

Licenciatura em Biologia

Física para Biólogos

2019-2020

Programa

- Física na Biologia
- **Sólidos e Fluidos**
- Electricidade
- Magnetismo
- Vibrações e Ondas
- Óptica geométrica
- Física Contemporânea (!)

Licenciatura em Biologia

Física para Biólogos

2019-2020

2- Sólidos e Fluidos

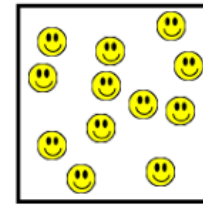
- Movimentos.
- Forças e movimentos. Conservação do momento linear.
- Trabalho e energia. Conservação de energia e energia potencial.
- **Pressão. Princípio de Arquimedes.**
- Tensão superficial e capilaridade.
- Escoamentos e equação de Bernoulli.
- Viscosidade.
- Movimento de insectos, aves e bactérias.
- Difusão e pressão osmótica.
- Equação de Nernst para a membrana do axónio.

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

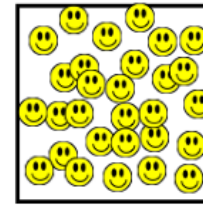
As interações entre as partículas de um fluido são fracas e de curto alcance – os fluidos não têm forma.

Densidade e pressão

<i>Substance</i>	<i>Density(10³ kg/m³)</i>
Water	0.998
Water, 4°C	1.000
Mercury	13.6
Sea water	1.025
Ice	0.917
Ethyl alcohol	0.791
Whole blood	1.06
Blood plasma	1.03
Bone	1.9
Air	0.0013
Water vapor, 100°C	0.006



Gas



Liquid



Solid

Less dense



More dense

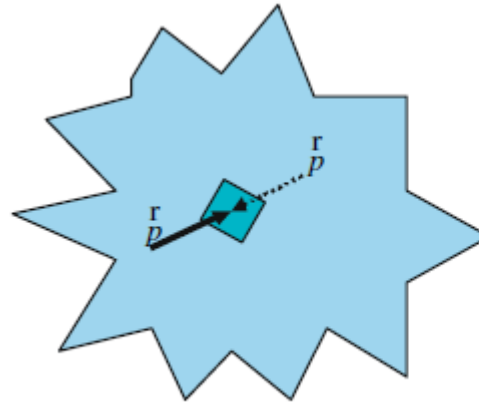
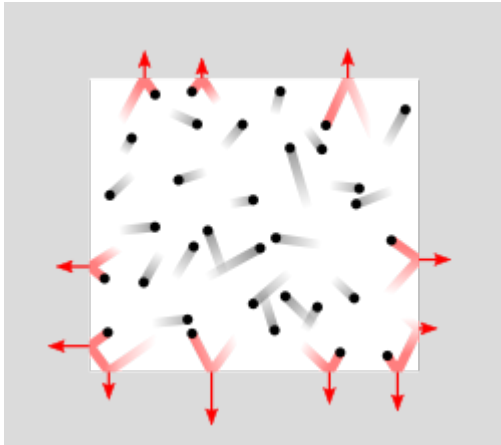
$$\rho = \frac{M}{V}$$

A densidade e a pressão caracterizam um fluido em equilíbrio.

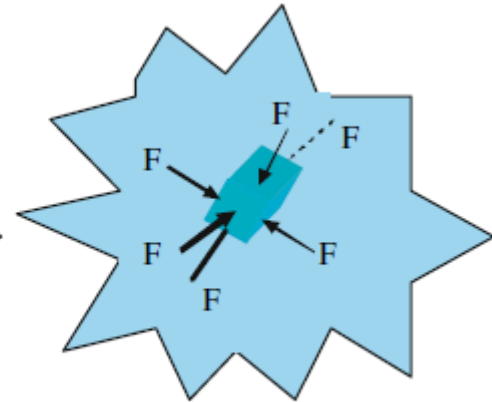
2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

As interações entre as partículas de um fluido são fracas e de curto alcance – os fluidos não têm forma.

Densidade e pressão



$$p = \frac{F}{S}$$



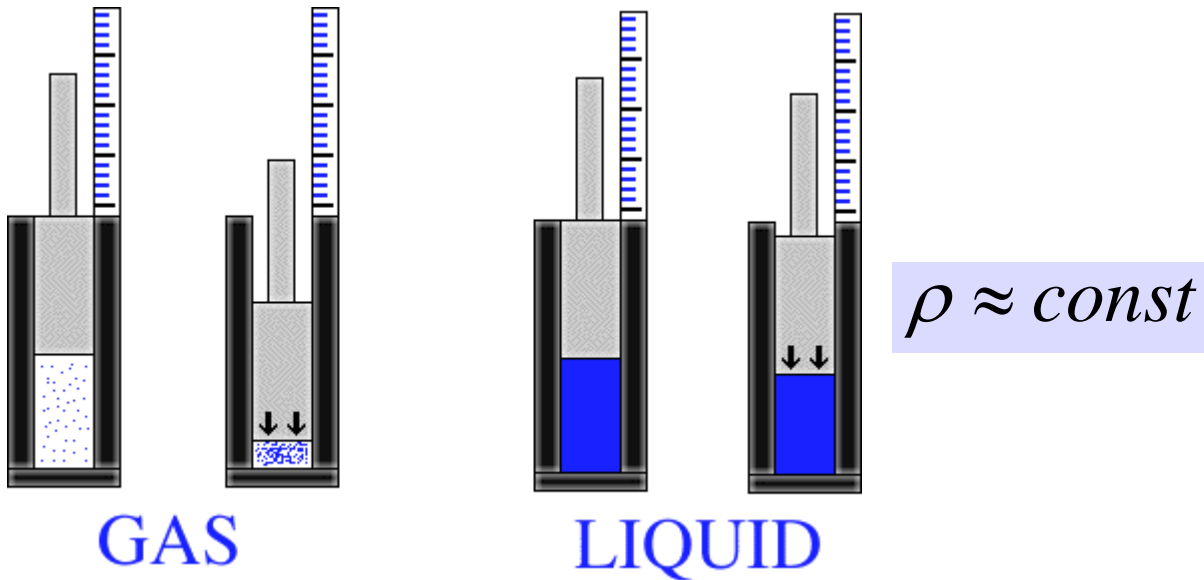
Unidade SI: pascal
 $1Pa = 1Nm^{-2}$

A densidade e a pressão caracterizam um fluido em equilíbrio.

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

Em geral, a densidade depende da pressão.

