

Superfícies de água: Tensão superficial

- Tensão superficial e energia superficial
- Fenômenos de superfície
- Conceitos, definições, formalismo e interpretação microscópica
- Consequências: Young –Laplace, capilaridade, nucleação

Tamanho é importante

- *Em grande volume, líquidos...*
 - ...têm o formato do recipiente
 - ...escoam em um tubo, devido à gravidade
 - ...têm o mesmo nível em vasos comunicantes
 - ...e a pressão de vapor depende de T

- *Em gotas, líquidos:*
 - ...têm formato esférico, de filmes ou de lentes
 - ...escoam em oposição à gravidade
 - ...têm nível dependente do diâmetro do recipiente
 - ...e a pressão de vapor depende do raio da gota ou menisco

Formas arredondadas
Equilíbrio entre o peso e a adesão/coesão





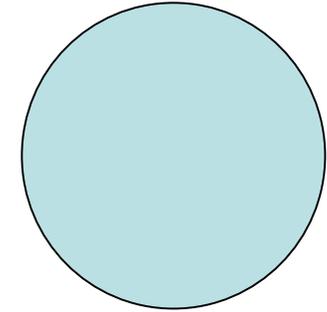
Objetos densos deveriam afundar!

Tensão superficial ou energia livre superficial

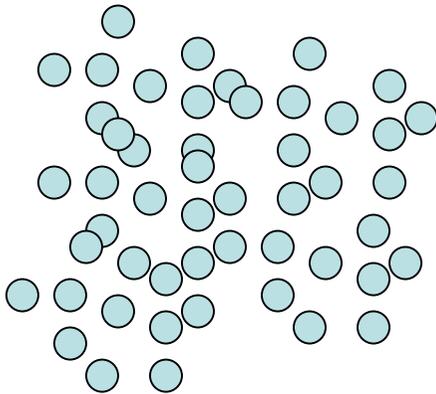
$$\gamma = (\delta G / \delta A)_{T,P}$$

- Propriedade de líquidos e sólidos
- Principal fator morfogenético
- Importância cresce com a área

