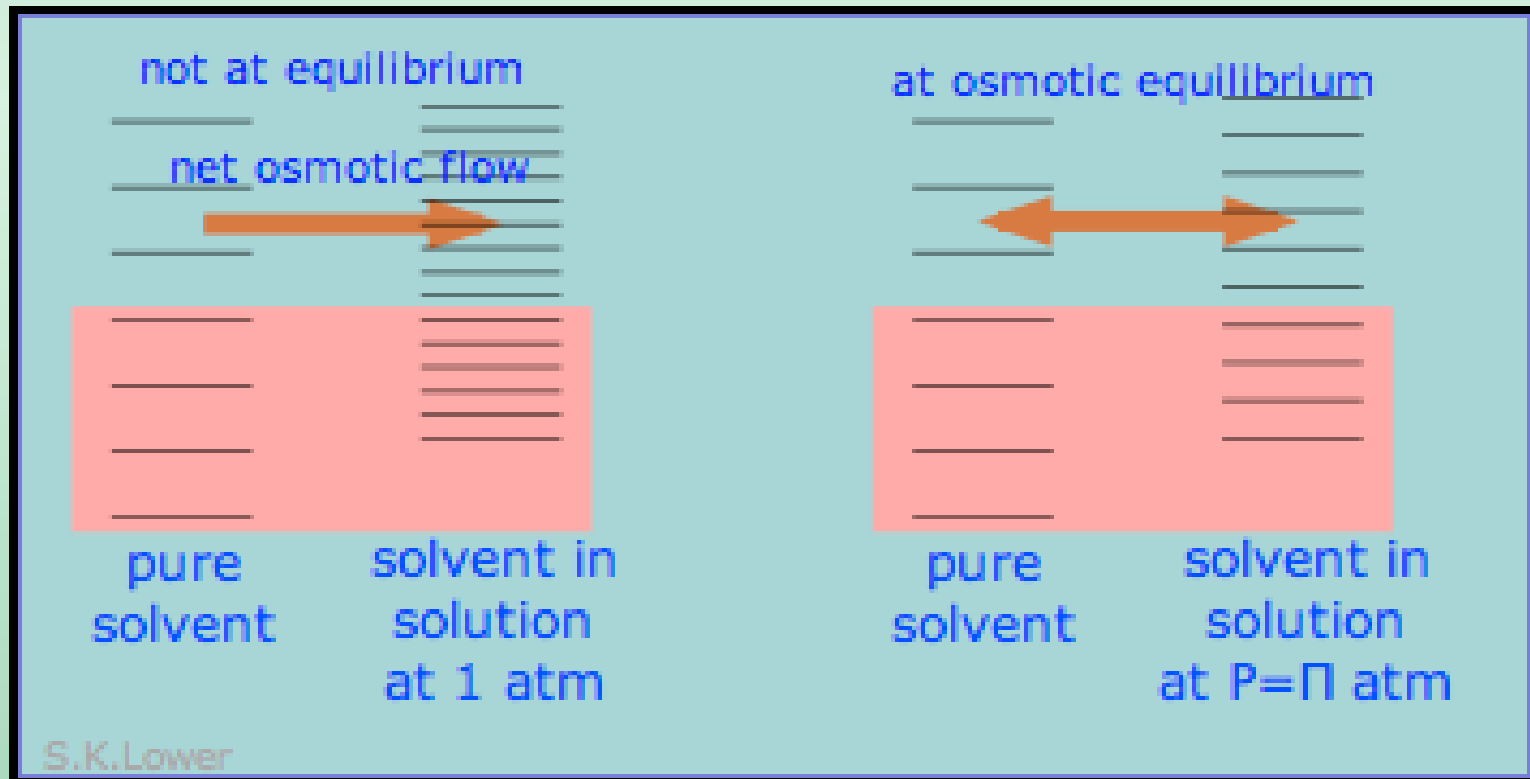
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Osmose

Osmose pode ser explicada também em termos de entropia.