Líquidos e gases

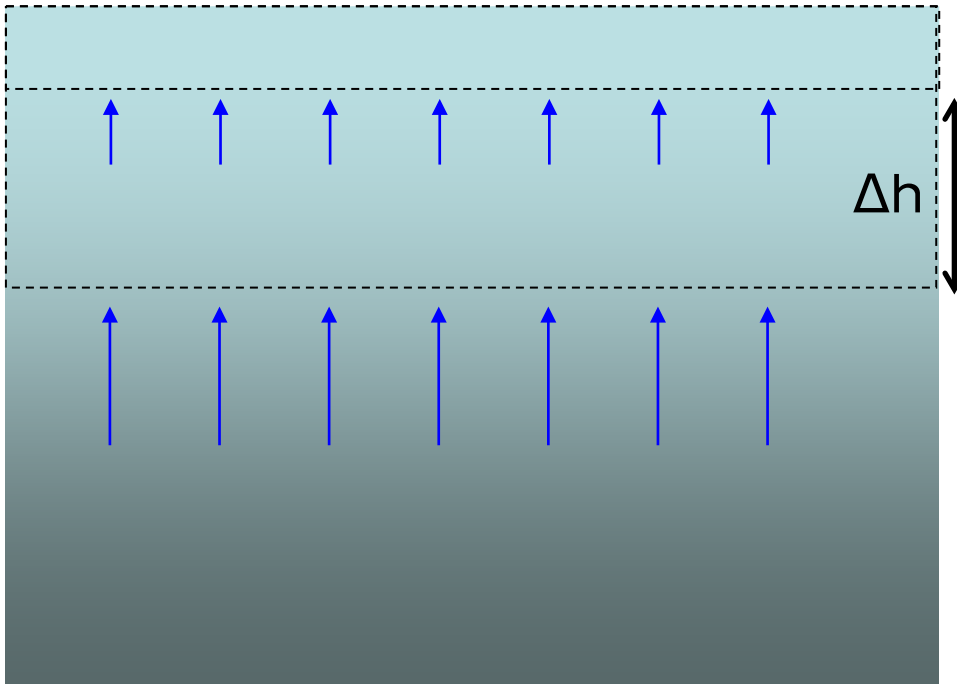


Os líquidos podem em muitos casos considerar-se incompressíveis.

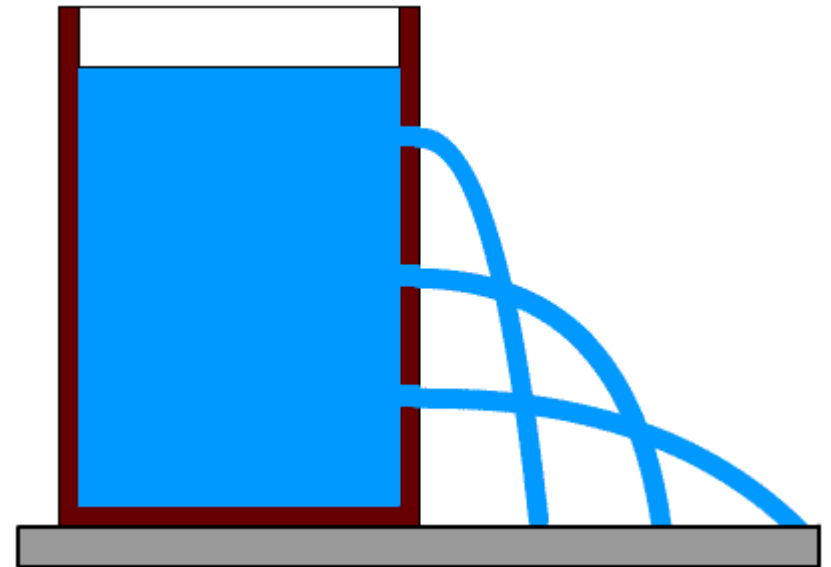
2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

Num fluido em equilíbrio no campo gravítico terrestre, a pressão varia com a profundidade.

Líquidos e gases



$$\rho g \Delta h S = \Delta p S$$



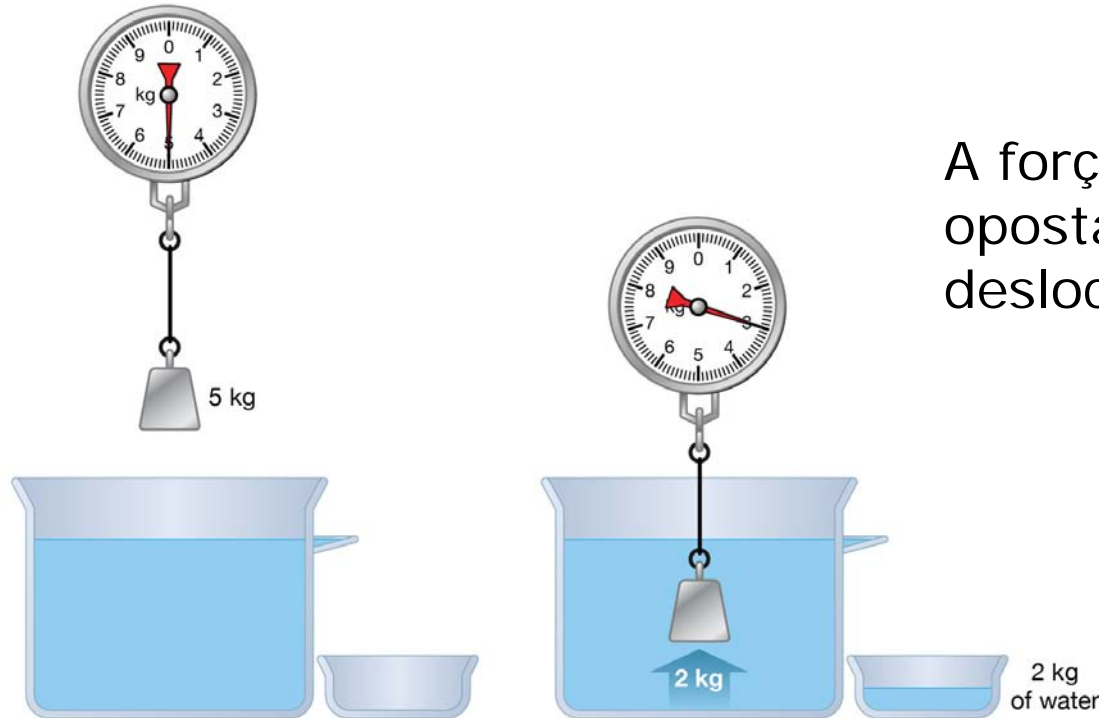
$$p = p_0 + \rho g \Delta h$$

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

A impulsão é o resultado da variação da pressão com a profundidade.

Princípio de Arquimedes

Archimedes' principle



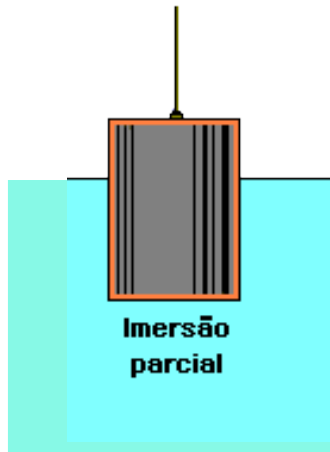
A força de impulsão é igual e oposta ao peso do líquido deslocado.

© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

Corpos menos densos do que o fluido em que estão imersos flutuam.

Princípio de Arquimedes



A força de impulsão é igual em módulo e oposta ao peso do líquido deslocado.

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

Corpos menos densos do que o fluido em que estão imersos flutuam.

Quiz 32



Sabendo que a densidade do gelo é 90% da densidade da água do mar, qual a fracção do volume submerso de um iceberg?

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

Corpos menos densos do que o fluido em que estão imersos flutuam.

Quiz 33



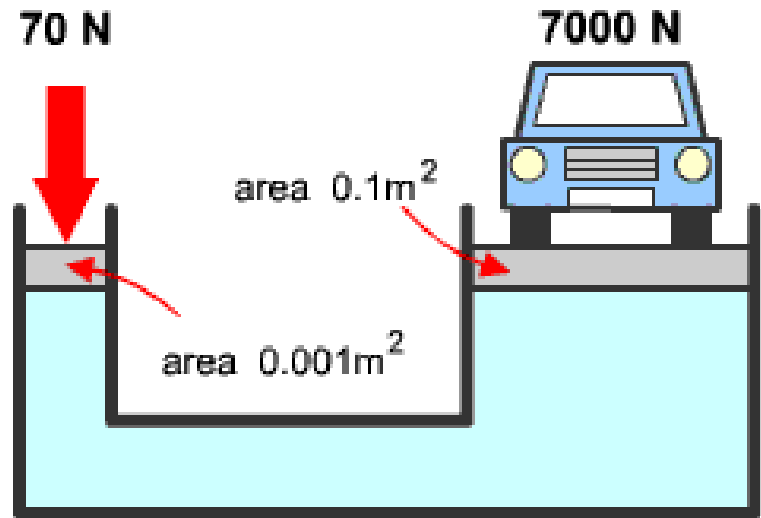
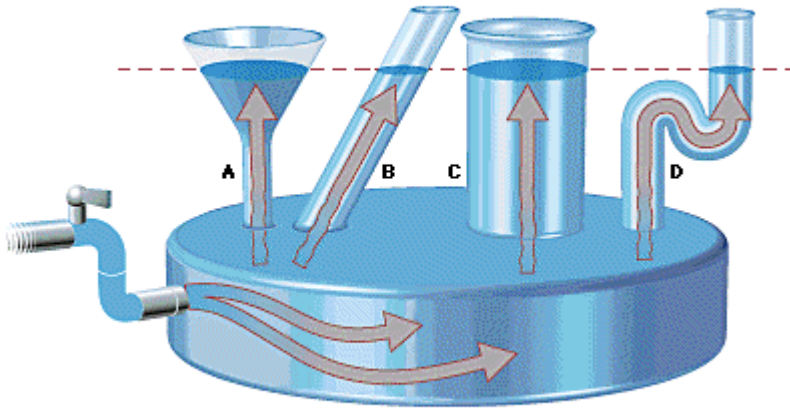
Quando o gelo derreter, o nível do líquido no copo

- a) Sobe
- b) Desce
- c) Fica igual

2.4 Pressão. Princípio de Arquimedes.

Num fluido em equilíbrio no campo gravítico terrestre, a pressão é a mesma em todos os pontos à mesma profundidade.

Princípio de Pascal



O funcionamento do macaco hidráulico assenta neste facto.

Licenciaturas em Biologia e LCS

Física para Biólogos

2018-2019

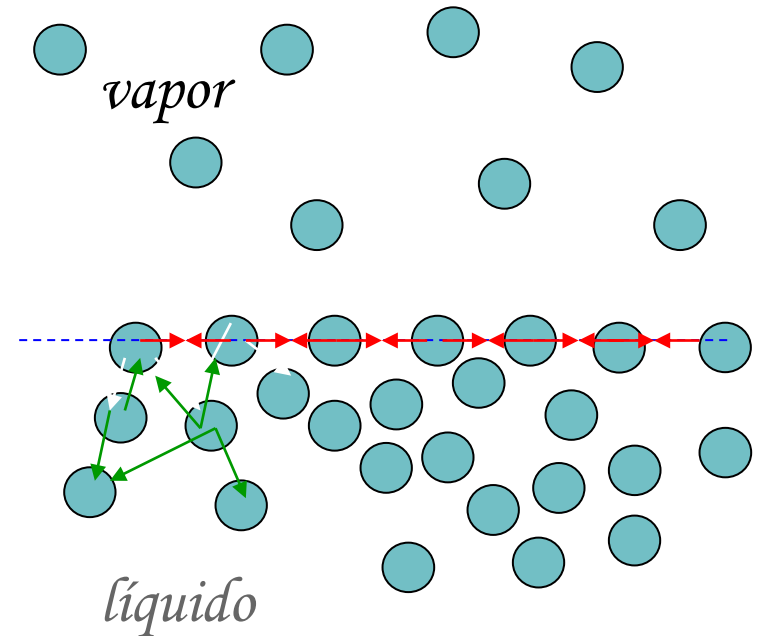
2- Sólidos e Fluidos

- Movimentos.
- Forças e movimentos. Conservação do momento linear.
- Trabalho e energia. Conservação de energia e energia potencial.
- Pressão. Princípio de Arquimedes.
- **Tensão superficial e capilaridade.**
- Escoamentos e equação de Bernoulli.
- Viscosidade.
- Movimento de insectos, aves e bactérias.
- Difusão e pressão osmótica.
- Equação de Nernst para a membrana do axónio.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

A tensão superficial é uma manifestação macroscópica da estrutura microscópica dos líquidos.