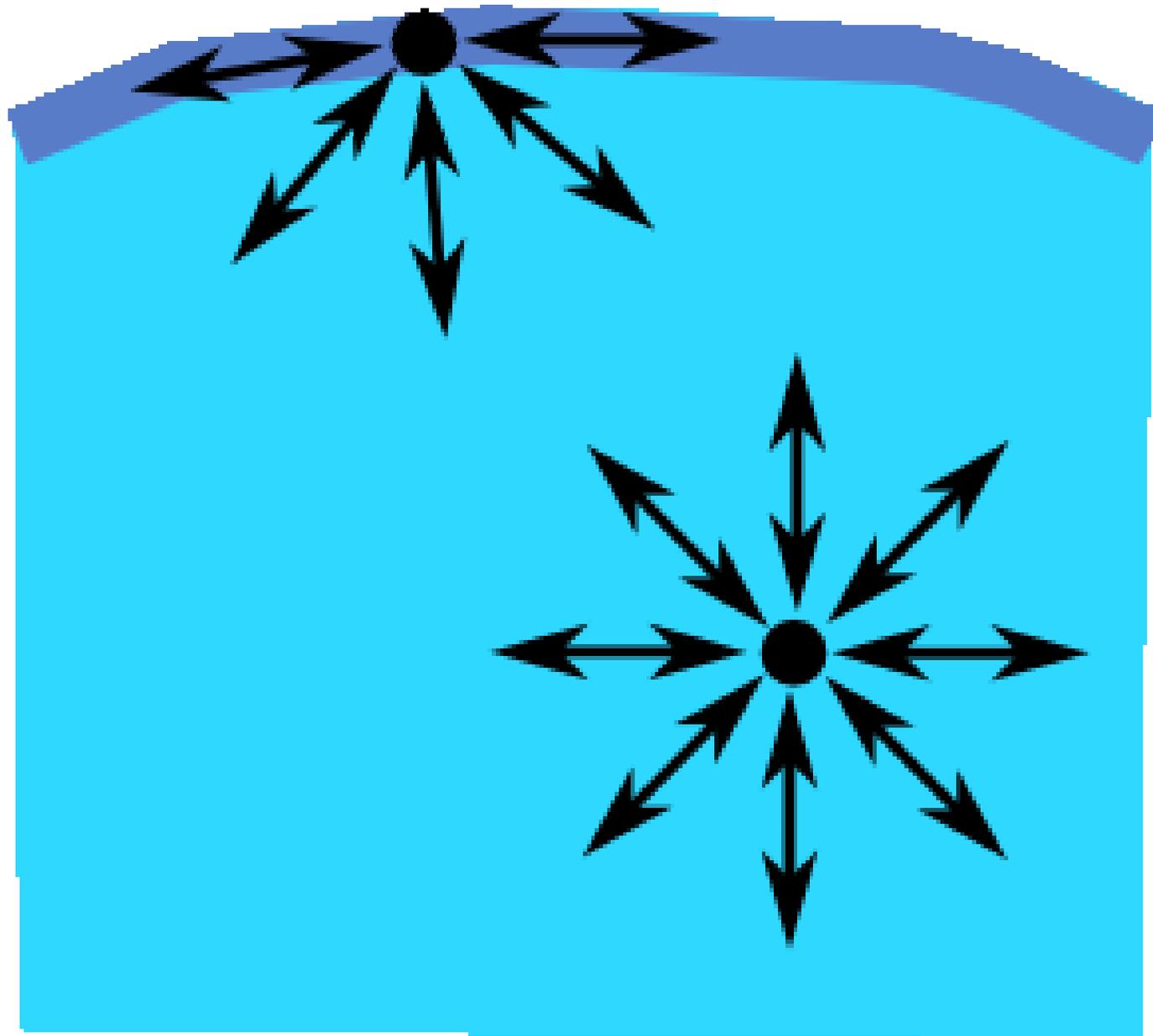
Estabilidade de uma gota de água



- água: $\gamma = 72 \text{ mJ/m}^2$
- $72 \times 0,75 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} = 54 \times 10^{-4} \text{ mJ}$, em uma gota esférica
- $72 \times 1000 \text{ (m}^2\text{)} = 72 \text{ J}$, em nanogotas
relação de Boltzman: 3×10^{-5}



agulhas de água?



Moléculas dentro de um líquido ou sólido são mais estáveis que moléculas da superfície, porque têm mais vizinhos.

Temperatura de *Tammann* e *sinterização*

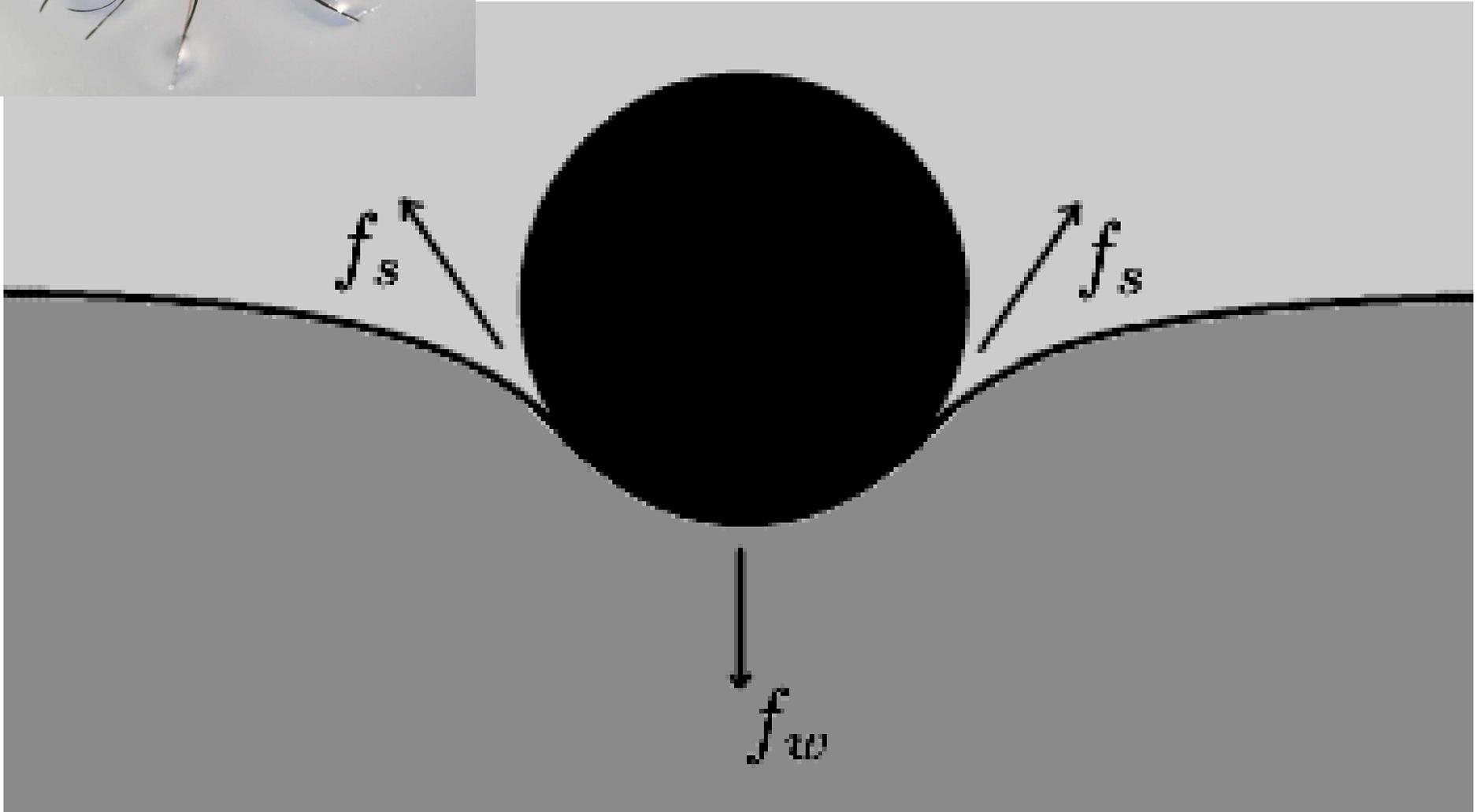
- γ de sólidos cristalinos causa mudanças de forma
- mudanças lentas abaixo da temperatura de Tammann, muito mais rápidas acima
- acima da temperatura de *Tammann* (ca. $2/3T_m$) a difusão superficial é rápida e permite a sinterização
- *Exemplo: neve e gelo em uma geladeira*