O efeito da pressão osmótica Π é que aumenta um pouco a diferença entre níveis de energia de moléculas (isto é, diminua número de níveis de energia acessíveis nesta T) do solvente no lado com [soluto] maior para equilibrar a pressão menor do lado com [soluto] menor, restaurando o equilíbrio osmótico.





Universidade Federal do ABC

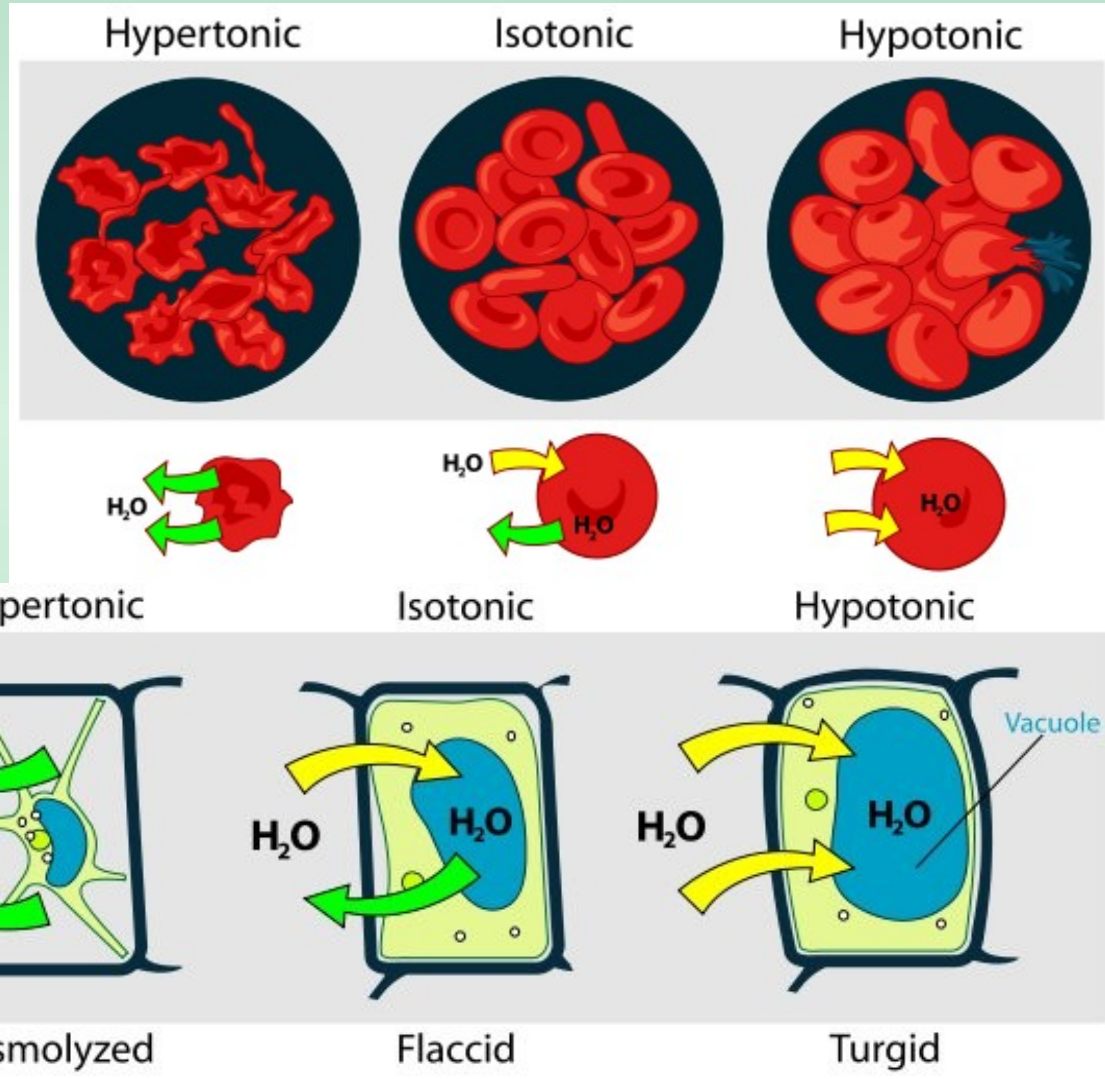
Osmose

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Efeito de osmose na hemácia ou na célula de planta