Tensão superficial

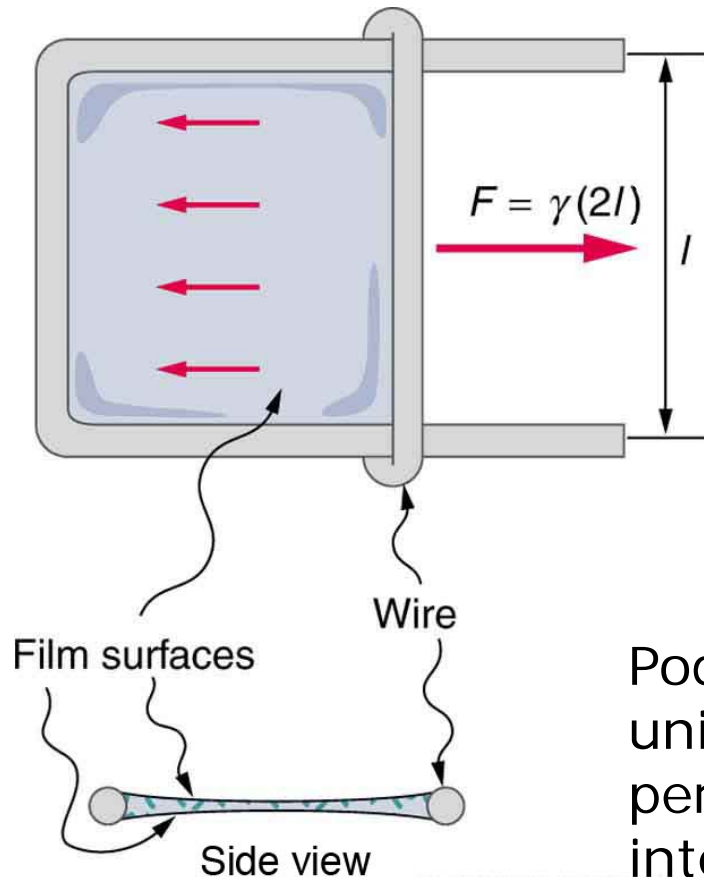


As moléculas do líquido 'gostam mais' de estar no meio do líquido do que na interface líquido-vapor.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

O coeficiente de tensão superficial é a variação de energia por unidade de área da interface.

Tensão superficial



$$\Delta E = \gamma \Delta S$$

$$W = F \Delta x = 2 \gamma \Delta S = 2 \gamma l \Delta x$$

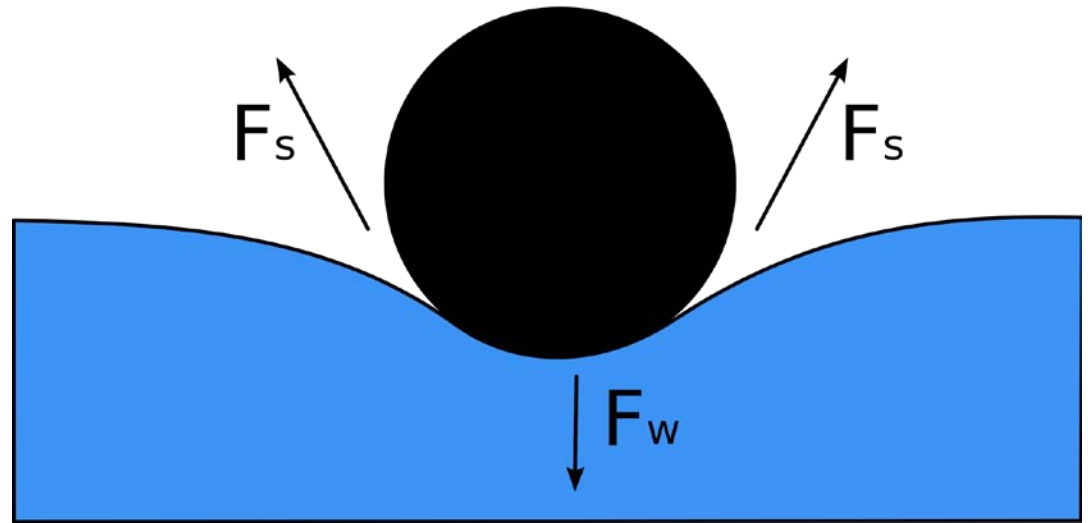
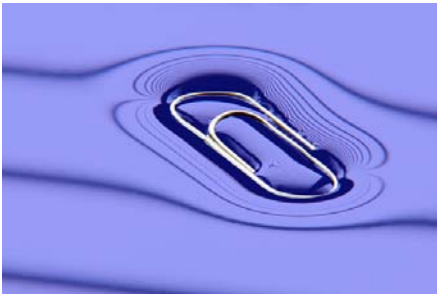
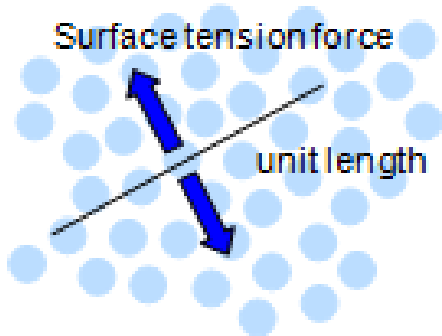
$$\gamma = \frac{F}{2l}$$

Pode interpretar-se como a força por unidade de comprimento que se exerce perpendicularmente a uma linha na interface.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

O coeficiente de tensão superficial é a força coesiva por unidade de comprimento na interface.

Tensão superficial

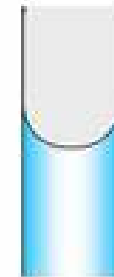
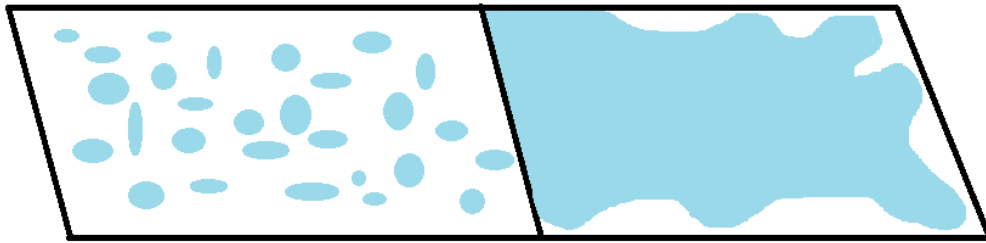


Esta força gera sustentação pelo mesmo mecanismo de uma membrana elástica.

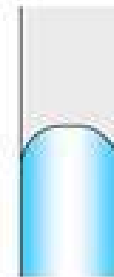
2.5 Tensão superficial e capilaridade

Em muitos casos de interesse estão envolvidos três meios, e três interfaces.

