

Capilaridade

Prof. André Pimentel

Físico-Química

Sumário

- Capilaridade
- Cavidades hemiesféricas
- Ângulo de Contato

Objetivo

- Descrever a termodinâmica do fenômeno de capilaridade

Capilaridade

É a tendência que os líquidos possuem para subir as paredes de um tubo capilar

Porque os líquidos sobem as paredes de um tubo capilar?

Capilaridade

Porque os líquidos sobem as paredes de um tubo capilar?

É uma consequência da tensão superficial

Tendência de aderência as paredes do tubo capilar

A energia é menor quando o filme cobre a superfície do vidro

Capilaridade

Quando o filme sobe a superfície da parede do tubo capilar, ele possui um efeito de curvar a superfície do líquido dentro do tubo

Esta curvatura implica que a pressão abaixo do menisco é menor do que a pressão atmosférica

Capilaridade

A diferença de pressão abaixo do menisco é aproximadamente

$$2\gamma/r$$

onde r é o raio do tubo, assumindo uma superfície hemiesférica

Vamos ver porque!!!

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

Quando a pressão interna da cavidade hemiesférica é p_i e seu raio é r , a força na direção para fora é

$$2\pi r^2 p_i$$

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

A força para dentro origina-se da pressão externa

$$2\pi r^2 p_e$$

e da tensão superficial que pode ser calculada como segue:

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

A mudança na área superficial quando o raio de uma esfera muda de r para $r + dr$ é

$$d\sigma = 2\pi(r+dr)^2 - 2\pi r^2$$

$$d\sigma = 2\pi (r^2 + 2rdr + dr^2) - 2\pi r^2$$

$$d\sigma = 4\pi r dr + 2\pi dr^2 = 4\pi r dr$$

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

O trabalho realizado quando a superfície é aumentada por $4\pi r dr$ é

$$dw = \gamma 4\pi r dr$$

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

Como a força \times distância é trabalho, a força oponente ao aumento de uma distância dr é

$$F = 4\pi\gamma r$$

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

A força total para dentro é

$$2\pi r^2 p_e + 4\pi\gamma r$$

Equação de Laplace para cavidades hemiesféricas

No equilíbrio:

$$2\pi r^2 p_i = 2\pi r^2 p_e + 4\pi\gamma r$$

$$p_i - p_e = 4\pi\gamma r / 2\pi r^2$$

$$p_i - p_e = 2\gamma/r$$

(Equação de Laplace)

Equação de Laplace Generalizada

$$p_i - p_e = \alpha\gamma/r$$

$\alpha = 4$ para bolhas

$\alpha = 2$ para cavidades esféricas ou hemiesféricas

Capilaridade

A pressão exercida pela coluna de líquido de densidade de massa ρ e altura h é

$$p = \rho gh$$

No equilíbrio, esta pressão iguala-se com a diferença de pressão

$$2\gamma/r$$

Capilaridade

No equilíbrio:

$$\rho gh = 2\gamma/r$$

$$h = 2\gamma/\rho gr$$

Esta simples expressão fornece uma maneira razoavelmente acurada para medir tensão superficial de líquidos

Capilaridade

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

A tensão superficial diminui com a temperatura

A densidade diminui com a temperatura

Capilaridade

Quando

F adesivas líquido e material do tubo capilar

>

F coesivas do líquido

Líquido tende a subir

Ângulo de Contato, θ_c

Existe um ângulo de contato entre o menisco e a parede

A origem do ângulo de contato pode ser traçado pelo balanço das forças na linha de contato entre o líquido, sólido e o gás

Ângulo de Contato, θ_c

A tensão superficial, essencialmente a energia necessária para criar uma unidade de área, em cada interface é

Interface sólido-gás: γ_{sg}

Interface sólido-líquido: γ_{sl}

Interface líquido-gás: γ_{lg}

Ângulo de Contato, θ_c

O balanço das forças na superfície da parede é

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{lg} \cos\theta_c$$

$$\cos\theta_c = (\gamma_{sg} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lg}$$

Ângulo de Contato, θ_c

O trabalho de adesão do líquido ao sólido por unidade de área de contato é

$$W_{ad} = \gamma_{sg} + \gamma_{lg} - \gamma_{sl}$$

Combinando com $\cos\theta_c = (\gamma_{sg} - \gamma_{sl})/\gamma_{lg}$, temos que

$$\cos\theta_c = W_{ad}/\gamma_{lg} - 1$$

Ângulo de Contato, θ_c

$$\cos\theta_c = w_{ad}/\gamma_{lg} - 1$$

O líquido completamente se espalha na superfície quando $\theta_c > 0$, ou seja:

$$w_{ad} > 2 \gamma_{lg}$$

Ângulo de Contato, θ_c

$$\cos\theta_c = w_{ad}/\gamma_{lg} - 1$$

O líquido não se espalha na superfície quando $\theta_c > 90$, ou seja:

$$w_{ad} < \gamma_{lg}$$

Ângulo de Contato, θ_c

$$\cos\theta_c = w_{ad}/\gamma_{lg} - 1$$

Mercúrio em contato com vidro possui um ângulo de contato de 140°

$$w_{ad}/\gamma_{lg} = 0,23$$

indicando um trabalho de adesão baixo

Resumo

- Capilaridade
- Cavidades hemiesféricas
- Ângulo de Contato