Daisy boat: deformation due to surface forces



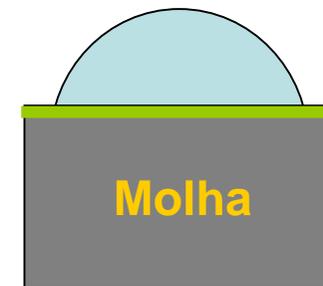
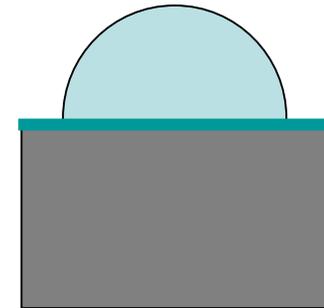
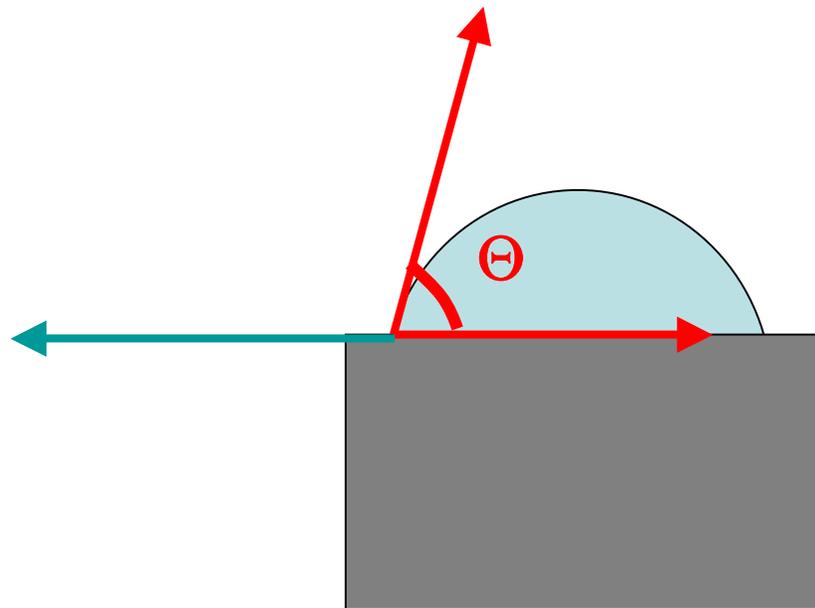


O filme superficial funciona *como se fosse* uma membrana, mesmo em um líquido puro



Ângulo de contacto de líquidos com polímeros

$$\gamma_{SG} = \gamma_L \cos \Theta + \gamma_{LG}$$



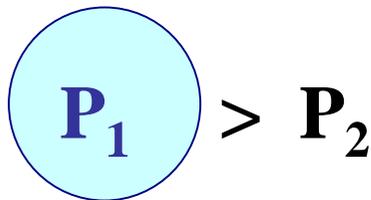
γ_{LG} depende de uma camada superficial muito fina (~1 nm)