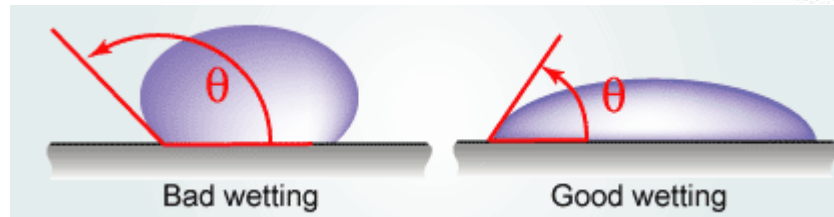
Tensão superficial



Côncavo



Convexo

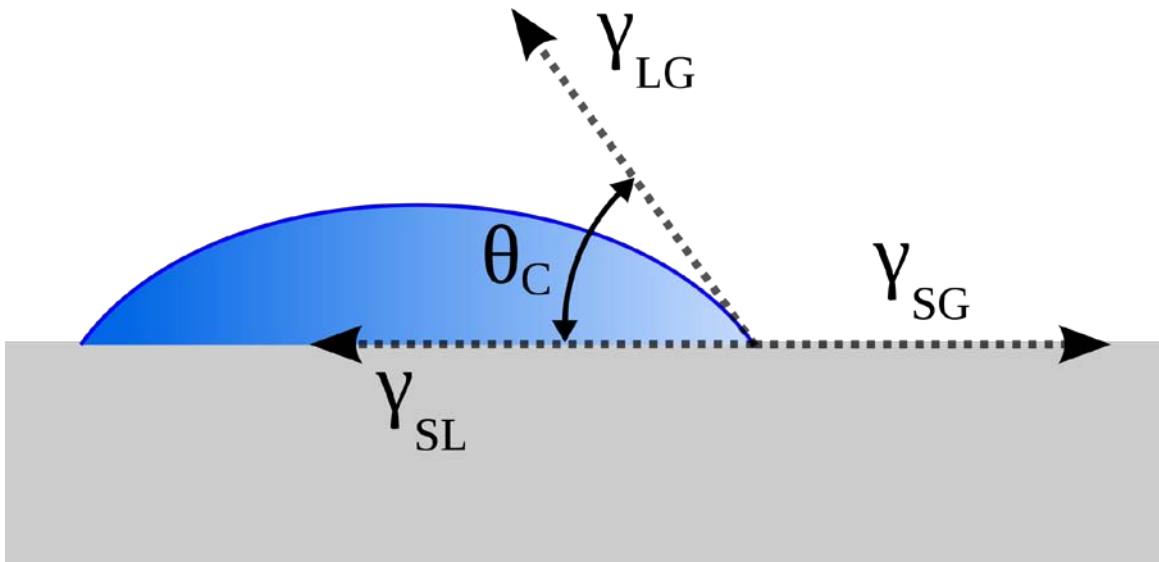


A geometria da interface tripla depende da competição entre os três coeficientes de tensão superficial e determina o comportamento do líquido.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

A geometria de equilíbrio da linha de interface é dada pela equação de Young.

Tensão superficial



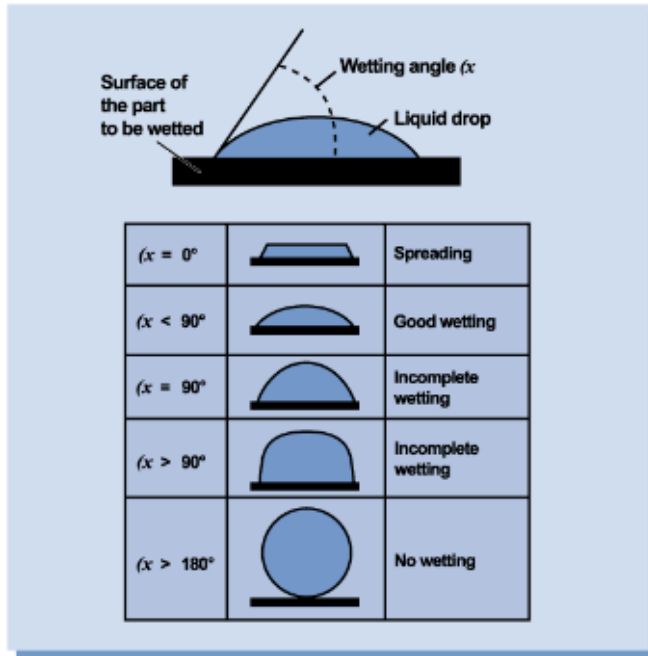
$$\gamma_{LG} \cos \theta = \gamma_{SG} - \gamma_{SL}$$

A equação é a condição de equilíbrio da linha de interface tripla.

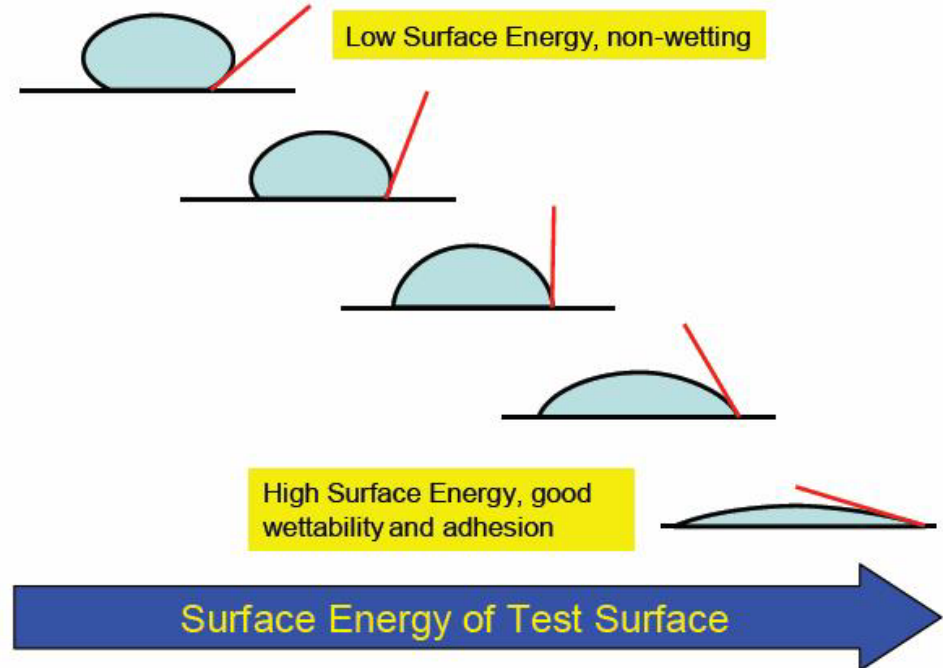
2.5 Tensão superficial e capilaridade

O valor do ângulo de contacto determina se o líquido molha ou não molha a superfície.