Hemácias do camelo





Universidade Federal do ABC

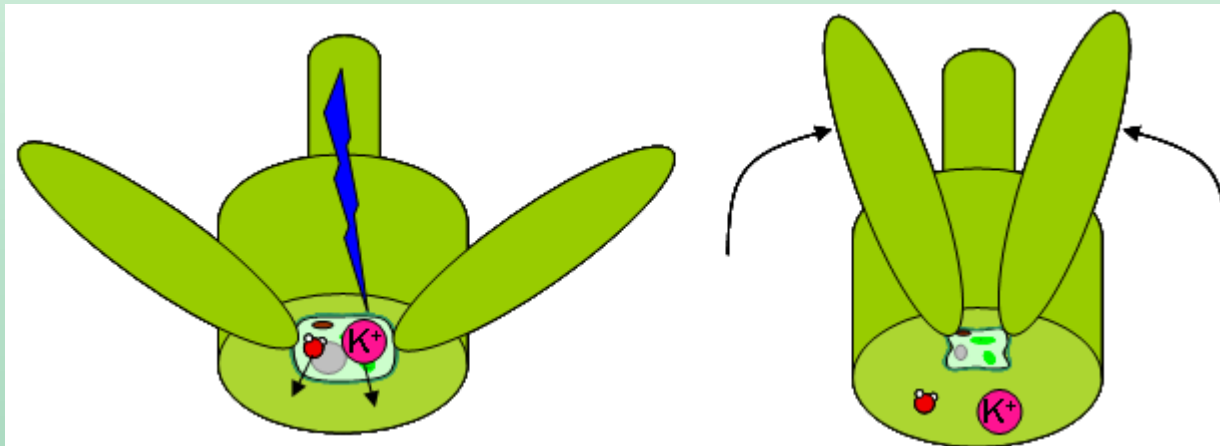
BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Turgor

Pressão tipo Turgor é a principal pressão do conteúdo da célula contra a parede celular da planta, bactéria ou fungo, determinada por conteúdo da água no vacúolo, resultante da pressão osmótica. Plantas com turgor contém mais água do que plantas flácidas.

O turgor é a força executada para fora da célula pela água contida na célula, o que confere às células de planta a rigidez e ajuda a planta ficar erguida.

***Mimosa pudica*, a 'planta sensível', é membro da família de ervilha (*Fabaceae* ou *Leguminosae*). Suas folhas respondem ao toque com dobramento. Um potencial de ação migra $5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ao longo do pecíolo, fechando as lâminas e no final resultando em colapso da folha. Onde as lâminas encontram o pecíolo, ocorre inchamento (pulvino). Quando o potencial de ação chega ali, a depolarização causa efluxo de potássio. A água segue o potássio pela osmose e a célula perde o turgor, permitindo o fechamento da folha.**