A equação de Young-Laplace

- **Diferença de pressão entre as duas fases separadas por uma superfície com raios de curvatura R_1 e R_2 :**

$$\Delta p = \gamma (1/R_1 + 1/R_2)$$

- **no caso de calota esférica: $\Delta p = \gamma (2/R)$,**
- **a pressão é maior do lado do centro de curvatura:**



$P_1 > P_2$

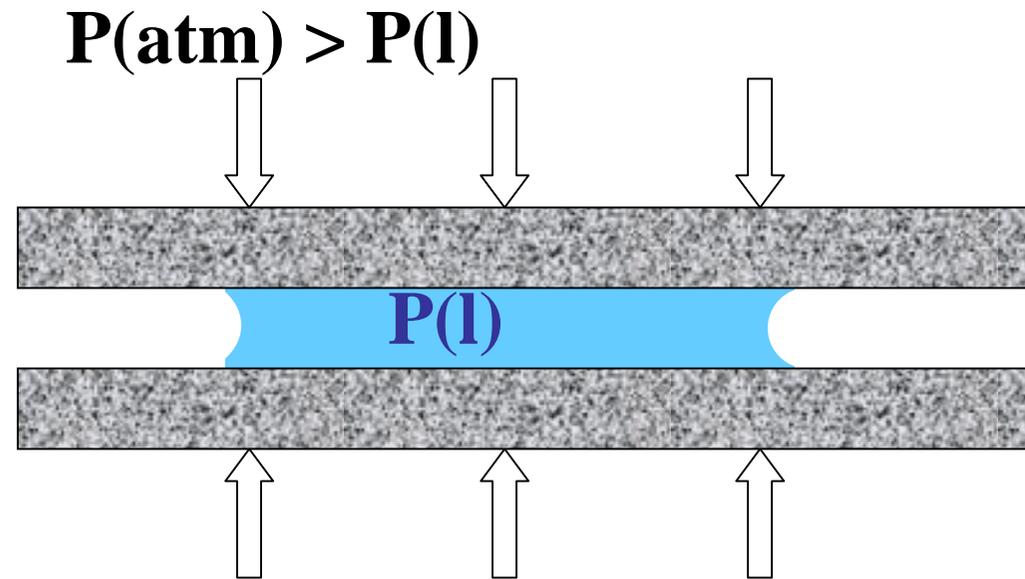
Quanto?

P/P_0 em gotas de água de diferentes raios, PTN				
Raio da gota (nm)	1000	100	10	1
P/P_0	1.001	1.011	1.114	2.95

Consequências da equação de Young-Laplace

- A pressão de vapor do líquido muda com a curvatura da superfície (equação de Kelvin).
- As taxas de *nucleação de vapor* são iguais a zero, dentro de um líquido, na temperatura e pressão de equilíbrio L-V.
- As taxas de *nucleação de líquido* são iguais a zero, quando o vapor está na temperatura de equilíbrio L-V.
- *Ascensão e depressão capilar*
- *Adesão e repulsão capilar*