Tensão superficial



Drop Surface Tension

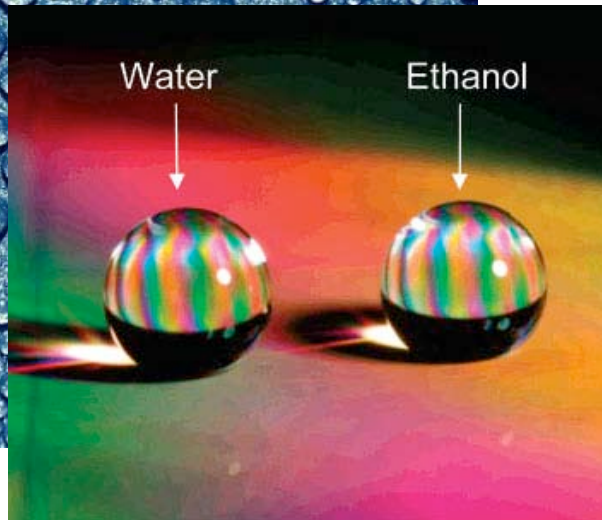
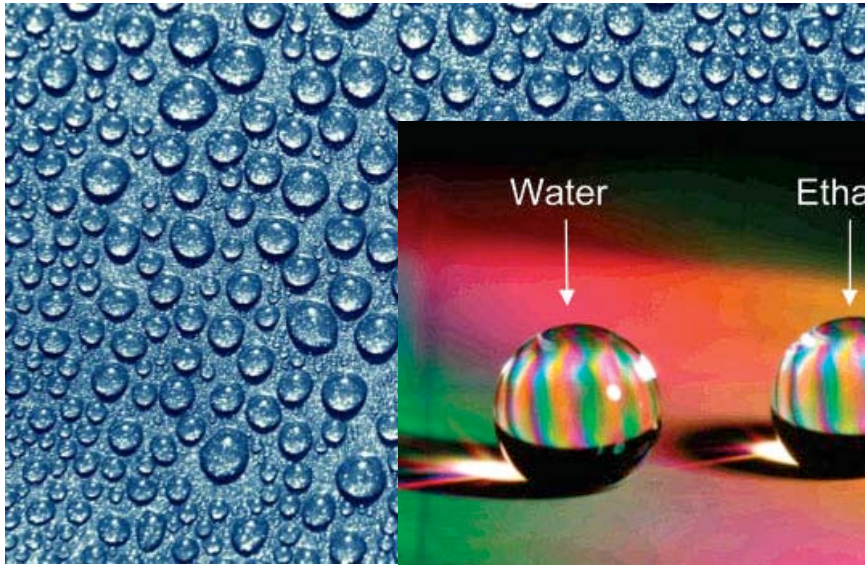


Há superfícies naturais e artificiais com propriedades de wetting muito diferentes para líquidos comuns, como a água.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

O valor do ângulo de contacto determina se o líquido molha ou não molha a superfície.

Tensão superficial



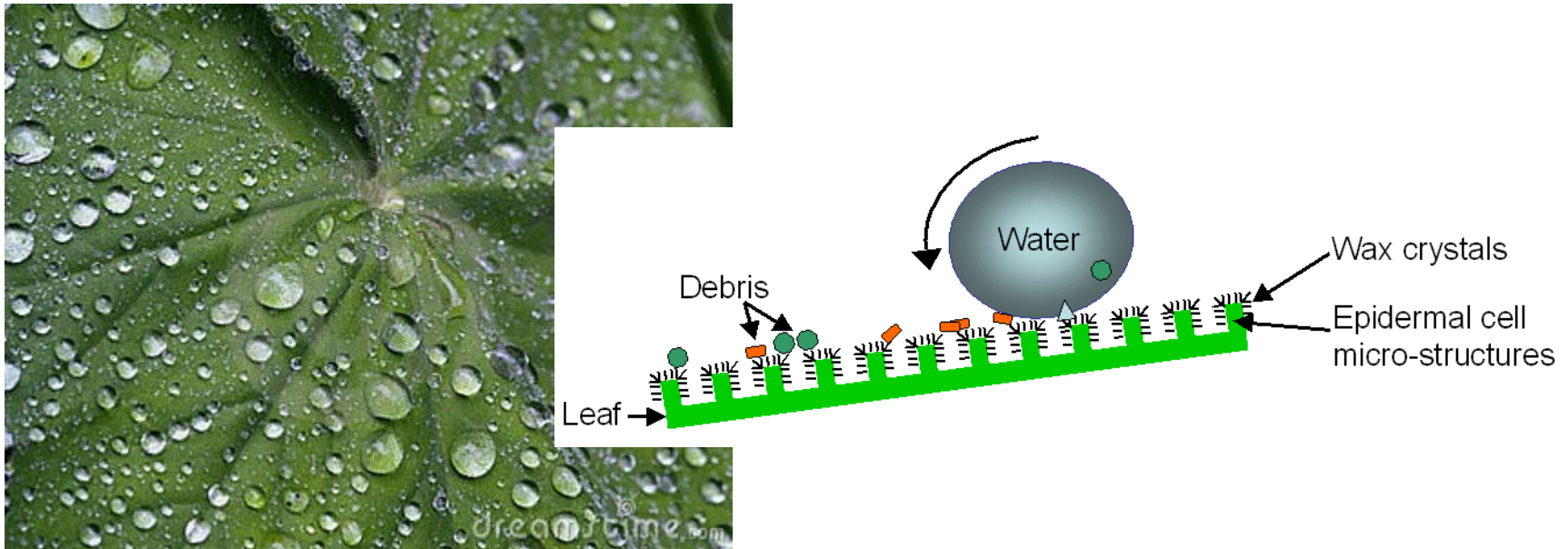
"Water droplet in oil on glass surface" by Guro Aspenes, SINTEF Petroleum Research, Bergen, Norway.

Há superfícies naturais e artificiais com propriedades de 'wetting' muito diferentes para líquidos comuns, como a água.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

O efeito Lotus é o nome que se dá à propriedade de fácil limpeza das superfícies muito hidrofóbicas.

Efeito Lotus

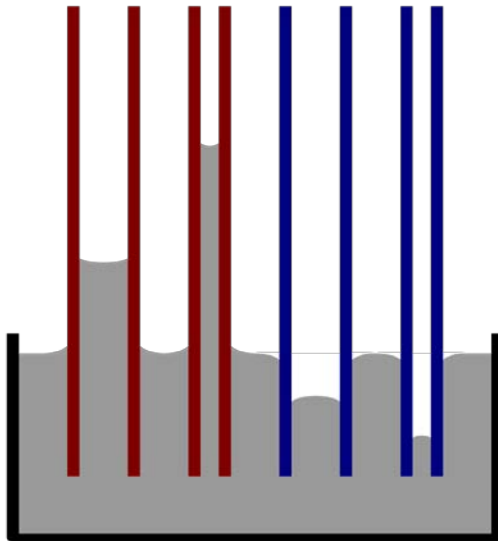


A folha do lotus inspirou desenvolvimentos na indústria de revestimentos.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

Em tubos finos, a competição entre a energia de tensão superficial e a gravidade dá como resultado subida ou descida da superfície livre.