Universidade Federal do ABC

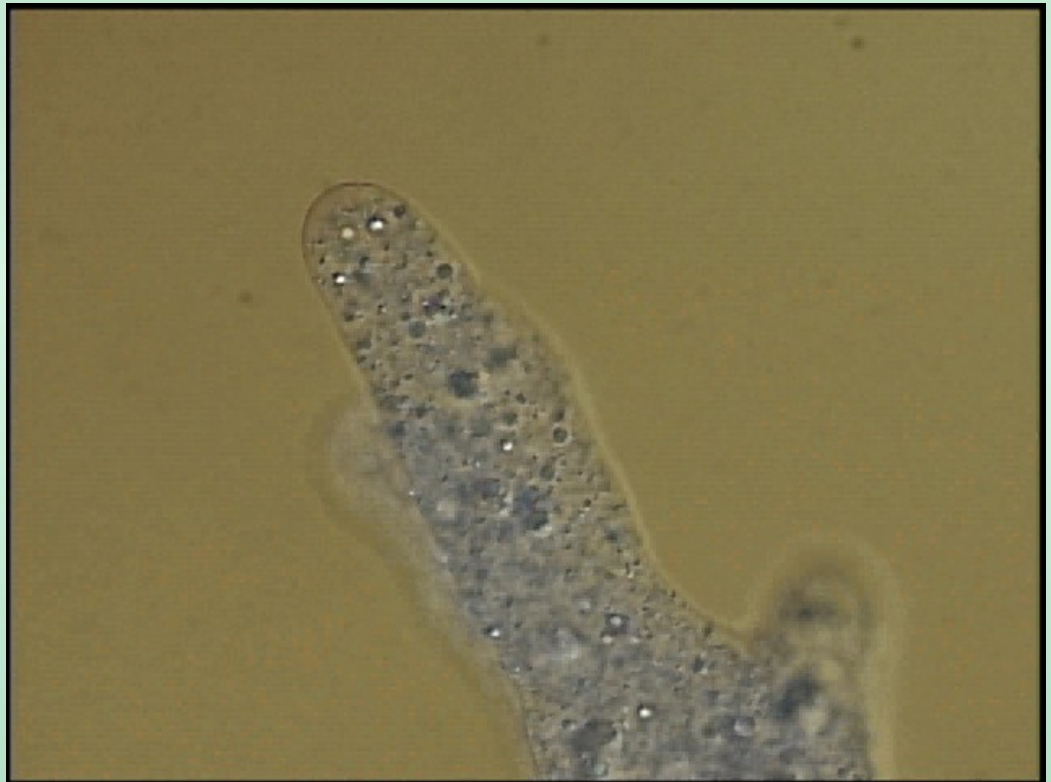
Fluxos citoplasmáticos

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

A améba exerce seus movimentos pelo complexo de ações que resulta em movimento do citoplasma dela.

Só se move o citoplasma na forma de citossol, executando a transferência de solutos, grânulas e organelas

O citogel fica imóvel, apoiando a célula, para ela puder “empurrar-se” para um determinado rumo



AmoebaMovimentoCitoplasma.mov



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Fluxos citoplasmáticos

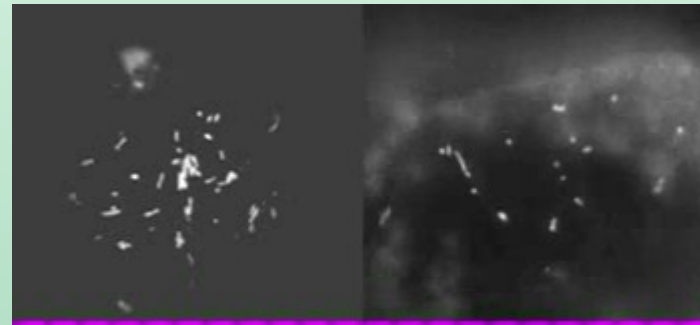
**Organelas das células também
estão em contínuo movimento**

Cloroplastos exercem ciclose



Elodea_Cyclosis.mov

**Mitocôndrias atendem
necessidades energéticas em
lugares variados**



80333MitoMovements.mp4



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Fluxos sistêmicos

Fluxo sistêmico em floema de plantas

A glicose é convertida em sacarose no mesofilo, antes de chegar ao floema;

Por transporte ativo a sacarose passa para as células de companhia (que produzem energia) e destas para os tubos crivosos (através das conexões plasmáticas);