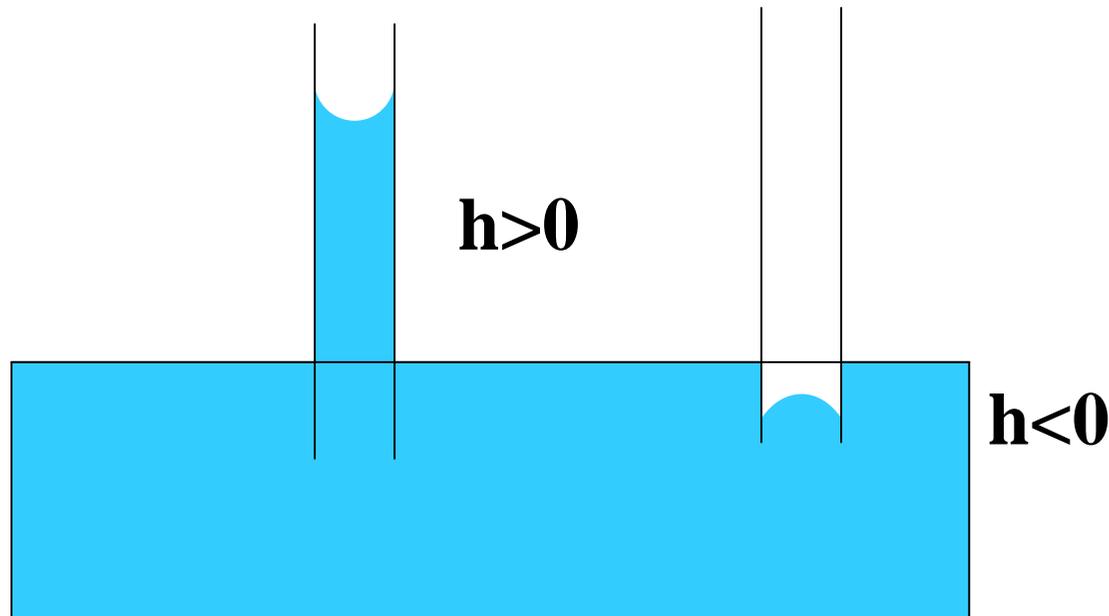
Adesão capilar



Se o líquido molhar as paredes do sólido com que está em contacto (ex., placas de vidro), ocorre adesão. Se o líquido não molhar, há repulsão.

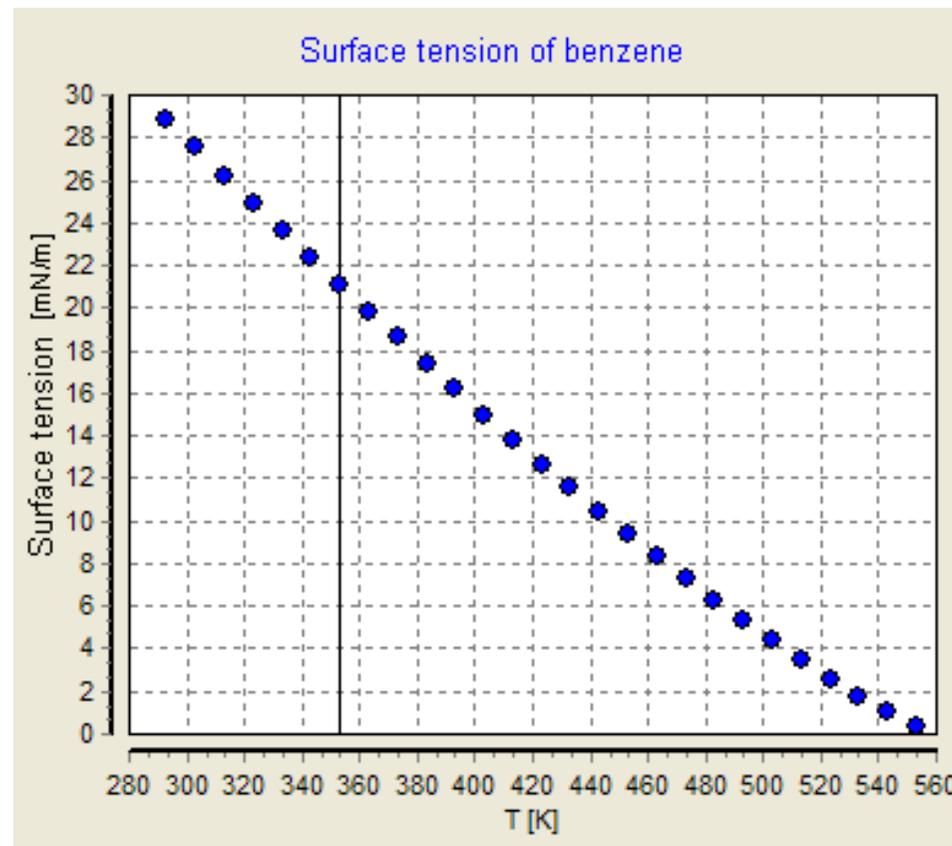
Ascensão e depressão capilar

- $\rho gh = 2\gamma/R$, depende da curvatura do menisco, portanto do raio do capilar e do ângulo de contacto sólido líquido.



Efeito da temperatura sobre a tensão superficial

- Eötvös: $\gamma V^{2/3} = k(T_C - T)$
- Guggenheim-Katayama: $\gamma = \gamma^o \left(1 - \frac{T}{T_C}\right)^n$



Superhidrofobicidade: superfície nanorugosa, estruturada





Examine esta
figura e tire
tantas
conclusões
quantas
conseguir

Experimentos

- *Escolha e faça* pelo menos um dos experimentos que estão no *site*:
- http://physics.about.com/od/physicsexperiments/a/surfacetension_4.htm