Capilaridade



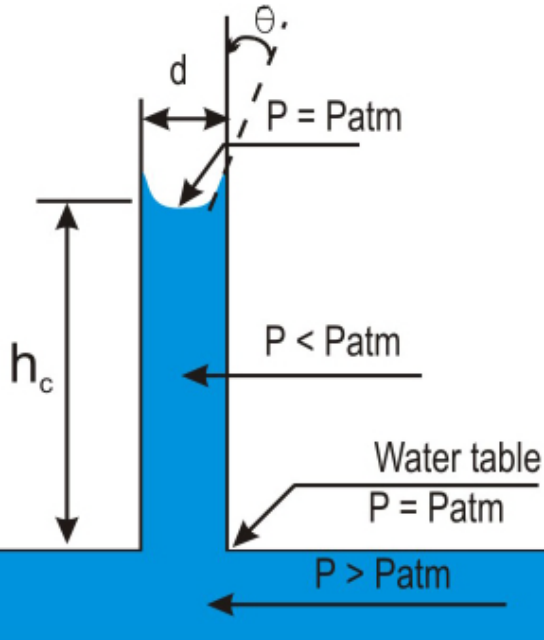
$$h = \frac{2\gamma_{LG} \cos \theta}{\rho g R}$$

Esta equação pode ser obtida a partir do balanço de energia gravítica e de superfície quando a posição vertical do menisco se altera sem variar a sua geometria.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

Vejam os a dedução, por exemplo no caso em que o líquido molha o vidro.

Capilaridade



$$E_S = -2\pi R h (\gamma_{SG} - \gamma_{SL})$$

$$E_G = Mgh/2 = \pi R^2 h \rho g h/2$$

$$\frac{dE}{dh} = 0 \Leftrightarrow 2\pi R (\gamma_{SG} - \gamma_{SL}) = \pi R^2 h \rho g$$

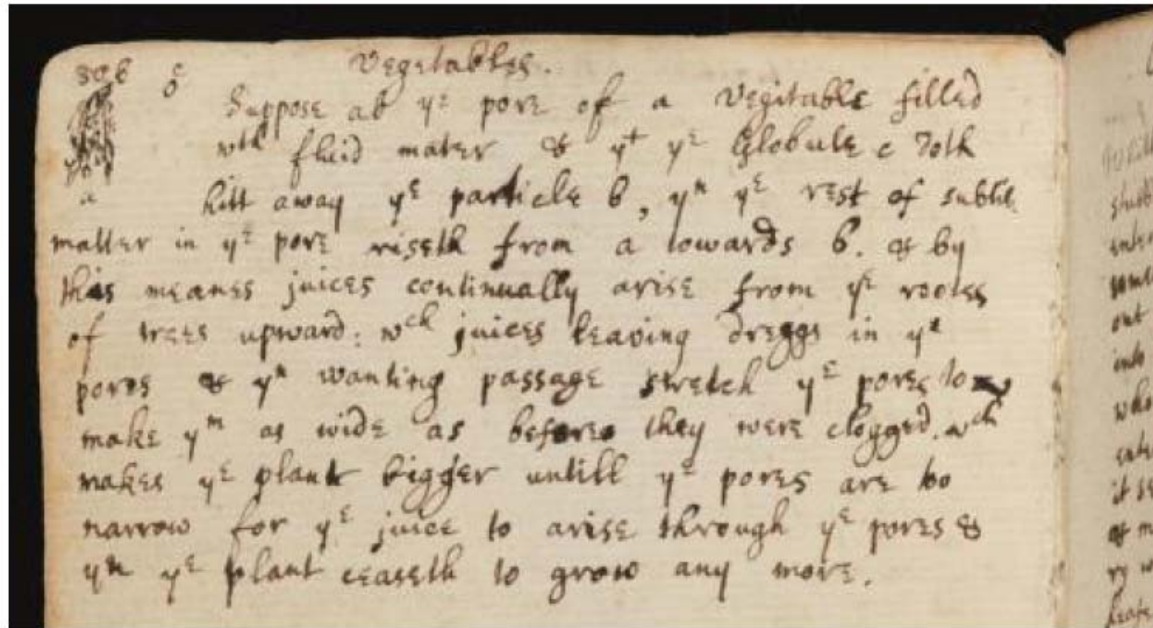
$$h = \frac{2 (\gamma_{SG} - \gamma_{SL})}{\rho g R}$$

A altura de equilíbrio é a que minimiza a soma da energia gravítica e de superfície.

2.5 Tensão superficial e capilaridade

Durante muito tempo pensou-se que a capilaridade jogava um papel importante na subida da seiva nas plantas.

Não é a capilaridade...

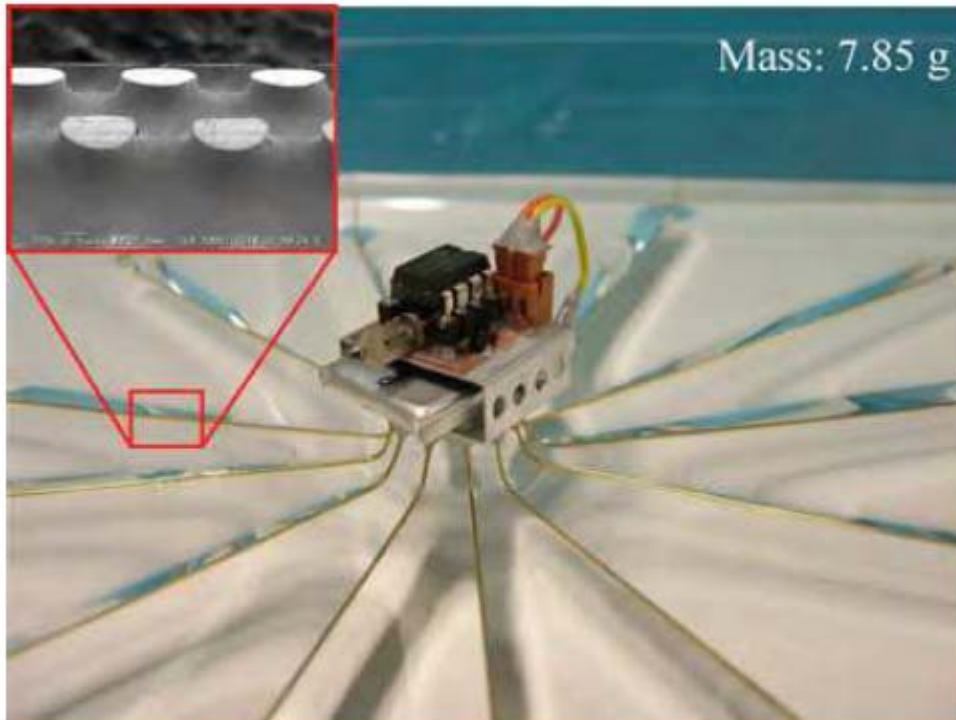


Newton and the ascent of water in plants, Nature Plants 1, Article number: 15005 (2015) DOI: 10.1038/nplants.2015.5

2.5 Tensão superficial e capilaridade

As forças de tensão superficial são dominantes na locomoção de insectos como o alfaiate ou insecto-jesus.