À medida que aumenta a concentração de sacarose no floema, aumenta também a pressão osmótica, em relação aos tecidos circundantes (xilema e parênquima);

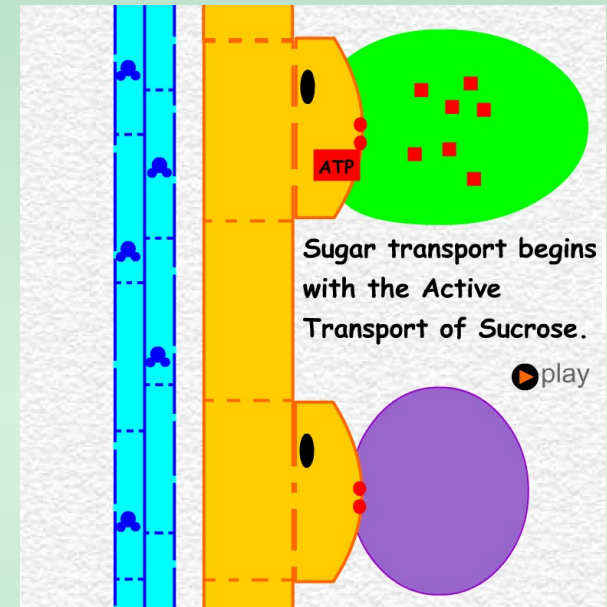
A água entra por osmose nos tubos crivosos, aumentando a pressão de turgescência;

A pressão de turgescência empurra a seiva através das placas crivosas, movendo-se a seiva das zonas de maior pressão para as zonas de menor pressão;

Conforme as necessidades da planta, a sacarose vai passando para os locais de consumo e reserva (pensa-se que por transporte ativo);

Nos tubos crivosos o meio fica hipotônico (a pressão osmótica decresce), pelo que a água tende a sair por osmose;

Nos órgãos de consumo e reserva a sacarose é degradada em glicose (e usada na respiração celular ou como componente de outros compostos), ou polimeriza-se em amido (ficando em reserva).



sugar.swf



Universidade Federal do ABC

Fluxos sistêmicos

BC-1308 Biofísica Difusão, Osmose e Fluxos citoplasmáticos/sistêmicos

Fluxo sistêmico em xilema de plantas

Durante o dia o déficit de água no mesofilo faz com que o meio fique hipertônico em relação ao xilema. O potencial de soluto elevado cria forças de tensão (diferença de potencial - pressão negativa).

As moléculas de água tendem a agregar-se devido às pontes de hidrogênio, mantendo-se unidas numa coluna contínua, pode dizer-se que as pontes de hidrogênio exercem uma força de coesão.

Além das forças de coesão, as moléculas de água possuem grande capacidade de adesão a outras substâncias, aderindo às paredes xilémicas.

A tensão no mesofilo faz com que entre água por osmose. Devido às propriedades de adesão e coesão da água, a água movimentada numa corrente contínua (como um comboio, em que cada molécula é uma carruagem unida a outras). Assim, a entrada de água no mesofilo faz mover toda a coluna hídrica sendo que, quanto maior a taxa de transpiração foliar, maior é a velocidade de ascensão xilêmica.

A ascensão da coluna hídrica diminui o potencial hídrico no xilema radicular, aumentando assim a entrada de água no xilema por osmose e aumentando também a taxa de absorção radicular de água (devido à baixa no potencial hídrico do parênquima radicular).

Assim, devido a estas três forças básicas, é estabelecida uma corrente contínua de água no xilema, entre as raízes e as folhas denominada Corrente de Transpiração.

Este fenômeno permite a ascensão de seiva bruta até cerca de 150 m, valor superior às árvores mais altas conhecidas, pelo que este modelo é atualmente aceite como verdadeiro para a grande maioria das plantas vasculares.