Dispositivos de inspiração biológica



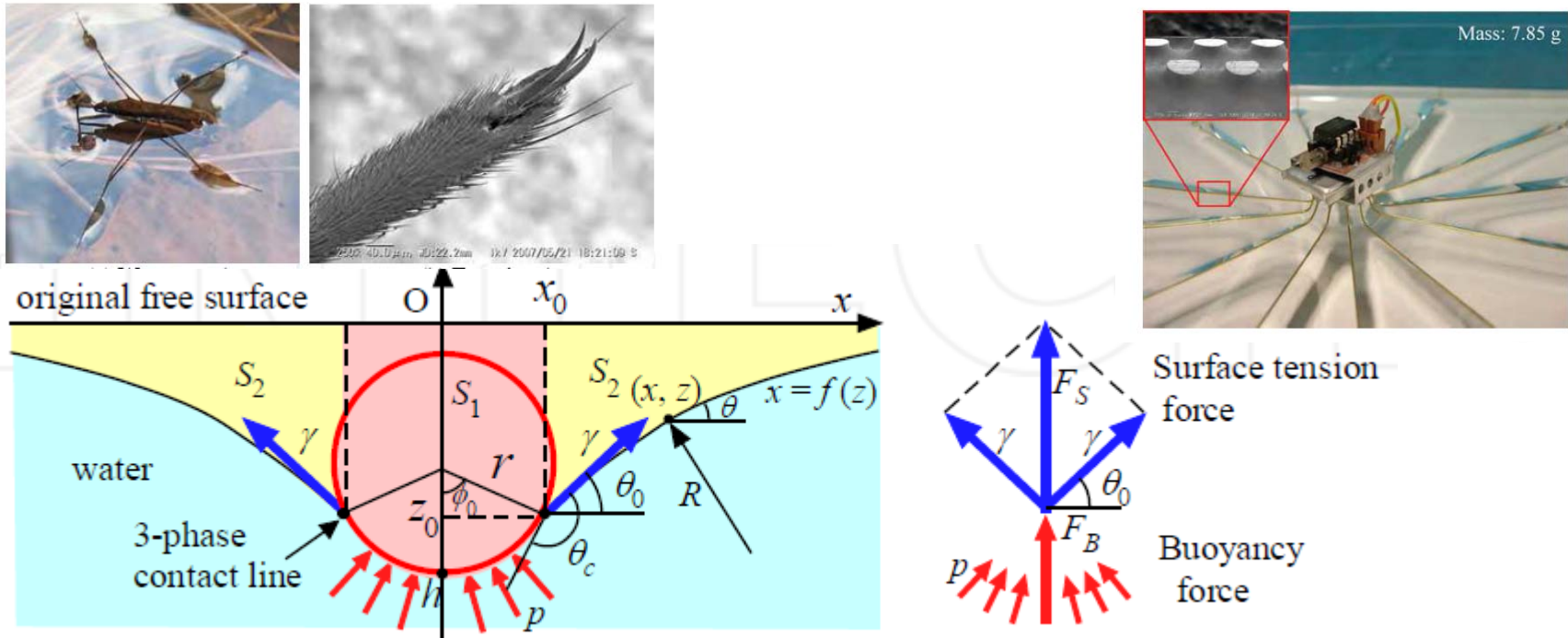
Bio-Inspired Water Strider Robots with Microfabricated Functional Surfaces
Kenji Suzuki

In "Biomimetics Learning from Nature"
Intech, 2010

2.5 Tensão superficial e capilaridade

As forças de tensão superficial são dominantes na locomoção de insectos como o alfaiate ou insecto-jesus.

Dispositivos de inspiração biológica

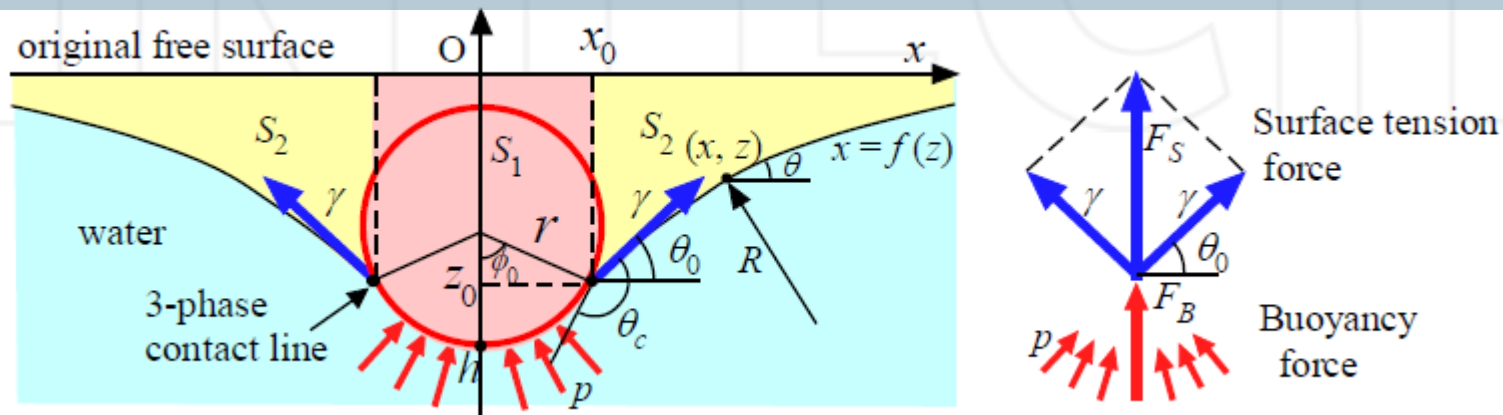


Bio-Inspired Water Strider Robots with Microfabricated Functional Surfaces, Kenji Suzuki, DOI: 10.5772/8790

2.5 Tensão superficial e capilaridade

Em geral há duas contribuições para a força de sustentação, a da impulsão, I , e a da tensão superficial, T .

Princípio de Arquimedes generalizado



Um resultado recente mostra que I é igual ao módulo do peso do líquido da região rosa, e T ao módulo do peso do líquido da região amarela, de modo que a força total de sustentação é igual e oposta ao peso do líquido entre a interface deformada e a interface livre.

J.B. Keller, "Surface tension force on a partly submerged body", Phys. Fluids 10 (1998)

2.5 Tensão superficial e capilaridade

Os efeitos de capilaridade em tubos finos dependem das dimensões dos tubos.

Quiz 34

Considerando que o ângulo de contacto mercúrio-vidro-ar é de 180° , diga como se comporta o mercúrio em dois tubos de vidro inseridos verticalmente numa tina com mercúrio, o tubo A com 0.1 mm de raio e o tubo B com 0.5 mm de raio. Em relação ao nível de líquido na tina, o nível de mercúrio nos tubos

- a) Está acima, e mais acima em A do que em B.
- b) Está abaixo, e mais abaixo em A do que em B.
- c) Está acima, e mais acima em B do que em A.
- d) Está abaixo, e mais abaixo em B do que em A
- e) Está ao mesmo nível.